H.C.D. de Wit

Ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie

Deel 2b

Pudoc Wageningen 1989

ion=158540

De Ontwikkelingsgeschiedenis van de Biologie is uitgegeven in 2 delen. Deel 1 behandelt: I. De eerste zes eeuwen, II. Van Theofrastos tot de sluiting van de Akademia (529), III. Middeleeuwse biologie, IV. De Late Middeleeuwen en de Renaissance, V. Anatomie tot de 18e eeuw, VI. De fysiologie tot de 18e eeuw. Deel 2 bestaat uit de banden 2a en 2b. Deel 2b beschrijft: VII. Anatomie en fysiologie vanaf de 18e eeuw, VIII. Bevruchting, voortplanting en erfelijkheid, IX. Embryologie en morfologie.

CIP-Gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

Wit, H.C.D. de

Ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie/
H.C.D. de Wit. – Wageningen: Pudoc
Dl. 2b. – Ill.
Met lit. opg., reg.
ISBN 90-220-0975-0 geb.
SISO 571 UDC 57(091) NUGI 821
Trefw.: biologie; geschiedenis.

ISBN 90-220-0975-0
NUGI 821

© Dr. H.C.D. de Wit, Heelsum, 1989.

Niets uit deze uitgave, met uitzondering van titelbeschrijving en korte citaten ten behoeve van een boekbespreking, mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze ook zonder schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor alle kwesties inzake kopiëren uit deze uitgave: Stichting Reprorecht, Amstelveen.

Gedrukt in Nederland.

Opgedragen aan mijn ouders
die mij mijn weg vrij lieten kiezen
en het mij mogelijk maakten hem te gaan

Inhoud

Voorbericht bij deel 2 IX

X. De systematiek of taxonomie

1. Een begin van orde 865
2. Hippokratische menu's en begripsvorming 868
3. Aristoteles en de scala naturae 869
4. Theofrastos moderniseert voor planten de Aristotelische taxonomie 875
5. Plinius en tijdgenoten bezig met beschrijvende plantkunde 877
6. Albertus Magnus besluit dat plantensystematiek onmogelijk, maar diersystematiek mogelijk is 878
7. In de 15e eeuw groeit het gezag van maat en getal 883
8. Begin van de wetenschappelijke systematiek; Cesalpino en de Bauhins 884
9. Dierensystematiek in de 16e eeuw 894
10. Aldrovandi inventariseert de 16e-eeuwse levende natuur 902
11. Systematiek in de 17e eeuw; een inleiding tot Ray 904
12. John Ray en F. Willughby; floristiek en vogelsystematiek 908
13. Rays theoretische biologie; het soortbegrip en de afwijzing van het essentialisme 909
14. Rays planten- en dierensystematiek 914
15. Natuurlijk en kunstmatig; de scala naturae 920
16. Leven en werken van generaal Linnaeus 929
17. De triomf van het essentialisme 934
18. De botanische systemen van Linnaeus 940
19. De soorten en hun namen 947
20. Franse systematiek van Magnol tot De Jussieu 949
21. Adanson, grondlegger van de numerieke taxonomie 958
22. Buffon, de levende natuur en de taal 964
23. Virussen, bacteriën en slijmzwammen 976
24. Algen 983
25. Paddestoelen, zwammen en schimmels: de Fungi 993
26. Korstmossen 1004
27. Linnaeus' volgelingen en geestverwanten 1011
28. Een aantekening over de systematiek van Aristoteles tot Darwin 1019
29. Een bloemlezing van plantensystemen: Van Royen tot Brongniart 1024
30. Naturphilosophische systematiek 1033
31. De herkomst van de Bedektzadigen (Angiospermae) 1043
32. De fundamenten van de moderne plantensystemen 1050

33. Grondslagen van de Duitse school 1051
34. Engler brengt de Duitse school meesterlijk tot ontwikkeling 1053
35. De opkomst van de Angelsaksische school 1059
36. Von Wettstein paste het Darwinisme zonder bedenken toe 1060
37. De Angelsaksische school van plantensystemen (1862–1950) 1067
38. De rijken der levende natuur 1077
39. Slotaantekeningen 1080

XI. De biologie van de ziel
1. De eeuwige verkenning 1085
2. Ziel in de 6e eeuw v. Chr.; Thales tot de Stoa 1086
3. Elementaire en atomaire zielen; de Hippocratici 1089
4. Sokrates begint de zielkunde 1093
5. Platoons bovennatuurlijke historie van de ziel 1098
6. Aristoteles' natuurlijke historie van de ziel 1102
7. Leerlingen van Aristoteles in de 4e eeuw v. Chr.; het Pyrrhonisme 1110
8. Denkkracht, dichterschap en daden der atomen; Lucretius 1113
9. De christenziel en de biologie 1117
10. Verveelvoudiging en specialisatie van de zielen; Galenus 1121
11. Tertullianus voorziet mensen en dieren van pasklare zielen (2e–3e eeuw) 1123
12. Neo-Platonisme in de 3e-eeuwse biologie; Porfyrios 1126
13. Augustinus en zijn duizendpoot 1128
14. Vroeg-Middeleeuwse zielbiologische problemen 1130
15. Arabische zielen in de biologie van de 9e tot de 12e eeuw; Avicenna en Averroës 1135
16. Christelijke zielbiologie in westelijk Europa (11e–12e eeuw) 1138
17. Zielstudies door Frederik II; Thomas en Albert (13e eeuw) 1139
18. Einde der Middeleeuwen: de vereniging van de zielen 1142
19. Het verbond der zielen inspireert Fernel, Vesalius en Servet 1145
20. De Keimplasma-theorie van Weismann op bijbelse grondslag; Sennert 1154
21. Zielfysiologie beheerst leven en dood; Van Helmont 1156
22. Gassendi; de katholieke kampioen van Epikoeros 1157
23. Harvey ontdekt dat aura seminalis causa efficiens is 1160
24. Gedachten over bezielde materie in de 17e eeuw 1161
25. Francis Bacon begint de zielchemie 1163
26. De terugkeer naar de Middeleeuwse zielbiologie: Descartes 1165
27. Opkomst en ondergang van de machine-dieren 1168
28. Gisting en flogiston; Stahl, grondlegger van het 18e-eeuwse animisme 1175
29. Swedenborgs spirituele synthese 1182
30. Fysiologie van de ziel volgens Von Haller 1183
31. Neo-Platonisme in de 17e- en 18e-eeuwse biologie 1184
32. Trembley en zijn zoetwaterpoliep 1187
33. De fysico-theologen; Bernard Nieuwentijt 1190
34. 18e-eeuwse biologie van de ziel; La Mettrie 1192
35. Voltaire velt het vonnis 1194
36. De Verlichting verjaagt de klassieke zielen 1196
37. Slotaantekeningen 1197

XII. Palaeobiologie en evolutie

1. Herkomst van het leven op aarde 1200
2. Generatio spontanea tot onze jaartelling 1203
3. Passen en meten, pro en contra *zelfwording* 1206
4. Augustinus en generatio spontanea 1208
5. De Middeleeuwen: de alchemie genereert spontaan 1209
6. Generatio spontanea volgens Sennert, Gassendi en Descartes 1210
7. Bijbelse bezwaren in de 17e eeuw tegen generatio spontanea 1212
8. Vallisnieri verzoent de theologen en de wormen 1213
9. De Verlichting verdedigt generatio spontanea 1214
10. John Thurberville Needhams aaltjesrecepten 1216
11. Schets van de ontwikkelingsgang van het generatio spontanea-concept 1219
12. Discussies in de 19e eeuw tot Pasteur 1222
13. Pasteur dringt door tot de eerste roerselen van *leven* 1226
14. Pasteur en Pouchet botsen: generatio spontanea een dwaling 1227
15. Gisting en enzymen: leven zonder zuurstof 1231
16. Denken over de herkomst van *leven* is tijdverlies, zegt Darwin 1233
17. De consequenties van het biomaterialisme 1236
18. Generatio spontanea in de 20e eeuw 1238
19. De oersoep (Oparin, Haldane) en de Stalinprijs, Eerste Klasse 1239
20. Het vuurwerk der experimenten 1241
21. Eenvoud kenmerk van het ware: virussen en fagen 1244
22. Terug naar het begin 1245
23. Fossielen van Thales tot Steno 1249
24. 17e-eeuwse fossielen 1253
25. De zondvloed en Johann Jacob Scheuchzer 1254
26. Ontwikkeling van de evolutietheorie tot Buffon 1257
27. Buffon en de veranderende levende natuur 1260
28. Ter inleiding van Lamarcks Philosophie Zoologique 1266
29. Palaeozoölogie: Cuvier 1267
30. Palaeobotanie: Brongniart 1271
31. Palaeobiologie in Duitsland 1272
32. Palaeobiologie in Zwitserland en Groot-Brittannië (19e eeuw) 1276
33. Jean Baptiste, Chevalier de Lamarck 1278
34. Lamarckisme (transformisme) 1281
35. Geologie en biologie kort voor Darwin 1286
36. Lyell maakt uniformitarisme de grondwet voor het verleden 1289
37. Erasmus Darwin en het levende filament 1292
38. Op de drempel van Charles Darwins synthese 1295
39. Alfred Russel Wallace 1299
40. Charles Robert Darwin 1301
41. Darwinisme 1307
42. Bijval voor en bezwaren tegen het Darwinisme 1322
43. Agassiz en Gods plan 1325
44. E.H. Haeckel en de gevaren van de geestdrift 1328
45. Na steeds meer antwoorden steeds meer vragen 1337
46. 19e-eeuws neo-Lamarckisme en neo-Darwinisme 1340

47. August Weismann en de onsterfelijke kiem 1346
48. Van Duits idealisme tot biotechniek 1351
49. Het aanbreken van de 20e eeuw 1354

Epiloog
1. De biologie van het Westen in vijfvoud 1355
2. Feiten zijn feiten of laat ons een kat een kat noemen 1356
3. Summa biologiae 1358

Literatuur 1361

Register van persoonsnamen 1393

Register van onderwerpen 1418

Voorbericht bij deel 2

Wat toelichting bij het verschijnen van deel 2 van Ontwikkelingsgeschiedenis van de Biologie is gewenst. De splitsing van het tweede deel in deel 2a en 2b was geboden vanwege de onvoorzien grote omvang.

De volgorde van de hoofdstukken zoals aangekondigd in 1982 (Woord vooraf bij het eerste deel, p. X) heb ik gewijzigd op wens van de uitgever en op eigen initiatief. Het werd VII Anatomie en fysiologie vanaf de 18e eeuw, VIII Bevruchting, voortplanting en erfelijkheid, IX Embryologie en morfologie, en vervolgens voor deel 2b, X Taxonomie, XI Biologie van de ziel en XII Palaeobiologie en evolutie. De Cel verdween als hoofdstuk en de inhoud werd opgenomen in andere hoofdstukken. Het hoofdstuk Biogeografie en Oecologie bleef achterwege. Op dringend advies liet ik de *Summa Biologiae* ook verdwijnen, maar voegde als kleine troost een paar slotopmerkingen toe als epiloog. Verwijzingen in het eerste deel naar de hoofdstukken in het tweede bleven in de regel doeltreffend omdat de hoofdstuknummering meestal niet veranderde, maar er zijn enige uitzonderingen.

In tegenstelling tot zo niet alle, dan toch verreweg de meeste ooit geschreven algemene overzichten van de historische biologie, heb ik een hoofdstuk aan de Biologie van de ziel gewijd. Al meer dan een eeuw geleden werd de verbanning van de ziel uit de natuurwetenschappen voor vrijwel alle natuuronderzoekers een voldongen feit. Niettemin werd de ziel gedurende vijfentwintig daaraan voorafgaande eeuwen beschouwd als de voornaamste oorzaak van het ontstaan en bestaan, de vorming en het functioneren van levende organismen. Een biologiegeschiedenis die naar een afspiegeling zoekt van de kennis van en de opvattingen over levensverschijnselen – ook al is een objectief verslag onmogelijk – zal toch een benaderend natuurgetrouw beeld nastreven en moet dan recht doen en ruimte laten aan vroegere inzichten. Een hoofdstuk over zielbiologie is dus onmisbaar.

Evenals in deel 1 zijn de woorden van boektitels, ter wille van de duidelijkheid, voorzien van een beginkapitaal. De afkorting p. verwijst naar een pagina in mijn boek, terwijl een paginanummer in een andere publikatie wordt voorafgegaan door een dubbele punt (:).

Het register en de definitieve literatuurlijst, toegezegd in deel 1 (Woord vooraf), staan aan het slot van deel 2b. De literatuurlijst vermeldt slechts de auteurs en titels die in de tekst al te summier worden aangeduid om de betreffende publikatie gemakkelijk te kunnen vinden, en geraadpleegde publikaties die in de tekst niet bij name worden genoemd.

Aan persoonsnamen die ik in 1982 dankbaar in herinnering bracht, voeg ik die van J.W. Mugge toe, fotograaf van de Vakgroep Plantentaxonomie, die het reproductiewerk voor de illustraties toegewijd verzorgde. R.J.P. Aalpol (namens Pudoc), G. Boelema (namens de vriendschap) en C.T. de Groot (namens de Vakgroep) begeleidden mij bij het werk, streng, geduldig en vriendelijk, juist zoals ik het nodig had. Professor A. Baudière (Université de Toulouse) hielp mij al die jaren met literatuur en discussie.

Intussen verloor het Biohistorisch Instituut te Utrecht zijn zelfstandigheid (mevr. L.M.J. Hielkema bleef behulpzaam), de Bibliotheek van Teylers Stichting te Haarlem werd gesloten maar heropend op een kier, het International Documentation Centre in Zug/Leiden raakte in benarde omstandigheden maar hielp mij toch snel en goed.

Deze signalen betekenen dat het nu geraden is een overzicht van de biologie van vroeger samen te stellen en te publiceren, nu het nog uitvoerbaar is. Er is meer dat wijst op het einde van een cultuurperiode waarin biologie als een wetenschap van hoog niveau beschouwd werd. De lotsbestemming van de taxonomie is illustratief.

De taxonomie nam van oudsher deel aan de opzet van ieder onderzoek over levende wezens, experimenteel en theoretisch, en aan de besluitvorming ontstaan uit zulk onderzoek. Taxonomie was een hoeksteen voor de ontwikkeling van de biologie.

In de 20e eeuw steunen de machthebbers, machtiger dan ooit, de ontwikkeling die in de 19e eeuw vaart kreeg: voor een vruchtbare bestudering van organismen en het verschijnsel 'leven' is onderzoek van dode materie zo niet de volstrekt enige, dan toch verreweg de beste weg. Waarneming en overweging, onderzoek zonder een gekozen, storende ingreep in het natuurlijk beloop, ontzegt men diepgang. Deze vormen van biologie worden beschouwd als 'natuurlijke historie'; als vakgebieden zijn ze in de staatshuishouding nog juist toelaatbaar indien ze economisch en politiek profijtelijk zijn. Binnen de laat-20e-eeuwse maat- en wetenschappelijke verhoudingen en mogelijkheden wil dit zeggen dat zij gewoonlijk het veld moeten ruimen of stil in een hoekje mogen staan.

Volgens de thans heersende opvattingen rust de wetenschap over de levende materie slechts op kennis van de dode. Biologie werd reeds, of moet zo snel mogelijk worden, de fysica, chemie en wiskunde van dode materie.

Deze wezenlijke herstructurering van de Westerse levenswetenschappen impliceert o.m. een degradatie van de taxonomie. Wie de tekenen des tijds verstaat zal begrijpen hoe bijvoorbeeld in Nederland de schipbreuk van de taxonomie binnen de universiteiten van Amsterdam, Groningen en Utrecht geen krimp of kramp is, maar een vonnis. Het Laboratorium voor Plantentaxonomie te Wageningen, de geboortegrond en ankerplaats van mijn ontwikkelingsgeschiedenis, zal het pad moeten volgen dat de meeste zusterinstituten in binnen- en buitenland al moesten inslaan. Na de 19e en 20e eeuw – Middeleeuwen van het orthodoxe materialisme – volgt de 21e. Dan zou een Renaissance in de republiek der natuurwetenschappen de inhoud en reikwijdte van de biologie kunnen erkennen. Biologie in volle omvang is de schakel tussen de levende mens en de levende aarde. Door zo'n ontwikkeling zou de taxonomie, logos van het leven, zijn natuurlijke plaats hervinden.

De Landbouwhogeschool gaf zes jaar geleden steun voor de uitgave van de Ontwikkelingsgeschiedenis van de Biologie, en de Landbouwuniversiteit heeft die toezegging, ofschoon dit meer vereiste dan aanvankelijk nodig scheen, onvervaard gehonoreerd.

Pudoc hield stand, in weerwil van barre tegenwind, kortom, men liet mij niet in de steek en ik ben diep erkentelijk.

H.C.D. de Wit
winter 1988

X. De systematiek of taxonomie

1. Een begin van orde

De oudste berichten over een ordening in de levende natuur die op de ontwikkeling van de systematiek als biologische wetenschap van het Westen invloed uitoefenden zijn Hebreeuws en in het Oude Testament te vinden. Ongetwijfeld hebben mensen lang voor Genesis geschreven werd, groepen levende wezens met namen aangeduid en zodoende onderscheiden, maar die woorden zijn verwaaid.

Genesis vat, eeuwen vóór Christus' geboorte, twee scheppingsverhalen samen, en is een verslaglegging van een ordelijke schepping, van planten, daarna dieren en ten slotte de mens, een volgorde die meer dan duizend jaar later door de godgeleerden als een simultane schepping werd geïnterpreteerd. Hoe dan ook, geen twijfel kan bestaan over de samenstelling van de levende natuur: het zijn verschillende taxa, herkenbare, want zij werden alle in *suas species* (met eigen uiterlijk) en *genere suo* (naar eigen aard) geschapen.

Op de derde dag verschenen zeeën en droog land, zaadgevende gewassen en vruchtbomen. Op de vijfde dag zeedieren en vogels, en op de zesde vee, kruipend gedierte, dieren op het vasteland en de mens. Biologen bespeuren een begin van een rangorde, een opstelling volgens een toenemende graad van ontwikkeling: dode natuur–planten–dieren–mens. Het samengaan met de geschapen elementen (water, lucht, aarde) is secundair, want dat kan niet anders, ook niet tijdens een schepping.

Na kruipend gedierte en landdieren vermeldt Genesis ook nog 'allerlei geboomte' als begroeiing van de Hof van Eden en deze verwijding van de blik op de levende natuur tot buiten de schepsels die van direct nut of een direct gevaar voor de mens zijn, vindt zijn aanzet al in de vermelding van 'kruipend gedierte', waarmee behalve gevaar (slangen) ook onnutte dieren bedoeld moeten zijn.

De Ark werd gebouwd om enige mensen van de verdrinkingsdood te redden, maar dit motief is onvoldoende voor de arkbouw. Om Noach en de zijnen te laten overleven zou een scheepje van bescheiden afmetingen – dat ongetwijfeld ook nog wel kant en klaar verkrijgbaar moet zijn geweest – voldoende zijn. De kolossale ark was nodig om de levende natuur te redden en terwijl de diersoorten (en de mensen) wél genoemd worden als opvarenden, blijven de plantesoorten buiten bespreking; zij worden althans niet genoemd in het hele arkverhaal.

> 'En van al wat leeft, van alle vlees, van alles zult gij één paar in de ark brengen, om het met u in het leven te behouden; mannetje en wijfje zullen zij zijn.' (Gen. 6, vs. 19).

Misverstand of discussie over deze gang van zaken is onmogelijk. Alle levende wezens, de mens incluis, moeten overleven en planten komen hierbij niet ter sprake; zij zijn immers geen vléés. Door een technische voorziening (de ark) en een biologische voorziening (ge-

paarde dierlijke organismen, twee geslachten) wordt na de schepping voortbestaan van de goed onderscheiden taxa tijdens de komende zondvloed veilig gesteld. Dit bijbelse model beheerst de taxonomie tot Darwin. Het is natuurwetenschappelijk onaantastbaar. Wie zich overtuigd houdt dat evolutietheorieën en genetische (moleculaire) overwegingen als franje beschouwd kunnen worden - want zij kunnen het concept van de levende natuur volgens Genesis niet ontkrachten - kan zich verwonderen over de verwoede biobijbelse strijd die sinds de 18e eeuw gevoerd werd, pro en contra, over afstamming en vormverandering. Elders in mijn boek zijn enige episoden in die strijd nader besproken (XI, XII) en zij mogen ook niet onopgemerkt blijven in het volgende overzicht van de ontwikkeling van de systematische biologie. Overigens, de botsing van door de bijbel geïnspireerde meningen met die van bijbelvrije biologen bleek een zeer goede zaak, want hij stimuleerde en verdiepte zowel taxonomisch als algemeen onderzoek.

Na de ordening in Genesis is in de bijbel in Leviticus (11, vs. 1-47) een veel verder uitgewerkte rangschikking te vinden, misschien daterend uit de 7e eeuw v. Chr., misschien van zelfs nog oudere herkomst dan Genesis. De overeenstemming met de ordening van het dierenrijk volgens Aristoteles, die vergeleken met Genesis nog een toevallige kan zijn, is nu onmiskenbaar (p. 147).

De samenstelling van het dierenrijk in Leviticus diende als handleiding om reine van onreine dieren te scheiden, dieren die wél en die niet gegeten mogen worden. Zij worden gegroepeerd volgens uiterlijk en volgens habitat.

Allereerst dieren met gespleten hoef (*ungula*) die herkauwen. Dan de kameel die wel herkauwt maar geen gespleten hoef heeft. Dan de klipdas (*Choerogryllus* heeft de Latijnse bijbel) en de haas (*Lepus*), beide 'herkauwers', maar ze hebben geen gespleten hoeven. Het zwijn, de volgende in de reeks, heeft gespleten hoeven en herkauwt niet.

Nu komen de waterdieren met vinnen en schubben, in zout en in zoet water levend, te onderscheiden van waterdieren zonder vinnen en zonder schubben.

Daarna achttien met name genoemde vogels, terwijl veel namen als voorbeeld gegeven worden van de groep waartoe de genoemde vogel behoort. Sommige kunnen met enige zekerheid geïdentificeerd worden (arend, gier, wouw, kraai, uil, ibis, zwaan, reiger, hop). Aan het slot van de vogellijst staat de vleermuis, een plaats die hij meer dan twee duizend jaar zal behouden.

Gevleugelde dieren op vier poten (insekten) - die onrein zijn - moeten van de reine sprinkhanen (insekten 'met lange achterpoten') die op de aarde springen, onderscheiden worden en Leviticus kende vier verschillende sprinkhaanachtigen. Bovendien is er een verwijzing, wat verder in de tekst, naar duizendpoten.

De opsomming eindigt met dieren die op en in de grond leven. Vermoedelijk worden de wezel (*mustela*), muis (*mus*), krokodil (*crocodilus*), varaan (p. 85), spitsmuis, kameleon, hagedissoorten en de mol genoemd, en bij elke naam verwijst de auteur weer naar verwante dieren.

De overeenstemming in de ordening volgens Leviticus en volgens Aristoteles gaat - zoals reeds werd opgemerkt - te ver om toevallig te zijn.

De systematische rangschikkingen van de levende natuur in het Westen en in het Oosten, in eeuwen ver voor onze jaartelling, stemmen vanzelfsprekend op enige punten overeen. Voor elke auteur is overal ter wereld en altijd een beveerd dier een vogel en een beschubd waterdier een vis. De criteria die beiderzijds (West en Oost) aan de ordening in de levende natuur ten grondslag liggen, verschillen echter zodanig dat zij bij uitstek geschikt zijn om de historische gang van zaken te verduidelijken: in het Westen ontwikkelde de biologie

op eigen wijze, evenals in het Oosten, en hoogst sporadisch kan enige uitwisseling of overname van taxonomische opvattingen vermoed worden. Dit is een belangrijk gegeven, want systematiek, althans pogingen om orde in de mengeling van planten en dieren te brengen, is de voornaamste biologische bedrijvigheid tot de 16e eeuw.

Indiase notities daterend van omstreeks 600 v. Chr. verwijzen naar de aanwezigheid van een wervelkolom ter onderscheiding van diergroepen. Dit ontbreekt bij de Grieken en de Hebreeën, die wel de pootaantallen hebben benut, maar anders dan de Indiërs (die het naar huidige inzichten 'beter' deden). Water- en landdieren, wild en tam, werden gehanteerd in Oost en West en zij hebben, mag men in redelijkheid vermoeden, dit criterium elk op eigen initiatief ter hand genomen. Vissen stonden dikwijls bij de Indiërs (600 v. Chr. – 200 n. Chr.) in het centrum van de belangstelling.

Hammett (1950) die mij gegevens verschafte, stelde een overzicht samen van Oudindiase groeperingen, dat ik hier gedeeltelijk laat volgen.

A. Levende wezens:
1. Beweeglijk:
a. 2 zintuigen, levensduur 12 jaar; wormen, schelpdieren, bloedzuigers
b. 3 zintuigen, levensduur 49 dagen; mieren, termieten, (wand)luizen, duizendpoten
c. 4 zintuigen, levensduur 6 maanden; vliegen, muskieten, bijen, motten (vlinders), schorpioenen, krekels
d. 5 zintuigen; mens, hogere dieren.
2. Onbeweeglijk:
a. Landplanten, waterplanten.

Een andere opstelling uit het oude India suggereert een mogelijke, bescheiden uitwisseling of, misschien met meer waarschijnlijkheid, een gemeenschappelijke bron voor de Indiase en vroeg-Hebreeuwse groeponderscheidingen.

A. Waterdieren:
1. Vissen, schildpadden, krokodillen, dolfijnen.
B. Landdieren:
1. Viervoeters:
a. gave hoef (paard)
b. gespleten hoef (koe)
c. Dikwijls gespleten hoef (olifant)
d. tenen met klauwen (leeuw).
2. Reptielen:
a. lopend, met poten (hagedissen)
b. kruipend, zonder poten (slangen).
C. Luchtdieren:
1. vliezige vleugels (vleermuizen)
2. beveerde vleugels (vogels)
3. met koepelvleugels (legendarische dieren)
4. ? die op vleugels rusten (misschien zwevende of zwemmende vogels).

Tussen de 2e en 6e eeuw werden in Perzië een drietal systemen voor de levende natuur opgetekend die in de Avesta (Zoroasters of Zaratoestra's geschriften) vermeld staan en

die volgens de overlevering toen al duizend jaar oud waren. De eerste groepering is (A) huisdieren en nuttige dieren, (B) niet te temmen wilde dieren, (C) waterdieren. Naast deze driedeling zou ook een vijfdelig systeem hebben bestaan: (A) gespleten voet, (B) gave voet, (C) vijf klauwen, (D) vogels, (E) vissen. Dat was enige vooruitgang, een wankele structuur, maar een begin. De derde opstelling is echter niets meer dan 14 lijstjes van een aantal namen voor 'soorten'. Voldoende zijn hier de voorbeelden: bok (5 soorten), ram (5 soorten), paard (8 soorten), hond (10 soorten), vogel (10 soorten). De Chinese kruidboeken, de zogenaamde Pen Ts'ao, gebruikt sinds de 2e eeuw v. Chr., bevatten lijsten van dieren en van mineralen. Verder staan bij voorbeeld groepen vermeld als 'behaarde zoogdieren' en 'fabeldieren', beveerde dieren (vogels, soms ook eekhoorns) beschubde dieren (vissen, reptielen en draken). Interessant is dat de Chinezen fossielen betrokken bij de ordening van de levende natuur, een besluit dat het Westen vijftienhonderd jaar later nog niet genomen had.

2. *Hippokratische menu's en begripvorming*

In de biologische literatuur van het Westen trof Singer misschien de vroegste ordening van de levende natuur aan in het *Corpus Hippocraticum* (I.13), in *Peri Diaitès*, een opstel dat vermoedelijk in de tweede helft van de 5e eeuw v. Chr. geschreven werd. Singer betitelt die rangschikking als 'Coan classificatory system', een wel wat gulle kwalificatie voor een volgorde van ca. 50 diersoorten (waarvan 20 vissen). Reptielen, ?amfibieën en insekten blijven ongenoemd. De dokters van Kos onderscheidden (Singer 1922: 10) zoogdieren, hetzij tam, hetzij wild, en de wilde dieren moest men verdelen in grote en kleine. Verder land- en watervogels, vissen (men onderscheide die van de kustwateren, van de open zee, kraakbeenvissen, modderbewoners en zoetwatervissen die de rivieren opzwemmen), en nog ongewervelden (zeeanemonen, schelp- en schaaldieren).

De auteur van *Peri Diaitès* (de tweede verhandeling met die naam) bekommert zich uitsluitend om eetbaarheid. Zoogdieren met twee hoeven en met één hoef aan iedere poot komen ter sprake. Vogels hebben geen blaas, urineren niet en zij hebben ook geen speeksel; deze omstandigheden deden de auteur besluiten dat vogelvlees droog moet zijn. Het vlees van ganzen, eenden en andere moerasvogels is nog het meest vochtige.

Nog een andere rangschikking, wellicht van andere oorsprong, wordt vermeld in *Peri Diaitès*. Nu vormen de huisdieren drie groepen: tam, half wild en wild. Tevens zijn dieren knagers, bladeters, geringe eters, grote eters, eters van verdroogd blad, eters van groenvoer, en eters van vruchten. Men kan dieren onderscheiden die wel of die geen vocht opnemen, en er zijn drie diergroepen naar gelang van de bloedhoeveelheid (veel, weinig, geen). Dan is er nog de levensduur, de sexe, en de bontsoort (beoordeeld naar de kwaliteit van het haar en de kleur) waardoor dieren zich onderscheiden. Bij de Hippocratici bestond geen begin van morfologische belangstelling als het dieren betrof; men was geïnteresseerd in het menu en het profijt voor de mens.

Toch ontwikkelden zich in de 5e eeuw biofilosofie en taal, zodat ook voor taxonomische overwegingen betere begrippen beschikbaar kwamen. Homeros (10e eeuw) had voor een gewas het woord *phyton*, en behalve woorden voor vogel en vis, voor een dier in het algemeen het woord *ther* of *therion* (waarmee een jachtobject bedoeld werd). Ook beschikte Homerus over *zooös* en dat betekende 'een ding dat zichzelf beweegt'. Hier kwam na vijfhonderd jaar, in de 5e eeuw v. Chr., het woord *zooön* bij en dat betekende een *dierlijk*

ding dat zichzelf beweegt en leeft, kortom, al wat dier is. Bovendien bezat het Grieks lidwoorden, zodat het toen mogelijk werd het dier, een dier of het dierlijke te onderscheiden met behulp van lidwoorden.

Nu kon men spreken over het dierlijke, het blijvende en onveranderlijke dat alle dieren, alle *zooa* kenmerkt en dat voor alle *zooa* hetzelfde is. Deze abstractie of dit begrip, nauw aan Platoons Idee verwant, maakt de weg vrij voor een groepsgewijze indeling van de natuur, zelfs voor een categorieënstructuur.

In de 4e eeuw ondernam Aristoteles de groepsgewijze nadere beschouwing van het dierenrijk. De Hippocratici beschikten over de daartoe onmisbare begripvorming. Zij constateerden dat een groeiende mens vergelijkbaar is met een kiemende plant, of ook met de inhoud van een tot kuiken ontwikkelend ei en dat klaarblijkelijk een zelfde levenskracht alle levende wezens maakt. Concepten zoals 'leven' en 'dierlijk' ontstonden, begrippen die doelbewust gehanteerd werden. Sokrates bracht deze nieuwe vaardigheid tot grote ontwikkeling, toonde onvermoeibaar en meesterlijk aan welk een slagvaardig en draagkrachtig hulpmiddel de wijsbegeerte ter beschikking stond en hij opende, ongewild, daarmee voor de biologie wijde perspectieven (I.14; XI.4).

3. *Aristoteles en de scala naturae*

Aristoteles volgt in zijn geschriften over levende wezens de natuurlijke orde. Hij ontwierp geen ordening van de levende natuur (p. 50), daartoe bestond geen noodzaak, want orde in de natuur is een gegeven, een rangschikking die voor een ieder duidelijk en dadelijk te zien is. Overziet men het natuurlijke bestel in zijn geheel, dan blijken kleine verschillen te bestaan tussen voorwerpen die overigens zeer veel op elkaar gelijken. Soms is het onzeker of een voorwerp dood is of leeft, of geleefd heeft. Tussen de plantaardige en de dierlijke organismen treft hij overgangsvormen aan, levende wezens in de kristalheldere rotsvijvertjes van de kusten van Lesbos en Assos die planten lijken, maar reageren zoals dieren. Wie lang genoeg toeziet en genoeg levende organismen in ogenschouw neemt, merkt op dat er zowel grote als kleine verschillen bestaan en dat van nature de organismen meer of minder complex gebouwd zijn. Daarna zal hij gaan inzien dat zich een reeks aftekent die met eenvoudig begint en die, stapje voor stapje opgebouwd tot meer ingewikkelde structuren, eindigt met de mens die niet alleen lichamelijk het meest volmaakt is, maar bovendien immaterieel, geestelijk, het hoogst gedifferentieerd is van alle dieren. Deze natuurreeks, -keten of -ladder is de *scala naturae*; keten is misschien het beste woord, want het is een opvolging zonder hiaten. De aarde in zijn volheid begrijpen biologen sinds Parmenides (I.9) en Aristoteles (I.15) als een volkomen aaneensluitende wereld van levende wezens, die elkaar zo na staan dat geen leegte overblijft terwijl zij door uiterst kleine verschillen nog juist van de vorige en de volgende te onderscheiden zijn. Op dit stuk zijn Aristoteles, Lamarck en Darwin het eens.

Het is, zegt Aristoteles, onmogelijk de scheiding tussen twee buurorganismen in de *scala* nauwkeurig vast te stellen, want men weet niet aan welke zijde van de scheidslijn (die we op dit moment constateren) een tussenvorm zal komen te liggen (*Hist. Anim.* VIII, i 588 b 4). De natuur heeft alle tussenvormen tot stand gebracht.

Een spons lijkt een plant, maar kan de rots waar hij aan verbonden is niet missen. Los gemaakt sterft hij, groeit hij niet meer (*Part. Anim.* IV, v 681 a 15). Een spons is dus zolang hij leeft plantaardig, want hij verplaatst zich niet, maar de spons is ook ten dele 'rots'.

Waarnemingsvermogen heeft hij bovendien, zoals een dier, want als je hem los wilt trekken gaat het 'veel gemakkelijker als je eerst je bedoeling verbergt'.

Holothuriën (*Holothouria*, zeekomkommers) zijn vrij-levende zeeorganismen, maar missen gevoel en ze zijn als het ware ontwortelde planten (*Part. Anim.* IV, v 681 a 18).

Planten op de Parnassós zoals *Epipetrum* (*Sempervivum tectorum*) missen contact met de bodem (*Part. Anim.* IV, v 681 a 10). Alle combinaties van eigenschappen treft men aan. Vormen tussen zoogdieren en vogels heten struisvogel en vleermuis. Een lichamelijk hiaat tussen mens en dier ontbreekt, want een jong kind verschilt, verzekert Aristoteles, niet wezenlijk van een dier.

Een studie over het dierenrijk moet lineair geschreven worden; men behandelt de ene vorm na de andere, een technische dwang. Daarom kon Aristoteles niet anders dan 'systematisch' te werk gaan, een volgorde accepteren zoals de natuurreeks zich voordoet. Men begint met het hoogste: de mens, en daalt vervolgens af. Uit die volgorde abstraheerden latere auteurs een 'systeem volgens Aristoteles'. Het schijnt mij echter toe dat noch uit zijn volgorde van onderwerpen, noch uit andere gegevens mag worden begrepen dat Aristoteles naar de huidige opvatting systematisch onderzoek verrichtte. Hij zag zich genoodzaakt het lineaire model dat schriftuur oplegt, te aanvaarden en had geen reden om van de fortuinlijke overeenstemming met de vorm van de *scala naturae* af te wijken. De volgorde was vanzelfsprekend, niet gewild of bedacht.

Uit waarneembare feiten die, van nature gegeven, ter beschikking van beschouwende biologen komen, wilde Aristoteles causa's ontdekken en hun werkzaamheid afleiden om zo te begrijpen waardoor dat alles tot stand gekomen was. Ongetwijfeld zijn de *differentiae*, de morfologische eigenschappen die een organisme kenmerken en die verschillen tussen groepen tonen, van primaire betekenis, maar om die betekenis te doorgronden is een ononderbroken studie van levensgewoonten en -vereisten, van reacties op het milieu, van lichaamsbouw en -functies, alles te zamen, onmisbaar. Kortom, zoals A.L. Peck terecht opmerkte, Aristoteles bedreef biosystematiek op z'n Grieks, dat is binnen een voltooid systeem.

In *Organon* en in *Metafysica* verklaarde Aristoteles dat een hoog ontwikkeld, en dus hoog in de *scala* geplaatst 'genus' (*genos*) door *differentiae* in ondergeschikte genera verdeeld wordt en dat zo'n deling zich per niveau herhaalt totdat de laagste eenheid bereikt is. Noodzakelijk is het, bij die trapsgewijze splitsing de *differentiae* met diepgang te scheiden van *differentiae* van oppervlakkige aard, en zij moeten in de juiste volgorde tot gelding worden gebracht. Het is de wijsgerige methode van de Akademia (*diairesis*). De Stoa nam de methode over en via de Aristoteles-commentatoren bereikte deze werkwijze Linnaeus (X.16). Het 20e-eeuwse taxonomische onderzoek volgt dezelfde methode (terwijl men pleegt te denken dat deze van Linnaeus afkomstig is). Verschillen met de Griekse methode zijn thans de beoordeling van het gewicht der *differentiae* (de factor tijd weegt mee) en, incidenteel, het invoeren van een experimentele controle.

Merk op dat de Aristotelische differentiëring per niveau een hiërarchie van categorieën schept en dat zo'n constructie de voorstelling van een lineaire *scala naturae* geweld aandoet zodra deze niet meer als een abstract concept wordt begrepen. Een ruimtelijke voorstelling van de *scala naturae* moet in dat laatste geval als een lijn met zijdelingse vertakkingen getekend worden. Reeds bij Aristoteles is de aanzet van parallellen en van zijassen aan de lineaire reeks merkbaar. De formeel-wijsgerige opbouw van de *scala* – elke volgende trap gelijk aan de vorige maar met een toevoeging – komt hierna meermalen nader aan de orde.

Ongeveer vierhonderd diersoorten behandelde Aristoteles in voldoende detail om ze met zekerheid herkenbaar te maken. Singer (1922: 30) noteerde in eerste aanleg de hier volgende Aristotelische rangschikking.

A. Mens
B. Vivipare viervoeters (Zoogdieren)
C. Cete (Cetaceae)
D. Ovipara (Reptielen, Vogels, Amfibieën, Vissen)
E. Malakia (Cefalopoden)
F. Malakostraka (Crustaceae)
G. Entoma (vele Arthropoden, o.a. Insekten)
H. Ostrakoderma (vele Weekdieren, Schelpdieren)
I. Zoophyta (noch plant, noch dier, tussen beide):
1. Akalephae (o.a. Kwallen, Neteldieren (Knidae))
2. Tethya (Ascidia e.d.)
3. Holothouria (Holothuriae e.d.)
4. Spongiae (Sponzen).
J. Hogere planten
K. Lagere planten
L. Niet-levende materie.

Indien uit alle (overgebleven) Aristotelische biologische verhandelingen naar de huidige opvattingen een rangschikking wordt geconstrueerd (volgens Singer 1922: 45-46, met geringe aanvullingen door mijzelf) ontstaat het volgende systeem van het dierenrijk.

A. *Enaima* (met rood bloed, zowel levendbarend als eileggend):
1. inwendig levendbarend:
a. *anthropos* (mens)
b. *kètè* (walvisachtigen)
c. *zooa tetrapoda* (*zoo'otaka en autois* = viervoeters die inwendig jongen vormen:
c.1. *amphodonta* (dezelfde tanden in beide kaken)
c.2. *mè amphodonta* (herkauwers, snijtanden alleen in de onderkaak, gespleten hoeven)
c.3. *monucha* (eenhoevigen):
c.3.1. *lophoura* (haarbos aan het staarteinde, paardachtigen)
c.3.2. *monucha hetera* (andere eenhoevigen).
2. Eierleggend, bij uitzondering uitwendig levendbarend:
a. ei verlaat volgroeid het lichaam:
a.1. *ornithes* (vogels)
a.1.1. *gampsonucha* (grijpvogels)
a.1.2. *steganopodes* (zwemvogels, zwemvliezen)
a.1.3. *peristeroeidè* (duifachtigen)
a.1.4. *apodes* (zwaluwachtigen)
a.1.5. *ornithes heteroi* (andere vogels).
a.2. *zoóa tetrapoda ooi'otoka* (eierleggende viervoeters, amfibieën, vele reptielen)
a.3. *ophioodè* (slangen).
b. ei verlaat onvolgroeid het lichaam:
b.1. *ichthues* (vissen):

b.1. *selachè* (selachiërs, kraakbeenvissen)
b.1.2. *ichthues heteroi* (andere vissen).
B. *Anaima* (schijnbaar bloedloos, levendbarend, larven- of knopvormend):
1. ei volgroeid gelegd:
a. *malakia* (knopvormend)
b. *malakostraka* (schaaldieren).
2. met een kopstuk of -geleding:
a. *entoma* (insekten, spinnen, schorpioenen).
3. met vruchtvormend slijm, knopvormend of (alternatief) spontane generatie:
a. *ostrakoderma* (weekdieren, stekelhuidigen enz.).
4. uitsluitend spontane generatie:
a. *zoophyta* (sponzen, holtedieren enz.).

Het onderscheid tussen rood bloed en bloedloos ontleende Aristoteles aan Demokritos. Aristoteles beschouwde rood bloed, drager van een volkomen ziel en dus van leven, als het kenmerk van de voornaamste diergroep. Hij vermeldde niet dat roodbloedigen in het bezit van een wervelkolom zijn en dat deze ontbreekt als rood bloed ontbreekt. Voor de eerste onderverdeling geeft opnieuw 'leven' de doorslag: levendbarend of eileggend. Daarna zijn morfologie en functie (milieu) beslissend.

Entoma, de gekorven dieren, zijn insekten, spinnen, schorpioenen en duizendpoten. Over zespotigheid, die later zo eenvoudig en afdoende zal bepalen welke dieren insekten zijn, laat Aristoteles zich niet uit. Schaaldieren die naar zijn maatstaf heel goed in de *entoma* zouden passen, zet hij apart: de *malakostraka* leven in zeewater en de *entoma* in de lucht. Bijzondere *entoma* zijn die met schilden, die met 4 vleugels en een angel aan het achterlijf (onze *Hymenoptera*), en met twee vleugels en een angel aan de kop (onze *Diptera*). Vleugelloze *entoma* zijn parasieten (vlooien, luizen) en sommige *entoma* hebben talrijke poten. Entoma zijn bloedloos, hebben geen vaatstelsel en ademen niet.

Aristoteles' rangschikking is een voor de wetenschappelijke praktijk van zijn dagen aanbevelenswaardig overzicht, geen resultaat van op klassificatie gericht onderzoek. Mede daarom mag een dier desgewenst zonder bezwaar tot meer dan een diergroep gerekend worden. Zijn plaats is afhankelijk van het criterium dat de voorkeur kreeg als uitgangspunt voor een nadere bespreking.

De mens staat bovenaan in het schema dat Singer maakte, en wordt bij Aristoteles nadrukkelijk van alle andere diersoorten gescheiden. De mens is een unieke diersoort. Niettemin betrekt Aristoteles de mens met andere dieren in zijn beschouwingen over groep A.1.c.1, de *amphodonta*, levendbarende roodbloedigen, want hij heeft overeenkomstige tanden in onder- en bovenkaak.

Het is goed mogelijk varianten van Aristoteles' rangschikkingen op te stellen, bij voorbeeld die van Ross (1974). Ross aanvaardde roodbloedig en bloedloos en vervolgens de voortplantingswijze als eerste maatstaven: levendbarend (A) of eierleggend (B) of door larvale vormen (C). Groep A bestaat uit de mens, behaarde viervoeters (landzoogdieren) en walvisachtigen (zeezoogdieren). Groep B zijn (1)vogels, beschubde viervoeters en pootlozen (die alle drie volgroeide eieren leggen), of (2) vissen, koppotigen (*malakia*) en schaaldieren (*malakostraka*), drie groepen die onvolgroeide eieren leggen. Insekten (C) planten zich voort door 'wormen' (larven). Groep D, ostrakodermen of schelpdieren, vermeerderen zich door generatief slijm, knopvorming of *generatio spontanea*, en *zoophyta* (E) uitsluitend door *generatio spontanea*.

Morfologische noch fysiologische eigenschappen afzonderlijk zijn doorslaggevend bij het afzonderen van groepen. Niet alle viervoeters, zegt Aristoteles, zijn vivipaar, want hagedissen en krokodillen zijn ovipaar. Niet alle tweevoeters zijn ovipaar zoals de vogels, want de mens is vivipaar. Van voeten voorziene dieren zijn inwendig vivipaar, zoals de mens, maar voetloze dieren, zoals de walvis en de dolfijn, zijn ook inwendig vivipaar. Aristoteles geeft meer voorbeelden in *De Generatione Animalium* (732 b 15).

De samenhangende keten van organismen, nauw opeenvolgende diergroepen, die de natuur heeft voortgebracht, kan het best aangetoond worden door de graad van perfectie te bepalen. Zo zijn slechts dieren die lucht inademen vivipaar en zij zijn gebonden aan het meest zuivere element. Daarom zijn zij ook warm van nature en meer vloeiend, niet 'aards'. Longen, ruimschoots van bloed voorzien, bewijzen de aanwezigheid van natuurlijke warmte in een dier en longdieren brengen de meest geperfectioneerde jongen ter wereld vanwege de hogere graad van perfectie die met lucht ademen samengaat.

Het Aristotelische systeem dat A.L. Peck volgens de juist genoemde maatstaven componeerde werd het volgende:

A. Dieren die warm en smijdig zijn. Vivipaar. De mens en andere dieren.
B. Dieren die koud en smijdig zijn. Ovovivipaar. Selachiërs (Haaiachtigen). Adders.
C. Dieren die warm en star zijn. Ovipaar, ei volgroeid. Vogels en beschubde dieren.
D. Dieren die koud en star zijn. Ovipaar, ei onvolgroeid. Vissen, schaaldieren, koppotigen.
E. Dieren die allerkoudst zijn. Larvipaar. Insekten.

Meer Aristotelische systemen dan hier zijn genoemd, werden opgesteld en zij steunen alle op gegevens ontleend aan Aristoteles' werken. Samen bewijzen zij dat Aristoteles zich niet met systematiek in de moderne zin inliet. Hij beschreef geen soorten of grotere groepen organismen als resultaat van morfologische en fysiologische onderzoekingen. Voor groepen van grotere omvang of van bijzonder uiterlijk bedacht hij illustratieve namen, voor soorten niet, want in de volkstaal waren daarvoor namen gebruikelijk. Die namen behoefden geen nadere definitie, want iedereen weet wat een mus, een dolfijn en een roos is.

Aandachtig waarnemend en scherpzinnig overdenkend spoorde Aristoteles de relaties tussen levende en dode natuur op en herleidde het empirisch ontdekte tot verreikende wetmatigheden. Vergelijkende studies van functies en vormen bevestigden de rangschikking die de natuur eigen is. Vliegende dieren hebben een van de drie verschillende vliegorganen: veren, huidplooien of vliezen (droog en dun). Zij behoren dan ook tot drie verschillende natuurlijke groepen. Alle behaarde dieren zijn levendbarend, maar niet alle levendbarenden zijn behaard. (Kaal zijn de adder en levendbarende vissen, zoals haaien.)

Drie dieren leven maatschappelijk (sociaal), en wel mensen, bijen en mieren. Andere leven in kudden, weer andere solitair. Indien dieren levendbarend zijn hebben zij tepels, dat wil zeggen de waarlijk levendbarenden, want de pseudo-levendbarenden (zoals haaien) hebben ze niet. Geen uitzonderingen, verzekert Aristoteles, want dolfijnen, die levendbarend zijn, schijnen tepelloos, maar dicht bij de geslachtsorganen zijn toch twee gaatjes waar de melk uit vloeit.

Al dan niet gespleten voeten zijn groepsgewijs aanwezig. Meerspletig zijn de mens, de hond, de leeuw en de panter. Tweedelige voeten hebben het schaap, de geit, het hert en het nijlpaard; het paard en de muilezel bezitten gave voeten.

Tweedelige voeten gaan gewoonlijk samen met de aanwezigheid van horens en als ho-

rens aanwezig zijn ontbreken de snijtanden in de bovenkaak. Dieren met een zaagvormig gebit hebben nooit horens. Levendbarende, behaarde viervoeters met gevorkte voet, horens, en zonder bovenkaaksnijtanden hebben een viervoudige maag. Met deze definitie typeerde Aristoteles het taxon herkauwers doeltreffend. Eierleggende, beveerde, tweevleugelige tweevoeters met haakvormige nagels zijn vleeseters. Daarmee is het taxon roofvogels getypeerd en Aristoteles noemde als voorbeelden arenden, gieren, wouwen en sperwers.

Om een taxon aan te duiden gebruikte Aristoteles drie termen: *megista*, *genos* en *eidos*. Met *megista* bedoelde hij een hoofdgroep, veelomvattend en veelvormig. *genos* is geringer in omvang of vormbereik; een *genos* is bij voorbeeld 'levendbarende viervoeters'. Hebben ze een haarbos aan de staart, dan zijn ze haarstaartig (*lophouroi*), maar daarom nog geen *genos*. Paard, ezel, muildier, pony en muilezel zijn *lophouroi*. Omdat paard en ezel paren met de Syrische muildieren (*hèmionos* = halfezel) en dit veulens oplevert, behoren deze laatste ook bij de *lophouroi*. *Eidos* is dikwijls een groep die tegenwoordig 'soort' zou heten. *Eidos* (Gr.) = *species* (Lat.) = uiterlijk, gedaante, dat wat zichtbaar is. Moderne biologen slaagden niet in het vinden van een bevredigende soortdefinitie. Aristoteles deed geen moeite.

Een leidraad bij modern systematisch onderzoek werd door Aristoteles als grondslag voor de ordening voorgesteld en verdedigd.

Een groepering van levende organismen behoort niet vanwege één gegeven, één kenmerk voorgesteld te worden. Zou bij voorbeeld de aanwezigheid van vleugels als enig en beslissend kenmerk voor de begrenzing van een natuurlijke groep gelden, dan ontspoort men al dadelijk omdat enige dieren tijdelijk gevleugeld, tijdelijk ongevleugeld zijn, zoals mieren en glimwormen. Vleugels maken geen vogels al bezitten alle vogels vleugels (p. 48).

Milieuverschil acht Aristoteles evenmin toereikend als onderscheidingskenmerk. Evenzo veroorzaakt de maatstaf tam of wild een splitsing van homogene groepen, want alle huisdieren treft men zowel tam als wild aan en, noteerde Aristoteles, met mensen is het niet anders.

Omgekeerd kan een alleenstaande eigenschap wel een onderverdeling wettigen, zoals gespleten voeten. Viervoeters met verschillend gespleten voeten zijn een goed voorbeeld.

Fraai illustreert Aristoteles plurivalente differentiatie door zijn bepaling van de ware plaats van walvissen in de natuurketen. Walvissen hebben haar, zoals zoogdieren, verklaarde hij, en dacht daarbij vermoedelijk aan de baleinen in de bek. Zij hebben longen, geen kieuwen zoals een vis, en zij ademen zoals een landdier. Zij zogen hun jongen en daartoe hebben zij tepels. Ze zijn inwendig levendbarend, met andere woorden, leggen geen eieren en zij slikken niet voortdurend water in zoals vissen, maar alleen als zij eten. Het skelet, de botmaterie van het walvisgeraamte, is gelijk aan dat van zoogdieren, terwijl visgraten wel beenachtig zijn maar toch uit een andere materie bestaan. Walvissen zijn zoogdieren.

Aristoteles oordeelde dat de schema's die in de Akademia gebruikt werden vergissingen zijn. (Dit is een nieuwe aanwijzing dat in de Akademia biologie onderwezen werd; p. 37.) De dichotome methode volgens Platoon (alle passende gegevens ter rechterzijde en alle niet passende gegevens ter linkerzijde deponeren) toegepast in de biologie veroorzaakt verwarring. Platoon rekent sommige vogels tot de waterdieren, andere tot de landdieren, maar de vogels mogen niet in twee groepen uiteengedreven worden vanwege een milieuverschil. Een kenmerkenpatroon karakteriseert de samenhang van een diergroep.

In *Organon* behandelt Aristoteles categorieën en kiest de mens als voorbeeld. Elke mens

is een individu dat tot het menselijk geslacht, het *genos* mens behoort. Het *genos* mens behoort tot het dierenrijk, maar de mens niet. Naar het lichaam dierlijk, maar naar de geest menselijk, en dit is een eigen categorie.

Afwezigheid van een orgaan gebruiken botanici als een argument om groepen te karakteriseren. Dat is onjuist. Een niet-zijn is een niet bestaande zaak en een niet-bestaan kan nimmer een natuurlijke, taxonomische scheidslijn zijn. Syllogismen maken dit al duidelijk.

De eerste ontkenning leidt tot de volgende ontkenning en niet tot onderkenning, niet tot een concept of een begrip (p. 48).

Petit (1962) meende dat, indien Aristoteles meer terminologie en een grotere taalschat ter beschikking gehad zou hebben, hij tot een goed doortekend en naar tegenwoordige opvattingen handzaam systeem voor het dierenrijk gekomen zou zijn. Dat spreek ik tegen. Zijn uitgangspunt, de stabiele, kosmosvullende, gelaagd gestructureerde levende natuur, en zijn beschouwende, holistische denktrant die alternatieve rangschikkingen als mogelijk en gelijkwaardig erkent, beletten een systeemconcept dat de huidige natuurwetenschap zou kunnen aanvaarden. Of Aristoteles door de taal van zijn tijd belemmerd werd bij zijn uiteenzettingen kan ik niet beoordelen. Zijn biologische vertogen laten geloven dat hij over voldoende taal beschikte om zijn meningen te verduidelijken. Aristoteles' systematische inzichten missen echter elke kleuring door fylogenetische overwegingen die thans de systematiek beheersen. De afstammingsleer eist één systeem dat de afspiegeling is van de feitelijke verwantschappen, een systeem dat met de historische ontwikkeling van de taxa overeenstemt. De Aristotelische biologie laat een meervoudige opstelling toe binnen het grote raamwerk van de logisch gevormde kosmos.

Aristoteles' blijvende betekenis voor de taxonomie vloeit voort uit zijn kwaliteit en ongehoord groot talent als bioloog. In de Oudheid hebben hij en Theofrastos enige centrale vraagstukken van de biologische taxonomie voor het eerst onderkend en getracht deze op te lossen. De methode voor het biotaxonomisch onderzoek die zij ontdekten en toepasten bleef tot in onze dagen gehandhaafd. Daarbij zijn Platoons leerstellingen van het duurzame en het vergankelijke, Idee en individu, die ik probeerde in weinig woorden te vangen (p. 37), fundamenteel gebleven. Aristoteles werkte Platoons en Sokrates' theoretische bespiegelingen uit voor de praktijk van de biologie, dat is de studie van de levende natuur volgens de natuur. Zulk een natuurwetenschap die Aristoteles op Platoons leer entte, handhaafde zich tot de amputatie die Descartes en de zijnen uitvoerden. Als enige biologische wetenschap bleef systematiek echter, steeds technisch gecorrigeerd naar de eisen en de mogelijkheden van de tijd, voor en na Descartes Platonisch in theorie en Aristotelisch in de praktijk. Het Lamarckisme vernieuwde de systematiek door de invoering van de tijdfactor.

4. Theofrastos moderniseert voor planten de Aristotelische taxonomie

Nog een aantekening over Theofrastos, wiens taxonomie op dezelfde grondslagen rust als die van Aristoteles. Verwezen moet echter worden naar gegevens die worden vermeld op p. 71, 72, 74.

Theofrastos noemde 450–500 plantesoorten, weliswaar meer dan zijn voorgangers, maar vele zijn slechts met een naam aangeduid. Identificaties hebben o.a. K.P.J. Sprengel (1817, 1822), H.O. Lenz (1859) en A. Hort (1916) geprobeerd, maar het gebrek aan begelei-

dende morfologische gegevens belet vrijwel steeds een zekere determinatie. Het aantal namen is overigens bescheiden, want in Theofrastos' dagen moeten in Griekenland meer dan 2500 soorten in het wild te vinden zijn geweest.

Bomen zijn de hoogst georganiseerde planten. Eikesoorten en vijgvormen plaatste Theofrastos als groepen bijeen. Er zijn aanwijzingen dat hij min of meer een genusbegrip vergelijkbaar met het huidige gehad moet hebben.

Na een poging om tot een nauwkeurige terminologie te komen door omschrijvingen van onder meer stengel, twijg, wortel, waarbij Theofrastos uitlegt dat plantedelen in het algemeen met lichaamsdelen van dieren vergelijkbaar zijn, schreef hij:

> *Peri Fytoon Hist.* I, i 11: 'niet alle planten hebben echter een wortel, (*rhiza*), stengel (*kaulon*), tak (*akremona*), twijg (*kladon*), of blad (*phullon*), of bloem (*anthos*), of vrucht (*karpon*), of ook bast (*phloion*) of merg (*mètra*), of vezels (*ina*), of aderen (*phleba*), bij voorbeeld paddestoelen en truffels (*mukès, hudnon*), terwijl toch zulke lichaamsdelen planten eigen zijn'.

Zwammen zijn volgens Theofrastos dus planten. In een later overzicht (*Peri Fytoon Hist.* I, xvi 5) van wortelstelsels en de inwendige bouw van wortels noemt hij vier planten die volkomen wortelloos zijn: truffel (*hudnon*), paddestoel (*mukès*), bovist (*pezis*), en geweizwam (*keraunion*); de vertaling van *keraunion* heb ik, naar ik hoop goed geraden; een korstmos kan het ook zijn. De onderscheiding van 4 groepen verwante (wortelloze), lagere planten is de eerste in de literatuur.

Dat Theofrastos de moderne systematiek wat meer benaderde dan Aristoteles mag ook uit zijn gewoonte om te kwantificeren worden afgeleid. Veel vaker dan Aristoteles gebruikt Theofrastos maat (hoeveelheid) in zijn beschrijving. Hier volgt de eerste, zeer goede beschrijving van Indische lotus (*Nelumbo nucifera*).

> *Peri Fytoon Aitioon* IV, viii 7: 'De Egyptische boon groeit in moerassen en meren. De lengte van zijn steel is ten hoogste vier cubits, hij is even dik als een mansvinger en lijkt op een buigzaam riet zonder knopen. Inwendig lopen buizen die niet met elkaar in verbinding staan, van het ene eind naar het andere, zoals een honingraat. Daar staat het hoofd boven op dat op een rond wespennest gelijkt, en in elke cel is een boon die een beetje uitsteekt. Van die bonen zijn er ten hoogste dertig. De bloem is tweemaal zo groot als een papaver en de kleur is zoals van een roos, met een sterke kleur. Het hoofd staat boven water. Zijdelings aan elke plant groeien grote bladeren, even groot als een hoed uit Thessalië. Deze hebben een steel precies zoals de plant... De wortel is dikker dan het dikste riet en uit afzonderlijke buizen opgebouwd zoals de steel'.

Een rangschikking is vereist als Theofrastos zich beijvert om een groot aantal verschillende vormen van hetzelfde taxon vergelijkend te beschrijven. Váczy (1971) componeerde Theofrastos' indeling van *kittos* (klimop, *Hedera helix*; *Peri Fytoon Hist.* III, xviii).

Kittos, zegt Theofrastos, is *polyeidè* (van allerlei snit). Hij geeft geen algemene beschrijving van *kittos* en beperkt zich tot de variëteiten die samen, voor hem, *kittos* zijn.

Vooreerst *kittos epigeios* (op de aarde liggende klimop) en *hyphos airomenos* (klimmende, in de lucht verblijvende touwen). Voorts zijn er witte, zwarte en windende *hyphos airomenos*, drie vormen, zodat deze *pleiogenè* (meerrassig) mag heten. Voor klimmende klimop gebruikt Theofrastos de term *polyeidè* niet.

Witte *hyphos airomenos kittos* treft men aan met witte vruchten (*leukokarpos*), met witte bladeren (*leukophyllos*), met bittere of scherp smakende vruchten (*pikrokarpos*) en *korymbia* (onzeker, ?spreidend). Zwarte *hyphos airomenos* is eenvormig. De windende

is echter sterk verschillend van voorkomen (*diaphora*), bij voorbeeld met mooie dunne, spitslobbige bladeren of steriel, of kruidachtige (*pooïdes*), of witte, of gevlekte (*poikilè*). Er zijn er, zegt Theofrastos bezorgd (*Peri Fyt. Hist.* VII, iv), die denken dat sommige van de genoemde *kittos*-vormen tot *Sykias* (vijgachtigen) behoren, of ook tot *Kolokynthis* (pompoenachtigen), maar anderen spreken dat tegen.

Uit dit overzicht met commentaar mag blijken dat Theofrastos geen gedachten had over naamgeving op de huidige manier, maar hij onderscheidde een hiërarchie van categorieën zoals Aristoteles.

5. *Plinius en tijdgenoten bezig met beschrijvende plantkunde*

Caius Valgius Rufus (ca. 12 v. Chr.), Romeins consul in de beginjaren van de 1e eeuw, heeft aan de ontwikkeling van de systematiek in zoverre bijgedragen, dat hij circa 200 plantesoorten meer noemde of beschreef dan Theofrastos. Dit had als gevolg dat, toen onze jaartelling begon, ruim 700 plantnamen - soms herkenbare taxa, en soms herleidbaar tot ons soortniveau - in de literatuur te vinden waren. Valgius maakte een kruidboek, evenals Dioskorides.

Een argument dat Dioskorides (II.16) vrijwel gelijktijdig met, of misschien kort na Plinius (II.15) geleefd en gewerkt heeft, schuilt in het ontbreken van zijn naam in Plinius' encyclopedie, die een uittreksel is van bijna 200 publikaties van 482 auteurs (329 buitenlanders, de meesten Grieken). Váczy (1971) heeft ze geteld.

Het klinkende succes van Dioskorides door de eeuwen heen was grotendeels te danken aan veel handzame en niet zelden geïllustreerde uitgaven. Plinius' werk was te omvangrijk om populair te kunnen worden en niet geïllustreerd, maar bleef overigens, voor wat botanie aangaat, niet of nauwelijks in kwaliteit bij Dioskorides achter.

Bronnen die Plinius benutte zijn o.a. Publius Nigidius Figulus (Romeins praetor, 1e eeuw v. Chr.), wiens werk in 1964 te Amsterdam herdrukt werd, Papirius Fabianus (43 v. Chr. - 14), Romeins biofilosoof, en Pompeius Trogus (historicus en natuurliefhebber, 1e eeuw). Zij schreven over dieren en gaven volgens de restantjes van hun geschriften daarbij blijk zeer veel aan Aristoteles' oordelen te hechten. Informatie over planten haalde Plinius uit bij voorbeeld het werk van Antonius Musa, lijfarts van Augustus die *Liber de Herba Vettonica* op zijn naam heeft staan; trouwens Fabianus en Trogus hadden ook enige aandacht voor planten. Sext(i)us Niger had meer en langduriger invloed dan de zojuist genoemden en hij komt dan ook elders ter sprake (p. 102, 103).

Op zijn beurt werd Plinius weer de zegsman in veel latere publikaties en zijn *Historia* leverde een bloemlezing in verzen op, getrokken uit de medisch-botanische tekstgedeelten door Quintus Serenus Sammonicus, in de 3e eeuw (*Liber de Medicina*). Platencollecties op Plinius gebaseerd verschenen in de 4e eeuw, zoals van Apuleius Platonicus (p. 115) en *Medicina Plinii* door een onbekende bloemlezer. Voor het overige kan ik volstaan met een verwijzing naar het over kruidboeken medegedeelde (II.20) en de opmerking dat Plinius in onze dagen nog sporadisch geciteerd wordt in publikaties over systematische biologie. Historisch is deze groep werken een lekkernij voor rustige en scherpzinnige onderzoekers, maar de taxonomie en de biologie hebben zij slechts zeer incidenteel bevorderd. Een doelmatige literatuuropgave ter introductie is bij A.G. Morton (1981: 101-102) te vinden.

De opsomming en rangschikking van gegevens van nut voor de systematische plantkunde door Plinius heeft mogelijk nog het meest van Antonius Castors voorlichting geprofi-

teerd (*Nat. Hist.* XXV, ii), die Plinius de 'hoogste autoriteit voor de plantkunde van onze eeuw' noemde. Hij bezocht Castor dikwijls om in zijn rijk voorziene tuin planten in ogenschouw te nemen. Bij Plinius verschijnen nog eens 300 plantnamen, dikwijls door enige nadere gegevens begeleid, zodat aan het einde van de 1e eeuw naar schatting ruim 500 plantesoorten (naar huidige opvatting) omschreven, althans herkenbaar aangeduid waren. Een eigenaardige moeilijkheid bij een identificatie is, dat niet zelden dezelfde soort onder verschillende namen vermeld werd, zonder dat de auteur daar bezwaar tegen had.

Plinius (of Castor) volgde de botanie van Theofrastos vrijwel geheel en in *Naturalis Historia* staat de vertaling van de Griekse termen *gènos*, *eidè* en *diaphora*: genus, species en differentia. Plinius handhaafde niettemin de Griekse gewoonte de drie woorden naar believen en als gelijkwaardig te gebruiken. Hij probeerde planten- en dierengroepen zo breed mogelijk op te vatten: geen nauwkeurige onderscheiding van nauw verwante vormen. Het mag blijken uit zijn opmerking over sla (*Lactuca*). Plinius vond dat 'sommigen al te ijverig enige sla-genera onderscheiden' (*diligentiores plura genera faciunt*; *Nat. Hist.* XIX, viii), maar dit verhindert niet dat hij naar 29 verschillende appelachtigen (*Malus*), 36 verschillende peren (*Pyrus*) en 29 verschillende vijgen (*Ficus*) verwees, en hij vermeldde nieuwigheden uit Griekenland en Klein-Azië (pruimen, perziken), en Syrië (amandel).

Soms paste Plinius een kunstgreep toe, die vroegere auteurs op zijn best in beginsel hadden beproefd. Om twee op elkaar gelijkende taxa te onderscheiden koos hij een reeks kenmerken die hij wederzijds toetste, zodat een meervoudig houvast in staat stelde exemplaren die tot het ene of tot het andere taxon behoorden te identificeren. Ik maakte voor het volgende voorbeeld gebruik van Váczys studie (1971) en vereenvoudigde zijn opstelling enigszins.

A. Hypericon:	B. Een ander Hypericon:
1. geurig, gekweekt struikje	1. ? wild
2. dunstengelig	2. ?
3. omstreeks 40 cm hoog	3. ruim 7 cm
4. rood getint	4. minder rood
5. blad zoals van Ruit	5. blad zoals van Tamarix, en dikker
6. scherpe geur	6. zacht, zoetgeurend
7. zaad in een zwarte 'peul'	7. ?
8. ?	8. gedoornd.

Deze Platoonse werkwijze is een aanloop naar de veelzijdige groepsgrenzing door biologen na Plinius, die het natuurlijke rangschikken poogden te benaderen met behulp van veel kenmerken, samen karakteristiek voor een taxon.

6. *Albertus Magnus besluit dat plantensystematiek onmogelijk, maar diersystematiek mogelijk is*

Aan het overzicht van Middeleeuwse biologie, gegeven in III.10–26, kan ik hier nog enige bijzonderheden toevoegen ter toelichting op de situatie waarin de systematiek zich in de eerste dertien eeuwen van onze jaartelling bevond. Tot de 12e eeuw rustten de voor de systematiek belangrijke gegevens in de archieven en manuscriptcollecties van beroemde instituten, waar de filosofie – die later taxonomie zou vormen en leiden – zich ontwikkel-

de. Levenswetenschappen waren beperkt tot het genezen en verzorgen van zieken; de levende natuur was interessant voor zover hij profijt opleverde en stichtelijk moraliserend bezongen kon worden. Wat ordening betreft: deze kwam tot uitdrukking in geordende kloostertuinen van de geneeskruiden, eetbare planten en na duizend jaar, enige sierplanten. Voor het overige had God de natuur onverbeterlijk op orde gebracht.

Salerno (III.9), gesticht aan het eind van de 9e eeuw door de Benedictijnen waar eertijds een Griekse kolonie gevestigd was, verwierf weldra het leiderschap op medisch-biologisch terrein, hetgeen misschien wel verwacht mocht worden. Deze oudste universiteit in Italië (en West-Europa) trok Romeinse, joodse, islamitische en Moorse geleerden, verkreeg en verwerkte vroegere en eigentijdse informatie (manuscripten), opgedaan tijdens de eerste kruistocht (1096–1099).

Gelijktijdig ontwikkelde zich een cultureel centrum, in Toledo, de versterkte stad die in 1085 in handen viel van de Spaanse christenen (p. 140), nadat drie eeuwen lang de islamitische wetenschappen zich daar ontplooid hadden. De Mozarabieren, joodse muzelmannen, hadden in Toledo de leiding en voor de levenswetenschappen waren vertalingen uit oosterse talen in het Latijn hoofdzaak. Cordoba was een tweede belangrijk centrum van geleerdheid in Spanje. Abd-el-Rahman I (757–788) maakte Cordoba hoofdstad van een onafhankelijk kalifaat en het centrum voor onderwijs. Hij liet een botanische tuin aanleggen met bijzondere planten uit het Midden-Oosten en voerde de dadelpalm in Spanje in. Toen de 10e eeuw ten einde liep floreerde in Cordoba een Academie van Wetenschappen en er was een wereldberoemde bibliotheek. Mogelijk bevatte hij wel 20 000 manuscripten, volgens sommigen nog veel meer. Toen Cordoba, sinds 711 in Arabische handen, door de christenen in 1236 veroverd werd kwam de bibliotheek grotendeels voor Westerse wetenschappen beschikbaar.

Over de Middeleeuwse Arabisch-islamitische periode kan ik voor meer details verwijzen naar het fraaie opstel dat R. Nabielek (in Jahn c.s., 1985: 117–139) schreef. Uit die literatuur (voornamelijk over landbouw) van na de Grieken kwam niets wezenlijk nieuws voort, zei Nabielek en maakte toch het voorbehoud dat lang niet alle geschriften uit die periode toegankelijk zijn. Dat stemt goed overeen met mijn conclusie dat de Arabieren tijdens hun wereldregering niets essentieels aan de biologie bijdroegen (p. 131), terwijl aantekening verdient dat zelfs een hoge uitzondering, zoals de 13e-eeuwer Ibn-al-Nafis-al-Qurasi (p. 356), volkomen vergeten werd, binnen en buiten zijn cultuur. Westerse onderzoekers zouden na vele eeuwen de steriel gebleven vondsten van de Middeleeuwse Arabieren herontdekken. Het postulaat van de aanwezigheid van haarvaten als noodzakelijke schakel in het bloedvatstelsel, dat Ibn-al-Nafis's leerling Ibn-al-Quff (1233–1286) als eerste zou hebben geuit en dat Nabielek signaleerde (Jahn, c.s., 1985: 124), stamt echter van Erasistratos (p. 344).

Als 13e-eeuwse centra voor levenswetenschappen wil ik herinneren aan het hof van Frederik II (III. 18) en aan Montpellier. In Parijs en Keulen blies Albertus Magnus (III. 19) de systematiek enig nieuw leven in.

Over Albertus Magnus' werk van belang voor de systematiek noem ik eerst, dat hij het uiterlijk van plantengroepen omschreef en van namen voorzag. Een (1) *arbor* (boom) is houtig en boven op de wortel éénstengelig. Deze stengel heet *stipes*. Een (2) *arbustum* (boompje) is houtig en heeft talrijke stengels boven op de wortel(s). Zo'n stengel noemt hij zowel *stipes* als *ramus*. Een (3) *frutex* (struik) heeft vele gelijkvormige en dunne *rami* boven op de wortel(s), houtige wel te verstaan, want als ze sappig zijn is de plant een (4) *rubus*. Een (5) *olus virens* is een kruidachtige plant die vrij fors is en bebladerde stengels

heeft. Als de bladeren in een wortelrozet bijeen staan is de plant een (6) *herba*. Ten slotte nog de *fungi* als 7e en laatste groep. De verschillende vormen in elke groep bespreekt Albertus in alfabetische volgorde (bijna 400 soorten nieuwe stijl).

Albertus pastte deze terminologie losjes toe, enerzijds omdat de natuur zelf al de indeling niet strikt volgt en anderzijds omdat dezelfde plant tot verschillende 'categorieën' kan behoren. In het eerste levensjaar is een biet (*Beta vulgaris*) een *herba*, maar als hij bloeit in het volgende jaar wordt hij een *olus virens*. Een jeneverbes (*Juniperus communis*) is een *arbor* ofschoon hij uit vele *stipites* bestaat, maar hier is elke *stipes* afzonderlijk toch als een *arbor* gevormd.

In de onveranderlijke eeuwige structuur van de levende natuur, een schepping van planten en dieren die zich tot goed omschreven natuurlijke eenheden laten rangschikken en samenvoegen, zien wij hoe zij binnen dat natuurlijke bestel van vormpatronen een mate van bewegingsvrijheid hebben. Tarwe kan na drie overgangsjaren rogge worden en het omgekeerde is ook mogelijk. Eénmaal heeft men waargenomen dat eiketakken ter ondersteuning van wijnstokken zelf wijnstok werden. Zulke verschijnselen noemt Albert *transmutationes* (p. 160). Parasieten ontstaan uit het hout van zieke bomen. Door enten verandert de species. De transmutaties zijn gevolgen van vijf *modi*: bodeminvloed, voeding, sterren, stekken en bastaardering.

Planten zijn als het ware tegelijkertijd ♂ en ♀, dus sexe-loos, maar toch laat zich een overwicht van het mannelijke of het vrouwelijke constateren. De ♂ planten, bij wijze van spreken, zijn smalbladig, hard, droog en ruw, en zij dragen naar verhouding kleine vruchten (of zaden). De ♀ daarentegen zijn breedbladig, zacht, vochtig en effen, en zij dragen grotere vruchten.

Elke rangschikking van het plantenrijk moet willekeurig zijn, waarschuwt Albertus. Hij wil, in het algemeen, fungi apart houden. Zij kunnen begrepen worden als bladloze planten. De andere groep is dan bladbezittende planten. De bladdragers behoren tot twee groepen, de corticaten en de tunicaten (over de herkomst en de bedoeling van deze twee termen bestaat geen zekerheid). Het lijkt echter dat de corticaten onze Monocotylen zijn en de tunicaten de Dicotylen. Tussen de twee groepen meende Albertus een anatomisch verschil te bespeuren. De Tunicaten wilde hij vervolgens nog indelen als kruidachtigen en houtachtigen en, zegt Strunz (1926), hij wilde ook een knooploze en een knopige stengel als kenmerkend beschouwen.

Elke indeling wordt onmogelijk als 'soorten' (species) niet onveranderlijk zouden zijn, overwoog Albert. Zieleigenschappen bepalen de lichaamsvormen, het uiterlijk. De mens bezit dan ook zodoende naar lichaam en naar ziel de meest volmaakte vorm. Omdat planten slechts leven door plantaardige ziel is het voor Albert vanzelfsprekend dat de indeling van het plantenrijk onvast is, veranderlijk, ongebonden. Theologisch en biologisch is men vrij ieder plantensysteem naar eigen voorkeur te bedenken, want de planteziel mist de vormende, doelgerichte activiteit van de Aristotelische diereziel.

Met dieren (*animalia*) is het daarom anders gesteld: zij zijn vormvast. Albertus deed een poging de verstandelijke vermogens van dieren in overeenstemming te brengen met hun lichamelijke ontwikkeling. Geen schijn of schaduw in Alberts werken van een soortbegrip zoals dat sedert Linnaeus (en Ray) voor ons gebruikelijk werd. De opstelling van het dierenrijk waartoe Albertus in zijn boeken XXII-XXVI besloot is, beoordeeld naar moderne systematische opvattingen, een verlies, vergeleken met Aristoteles. Diens methode en resultaten waren beter. Weliswaar onderscheidde Albertus in groepen zoals knaagdieren, roofvogels en platvissen groepen van lagere rang, maar dit verheelt het tekort niet:

de lagere groepen behandelde hij alfabetisch.

De titel van het 23e boek over de dieren, *De Naturis Sigillatim Animalium* is een verwijzing naar Aristoteles. Een *sigillum* is de in- of afdruk die een zegelring in was (lak) maakt en het woord kan ook een beeldje, een uiterlijk aanduiden. Aristoteles had uitgelegd hoe de onzichtbare ziel van een levend wezen aan zijn vorm herkend kan worden, omdat hij zichzelf toont zoals een zegelring zijn vorm afdrukt en het zegel herkenbaar is terwijl de ring zelf afwezig is (p. 65). Met zijn titel deelt Albertus dus mee dat hij de aard van de dieren volgens hun uiterlijk beschrijven zal en hij plaatst de beschrijvingen in alfabetische volgorde. Ongetwijfeld is het de beste manier om een reeks beschrijvingen voor leken hanteerbaar te maken, maar het is ook het ontlopen van een systematische opstelling.

In de boeken XX en XXI worstelt Albertus met het probleem van de schepping. Genesis verhaalt hoe de differentiatie van de levende natuur in volgorde plaatsvond. Na vijf scheppingsdagen verscheen ten slotte de mens: het voornaamste het laatst.

Volgens Platoon en zijn geestverwanten werd de mens het eerst geschapen (p. 38, 39) en vervolgens ontwikkelen zich uit de mens lager gedifferentieerde dieren: het voornaamste het eerst. Een opklimmende *scala naturae* voor de christenen, een afdalende voor de anderen. Johannes Scotus Eriguena (810–880), een Ierse in Frankrijk docerende godgeleerde, had al in de 9e eeuw deze controverse aan de orde gesteld.

Nu, in de 13e eeuw, ligt een oplossing voor de hand. Indien men de schepping als simultaan opvat, en de scheppingsdagen verklaart als scheppingsfasen van een schepping die in een oogwenk plaatsvond, is het vraagstuk uit de weg geruimd. Iedere christen kan dan Platoons *scala naturae* bestuderen, beginnende bij het hoogste en daarna lager geplaatsten in beschouwing nemen zonder in botsing te komen met de loop der gebeurtenissen waarvan Genesis spreekt.

Albertus koos toch een fraaier antwoord. De mens is het hoogste, de top van de *scala*. Hij is onvergelijkbaar, werd volkomen gescheiden van de dieren geschapen: *solus homo nexus est Dei et mundi eo quod intellectum divinum in se habet* (*De Anim.* XX, v). Het was een fusie van enerzijds een stelling van Aristoteles en anderzijds van verklaringen van kerkleraren. Thomas was het ermee eens. Alléén de mens en niets anders is de verbinding tussen God en de wereld, omdat hij goddelijk besef in zich draagt. En daarom: de mens eerst.

De mens bezit, als enige, *anima rationalis, divina*. Gewaarwordende dieren bezitten *anima sensibilis*. De schakel tussen de categorieën in de *scala*, tussen mens en aap – het hoogste dier met *anima sensibilis* – is de *Pygmaeus* 'die weliswaar praten, maar niet disputeren of over *universalia* spreken kan.'

Aristoteles' materiële menskenmerk bij uitstek, de hand (p. 65) eist natuurlijk ook Alberts aandacht. Welnu 'de *Pygmaeus* gebruikt zijn hand voor allerlei bezigheden, maar niet om kunstwerken te maken en dit mag doen besluiten dat zijn hand niet ten volle de intelligente vaardigheid van de mensenhand bezit.' Apen zijn het slag dieren (*genus*) dat de mens het meest gelijkt vanwege de ronde kop, de onbeweeglijke halfronde oren, een hand met lange vingers enz., en hun gedaante en gedrag bewijzen dat zij 'zielvermogens herbergen, meer gelijkend op die van de mens dan op die van andere, redeloze wezens'.

Het verstand van viervoeters en vogels laat zich bemeten aan leer- en imitatievermogens, van waterdieren aan hun bewegingen en reacties op het milieu. Vissen zijn het hoogst in de *scala* geplaatst wat waterdieren betreft en sponzen het laagste. De struisvogel is een schakel tussen vliegers en lopers: dit was een verbetering van Aristoteles' oordeel (schakel tussen zoogdieren en vogels).

Een vernieuwde rangschikking van ongewervelde zeedieren stelde Albertus voor, volgens de *scala naturae*, van meer naar minder perfect. De spons is het laagste organisme (*Lib.* VI).

A. Cefalopoden (*Malachye*)
B. (met breekbare huid) (krabben, *animalia mollis testa*)
C. (met harde huid) (schelpdieren, *animalia duris testa*)
D. zeeëgels (*Yricii marini*)
E. zeesterren (*Mastuc*, Actinidia)
F. zeesterren, holothuria (*Lignei*)
G. Pennatulidae, Gèphyridae (*Veretrale*)
H. Serpentini (Annelidae, Polychaetae)
I. Medusae (*Flecmatici*)
J. Spongia marina (Sponzen).

Thomas van Cantimprè, Albertus' ordebroeder en leerling, rangschikte de dieren als *gressibilia* (lopers, met inbegrip van de mens), *volatilia* (vliegers), *natatilia* (zwemmers, ook wel *aquatilia* genoemd), *reptilia* (kruipers, ook wel *serpentes* genoemd), en *vermes* (wormen, dat is allerlei klein gespuis). Balss (Albertus Magnus als Zoologe; 1928), kenner van Albertus' biologie als geen ander, wees erop dat Thomas van Cantimpré en Albertus (in de vijf laatste delen van *De Animalibus Libri* XXVI) dezelfde rangschikking volgden en zodoende de Aristotelische groeperingen niet streng handhaafden maar bijpenseelden om de groepen meer in letterlijke overeenstemming met het scheppingsbericht te brengen.

Naar de gedrukte tekst is dit zo, maar ik merk op dat Albertus en zijn volgeling uit geloofsijver een biologisch-systematische fout begingen die Aristoteles vermijden wilde. De Albertijnse groepen zijn functionele groepen. Morfologisch lijkt het nergens op, zo zijn de *natatilia* walvisachtigen, vissen, krokodillen, schaal- en schelpdieren en sponzen samen. Een gevolg hiervan was dat de walvisachtigen in de volgende eeuwen als vissen werden beschouwd, onder meer door Gesner en door Rondelet.

Methodisch was bovendien de maatregel van de doctor universalis in strijd met de voorschriften van de Filosoof. Functie kreeg van Albert een absolute prioriteit bij de begrenzing van de groepen en dit was in strijd met Aristoteles' leer, die functie een gebonden prioriteit toekende. Functie is bepalend voor de vorm van de organen, maar zonder de materialisering van de organen is functie onbestaanbaar. Daartegenover beheerst, volgens Aristoteles en volgens de natuur, functie niet de vorm van het hele organisme. Voor het hele organisme zijn levensvatbaarheid en doelmatigheid primair (en die conclusie is weer in overeenstemming met Alberts rangschikking).

De doorslag geeft dat Aristoteles en Theofrastos de begrenzing van taxa door slechts één eigenschap verwerpelijk achtten, en dat was nu juist wat Albertus en Thomas van Cantimpré toepasten. Zij waren in biotheologische zaken essentialisten volgens functie terwijl voor zover de latere systematiek op essentialisme rustte dit essentialisme uit vormen afgeleid betrof (Tournefort, Linnaeus).

7. *In de 15e eeuw groeit het gezag van maat en getal*

Tijdens de Renaissance kreeg het besef dat maten, getallen en rekenkundige bewerkingen bij de studie van de levende natuur onontbeerlijk zijn, vaste voet en een vooraanstaande plaats in het denken van de natuuronderzoekers. Het bleek dat wiskundige uitkomsten voor de opbouw van conclusies over waargenomen verschijnselen in de levende natuur dwingend zijn. Omstreeks het begin van de 16e eeuw begon, daarmee in overeenstemming en daarop gericht, het analyserende zien (V.7).

Tekeningen die Leonardo da Vinci, A. Dürer en anderen in hun tijd maakten verschillen van vroegere kunstwerken onder meer door hun mathematische nauwkeurigheid. Men kan niet alleen de vormen maar ook de afmetingen van de lichamen van mens en dier met behulp van die afbeeldingen bestuderen.

Leonardo schreef: 'Slechts dan ontstaat zekerheid indien een van de wiskundige [mathematische] wetenschappen, of iets wat van deze wetenschappen deel uitmaakt, op het vraagstuk toepasbaar is.' Het is de inhoud van talrijke uitspraken vóór hem (o.a. Pythagoras, Platoon, Cusanus) en na hem (o.a. Galileo, Newton, Kant, Einstein).

Tellen is de eenvoudigste wiskundige bewerking. De opzettelijke toepassing in de biologie van die bewerking op onderling gelijke delen of eenheden dateert van de 15e eeuw. Tevoren ontbrak die noodzaak. De bekoorlijke afbeelding van Guichelheil (*Anagallis*) in de *Codex Aniciae* (II. 4) heeft uren gevergd van aandachtig toezien om getekend te kunnen worden, maar de bloempjes hebben 4 kroonblaadjes (er zijn er 5). Albertus Magnus, die als dominicaan zijn verre reizen te voet moest maken en daardoor zo schone gelegenheid had al wandelende de natuurkinderen te bezien, telde vier 'gelijke bloemdelen' in de 5-tallige Akelei.

Het is niet moeilijk meer voorbeelden aan te voeren, en leerzaam te constateren hoe traag de strenge telkunst bij natuuronderzoek gemeengoed werd. Francis Bacon telde bij Bernagie (*Borago officinalis*) 4 kroonblaadjes (terwijl Albertus al zovele eeuwen vroeger bij goed geluk tot vijf geteld had). Van Rheede tot Drakensteins tekenaar beeldde, in de tweede helft van de 17e eeuw, *Caesalpinia pulcherrima*-bloemen met 9 meeldraden af (10 is goed, en de rode, ver uitstekende meeldraden zijn centimeters lang). Hij noch zijn medewerkers zagen de fout (Hortus Malabaricus VI: 1).

In de 16e eeuw won het getal (de hoeveelheid) steeds meer aan bewijskracht, in de 17e eeuw leverde het 't bewijs van grote ontdekkingen (Harvey en de grote bloedsomloop), in de 18e eeuw speelde het getal een hoofdrol in het sexuele systeem van Linnaeus.

Vijftiende-eeuwse werkstukken die de systematiek bij zijn ontwikkeling konden steunen, waren compilaties van informatie over planten en dieren. De encyclopedie van Bartholomaeus Anglicus (IV.4), het Puch der Natur (IV.5) en de Herbarius zu Teutsch (IV.6) waren de voornaamste. Voor de systematiek was de 15e eeuw een eeuw van voorbereiding. Naast de compilaties van berichten over planten en dieren en de naturalistische beeldende kunst vormden zich wijsgerige methoden en theologische inzichten, die bijdroegen tot de hervatting van taxonomisch onderzoek in de 16e eeuw.

In de 15e en 16e eeuw floreerde een bezigheid die al van lang vóór de Renaissance dateerde, biologisch borduurwerk dat sinds Carus (1872) filologische systematiek genoemd wordt. Dit doelt op systematische publikaties die een zo groot mogelijke hoeveelheid informatie geven over de etymologie van plant- en diernamen. Zowel de naam die de auteur voor een plant of dier bij voorkeur gebruikt – nieuw of gekozen uit de bestaande voorraad – als de vroegere namen krijgen een filologische toelichting ter verklaring en niet zelden

is de mengeling van taal en biologie méér bewijs van de ijver en de vindingrijkheid van de auteur dan van zijn kennis van taalwetten en van de levende natuur.

Een filologiserende schrijver verzamelt zoveel namen voor hetzelfde organisme als hij maar in de bestaande literatuur kan vinden en in de regel vermeldt hij niet alleen de gevonden naam, maar tegelijkertijd ook de informatie die in de vroegere literatuur met de naam verbonden was. Bewijs dat dezelfde, lang geleden gebruikte naam inderdaad op hetzelfde organisme betrekking heeft gehad, is dikwijls niet of nauwelijks te leveren. Hoe wankel en hoe naïef deze pogingen om de historie van plant- en diergroepen na te vorsen ook waren, zij zijn onmisbaar voor nadere studie. Van de elders (p. 181) genoemde publikaties noem ik het woordenboek van Mattheus Sylvaticus, in het begin van de 14e eeuw in Salerno geschreven en pas in 1474 in Bologna gedrukt.

8. Begin van de wetenschappelijke systematiek; Cesalpino en de Bauhins

Het *herbarium* van Luca Ghini (1490, kasteel Croave bij Imola - 1556, Pisa) behoort tot de oudste Westeuropese; een *herbarium* begrepen als een verzameling van gedroogde planten die op stevig papier (met lijm) bevestigd zijn. In de 16e eeuw heette zo'n collectie *herbarium vivum*, ter onderscheiding van *herbarium* of *herbarius*, de naam voor een geschreven of gedrukt kruidenboek. Synoniem met *herbarium vivum* is *hortus siccus* (droge tuin) en ook *hortus hiemalis* (wintertuin), want de droge planten konden 's winters bestudeerd worden als werkzaamheid buiten onmogelijk of bezwaarlijk was.

Luca, daartoe in staat gesteld door Cosimo I de Medici, begon in Pisa een botanische tuin waarschijnlijk nadat hij daar *lector simplicium* geworden was (1534). Zo'n professoraat in de medische faculteit had de medicamentenstudie ten doel en was dus ook het onderwijs in de botanie toevertrouwd. Het was de tweede Europese leerstoel, de eerste werd ingesteld in Padua (1533). Luca Ghini werd in 1538 *professor simplicium* in Bologna. Hij publiceerde niets, was een zeer goede waarnemer van planten en een uitstekend geleerde, die zijn talrijke leerlingen wist te inspireren door vernieuwde werkwijzen en opvattingen bij het onderzoek. Het werk van voorgangers moet men volgen indien het de toets der kritiek kan doorstaan en afwijzen als het te licht wordt bevonden. Het was een nieuw wetenschappelijk beleid dat terzelfdertijd in Frankrijk met enthousiasme verdedigd werd (vgl. Fernel). Ghini begreep dat voor vruchtbaar systematisch-biologisch onderzoek levend en dood materiaal beschikbaar moet zijn. Na zijn verblijf in Pisa steunde hij de aanleg van een botanische tuin in Firenze (1550) en hij placht herbaria met commentaren naar collega's te zenden. Daaraan is het te danken dat van Ghini's opvattingen geschreven gegevens behouden bleven. In 1907 verscheen een deel van zijn commentaren bij een zending herbarium (56 exemplaren) aan zijn leerling Mattioli (p. 201) in druk (De Toni, Imp. Regio Istit., Veneto).

De bijschriften van Ghini bewijzen dat hij trachtte door zijn planten vergelijkend morfologisch te onderzoeken de traditionele groepen (vaak *genera* genoemd) in meer homogene taxa van geringere omvang te verdelen (vgl. Morton 1981: 156).

De leerling van Ghini die tijdens zijn leven en in de eeuwen daarna in de biologie een vooraanstaande plaats zou innemen, was Andrea Cesalpino (IV.20). Hij verwees met grote genegenheid en respect naar zijn leermeester in zijn *De Plantis Libri* XVI (1583). Ray en Linnaeus erkenden bij herhaling de grote betekenis van Cesalpino's nieuwe aanpak van de systematiek. Hij was, zei Linnaeus (1750), de eerste echte systematicus. Sachs, in zijn

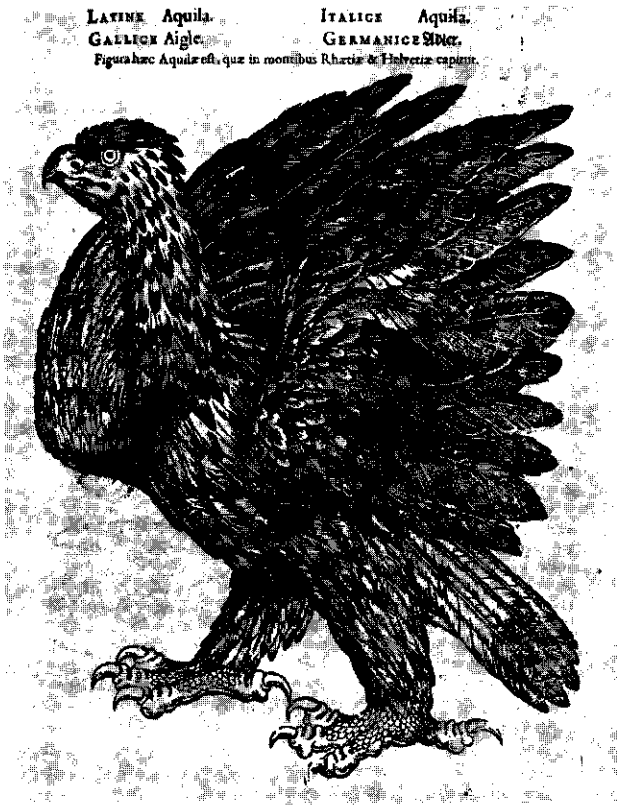


Fig. 75. Arend, afbeelding in *Icones Avium* (ed. *Tertia*, 1606) door K. Gesner (IV.13). De tekening schiet te kort in nauwkeurigheid, maar maakt indruk door de krachtige expressie. Dit, schrijft Gesner, is het portret van de arend die in de Zwitserse bergen gevangen wordt. Niet 'leeft' maar gevangen wordt. Het enthousiasme van de jagende veldbioloog is te proeven en te zien. (Teylers Stichting.)

Fig. 76. Eenhoorn in *De Quadrupedis Viviparis* (lib. I, 1551: 781), door K. Gesner (IV.13). Hij merkt op 'zoals de schilders hem heden ten dage afbeelden en waar ik niets met zekerheid van weet' (Teylers Stichting.)

Geschichte der Botanik (1875), daarentegen was vol kritiek. Als plantenfysioloog van grote bekwaamheid en reputatie overschatte hij de eigen discipline zozeer, dat hem de waarde van zusterdisciplines ontging. Van systematiek had hij geen begrip, evenmin als van Cesalpino's kwaliteit.

In het overzicht van de 16e-eeuwse biologie (IV.20) bleef Cesalpino's systematiek achterwege. Zijn poging om de levende natuur te ordenen rust op Aristoteles' biofilosofie. De eeuwenoude gewoonte om zoveel mogelijk dieren en planten te beschrijven en de gegevens te bundelen, wilde Cesalpino afschaffen. Met behulp van morfologische gegevens die vroeger niet benut of bekend waren moet, samen met het vanouds bekende, een nieuw systeem ontworpen worden, een ordening van het plantenrijk gebaseerd op zorgvuldig, tot dat doel gekozen eigenschappen. Het systeem zou door empirisch, vergelijkend en verreikend onderzoek aan het licht moeten komen, kortom een systeem dat de ware verwantschappen (vormverwantschappen) zoals die door de natuur tot stand gebracht zijn, demonstreerde.

Cesalpino (en Ghini) kenden en bewonderden Theofrastos' plantkunde die tijdens de Renaissance in Italië beschikbaar kwam (p. 74) en verklaarden dat in Theofrastos' boeken voor de goede lezer de aandrang om een rangschikking te ontdekken, zoals hen voor ogen stond, merkbaar aanwezig was. Aristoteles verschafte Cesalpino de methode en Theofrastos wees hem de richting die hij gaan moest.

Cesalpino's voortdurende aandacht voor levende planten, die hij kweekte, waarvan hij de ontwikkeling op de voet volgde en die hij werkend in de tuin en in Ghini's herbarium identificeerde, maakte hem een ervaren botanicus. Hij bracht een eigen herbarium bijeen. Op 260 vellen stevig papier plakte hij 768 planten; ze bleven in Firenze bewaard. Intussen maakten de identificaties uitvoerige literatuurstudies noodzakelijk en Cesalpino moest al spoedig erkennen dat systematisch-empirisch onderzoek steunende op de vroegere literatuur alleen onmogelijk tot bevredigende resultaten kon leiden. Hij was lang de enige niet die dit had ondervonden; denk aan Cordus (IV.10), Tabernaemontanus (IV.12) en Colonna (IV.19).

Voor een classificatie in overeenstemming met de natuur, die onbekende planten herkenbaar kan maken en die hen de juiste plaats in het systeem aanwijst, zijn geneeskrachtige eigenschappen als gidsen ondoelmatig. Dioskorides' rangschikking volgens die gegevens was een misser, zei Cesalpino, die evenals Ghini Dioskorides dikwijls bekritiseerde. Een alfabetische rangschikking is al evenmin bevredigend. Eigenschappen die tot de ware aard van de plant behoren moeten over zijn natuurlijke plaats beslissen, en geen *accidentia* zoals reuk of smaak, of groeiplaats of nut, of maten die van bodem, seizoen, klimaat afhankelijk zijn. We moeten de overeenkomstigheden en de verschillen tussen datgene waaruit de wezenlijke aard van planten bestaat (*plantarum substantia*) vinden en in overweging nemen en niet de bijkomstigheden. Eerst de kern leren kennen en daarna de *accidentia* aanwijzen.

Hij koos een voorbeeld uit de dierenwereld ter verduidelijking. Bewegende organen (zoals benen en handen) gehoorzamen zielactiviteiten. Op grond van zielverschillen kunnen vervolgens organismen onderscheiden worden, omdat de orgaaneigenschappen ook verschillen. Indien nu het verstand (*intellectus*), betoogde Cesalpino, evenzo organen zou beheersen als de ziel om zijn werkzaamheid kenbaar te maken, zouden de mensen op grond van orgaaneigenschappen in soorten (*species*) ingedeeld kunnen worden. Nu is echter het intellect juist datgene wat de mens maakt (*per quem homo est*) en het intellect behoeft of gebruikt geen bijzondere organen, zodat 'de natuur deswege maar één mense-

soort kent', en reuzen of andere buitenbeentjes geen soorten maar *accidentia* zijn. Cesalpino gebruikte in deze passage en elders de termen *genus* en *species* in de wijsgerige Aristotelische zin, niet volgens post-Linneaanse opvattingen.

Deze stelling drukte Cesalpino's te voeren beleid uit: 'wetenschap is synthese van het overeenkomstige en analyse van het verschillende.' In plaats van 'wetenschap' had hij ook 'systematiek' mogen zeggen.

Fysiologie, morfologie, embryologie, systematiek en de theorie van plantkundig onderzoek komen in de veertien eerste hoofdstukken van het eerste boek van *De Plantis* (1583) aan de orde. De vijftien volgende boeken bevatten korte, diagnostische beschrijvingen en notities over omstreeks 1500 plante-'soorten', geordend volgens Cesalpino's systeem. Twee disciplines vlechten het richtsnoer voor de indeling, wiskunde (tellen) en morfologie. Het betekent dat drie *modi* of hoofdeigenschappen als eerste gegevens moeten worden vastgesteld, te vinden in de planteorganen, namelijk aantal (*numerus*), plaats (*situs*) en vorm (*figura*) (p. 204). Na deze *fundamenta divisionis* - die men logischerwijs moet ontlenen aan het orgaan dat van nature groepen duurzaam in stand houdt, de vrucht - kunnen onderverdelingen volgen.

> ... 'Veel plantenklassen worden kenbaar door hun vruchtvormende organen, want in geen andere delen van de planten heeft de natuur zo'n verscheidenheid aan vormen doen ontstaan met zoveel kenmerkende eigenschappen als van vruchten tijdens hun ontwikkeling.'

Scheidslijnen moeten dus getrokken worden volgens waarnemingen gedaan aan vruchten en aan vruchtvormende organen. Eigenschappen van blad, stengel, en wortel wettigen geenszins de afzondering van kleine groepen, die uiterlijk een duidelijke samenhang vertonen.

'Aantal' is belangrijk, bij voorbeeld het uiteenvallen in delen van rijpe vruchten, of indien een vrucht uit enige (zaad)compartimenten bestaat.

Bloemorganen zijn van ondergeschikt belang en daarbij ontkende Cesalpino dat van enigerlei sexualiteit bij planten sprake zou kunnen zijn. Hij maakte geen onderscheid tussen vrucht en zaad (evenmin als Theofrastos).

Bewijs dat hij de juiste beginselen voor een natuurlijke systematiek gevonden had, was voor Cesalpino de overweging dat planten slechts een voedende (vegetatieve) ziel bezitten. De voedende ziel bewerkstelligt voor alle planten gelijkelijk voeding, groei en voortplanting. Avicenna had dit uit Aristoteles' verhandelingen begrepen en Cesalpino was het daarmee eens. Daarmee was de eerste scheiding, tussen planten en dieren, gegeven.

Kiest men nu van de plantezielvermogens groei met voorrang, dan moeten wortel, stengel en blad de organen zijn die de voornaamste groepen kenmerken en deze moeten vervolgens verder worden gerangschikt. Zulke groepen, afgezonderd dank zij verschillen in groei, zijn echter onvatbaar voor nadere verdeling. Wel kan nog, volgens Theofrastos, een indeling aanvaard worden die bomen en struiken samen enerzijds, en heestertjes, vaste planten en kruiden samen anderzijds plaatst, maar deze heterogene groepen, afgezonderd volgens groei, kunnen vervolgens toch niet bevredigend in kleinere eenheden gerangschikt worden op grond van vegetatieve groeiresultaten. Voeding laat zich niet hanteren. Voortplanting wil zeggen vruchtvorming, en geeft men die zielactiviteit de leiding, dan verschaft vergelijkende studie ons al dadelijk *differentiae*, verschilkenmerken voor natuurlijke groepen die zich zeer wel in kleinere laten splitsen. Cesalpino vergeleek het plantenrijk met een leger (zoals Aristoteles deed, *Metaphys.* XI, 1075 a 10) en trof 32 regimenten aan die in drie divisies werden opgesteld.

A. Arbores (bomen en struiken):
1. éénzadig (eik, noot, perzik, pruim)
2. tweedelig (populier, wilg)
3. driedelig (buxus, myrte)
4. vierdelig (kardinaalsmuts)
5. veeldelig (appel, naaldbomen).
B. Heestertjes, overjarige en eenjarige kruiden:
1. éénzadig (valeriaan, duizendknoop, grassen, zegge)
2. tweedelig (schermbloemigen, peuldragers, kruisbloemigen)
3. driedelig (wolfsmelk, lelie, viooltje)
4. vierzadig (ruwbladigen, lipbloemen)
5. veelzadig (composieten, Amarantaceae, Malvaceae, katoen, papaver).
C. Zaadloze planten:
1. Varens
2. Mossen
3. Algen
4. Fungi

Van de 32 regimenten in de bovenstaande opsomming kregen enige de familienaam die zij tegenwoordig dragen en andere duidde Cesalpino met een voorbeeld aan.

Het cultuurhistorisch belang van Cesalpino's methode is dat hij het profijtbeginsel als maatstaf voor rangschikking resoluut verwierp. Wetenschap spoort de ware aard van de levende wezens op en systematiek is de natuurlijke rangschikking (van de planten) door synthese en differentiatie van eigenschappen die de natuur in de organismen opriep. Profijt, medicijn, voedsel zijn daarbij niet in het geding. Gezocht wordt naar de natuurwetenschappelijk verantwoorde vertolking van de bouw of structuur van het bestel der levende organismen. Allereerst beslist de staat van de ziel over de natuurlijke rangschikking. Deze leert men kennen uit de schepping (de mens) en door de fysiologie. Logisch construerend volgt daaruit de hiërarchie van de natuurlijke groepen.

De handelaar, de dokter en de boer zij het toevertrouwd medicijn, voedsel en handelswaren nader te bewerken en toe te passen, geholpen door de zekerheid die een bekende identiteit van het natuurprodukt verschaft.

Kritiek bleef niet uit. Een formidabele tegenstander was Bernardino Telesio (1509–1588), een humanist die *De Natura Rerum Iuxta Propria Principia* schreef. De titel verkondigde zijn voornemen om het wezen der dingen te koppelen aan de ware inzichten. In 1565 verschenen de eerste delen en in 1586 het laatste. Zijn *Academia* in Cosenza onderbouwde de analytisch-inductieve methode voor natuurwetenschappelijk onderzoek zoals later door o.a. Bacon bepleit zou worden. Telesio betoogde – hij was neo-Platonist – dat weliswaar de zichtbare wereld door de bovennatuur geregeerd wordt, maar dat de wereldgeest uitsluitend en alleen met mathematisch en mechanisch begrijpelijke wetten deze heerschappij uitoefent. Leven en levende organismen zijn mogelijk omdat de materie de causaal-mathematische wetten gehoorzaamt die God en zijn Kerk hebben ingesteld.

En Cesalpino, een van de 'secretarissen van de Natuur', gaf geen blijk dit goed te begrijpen met zijn systematiek die een zielactiviteit voorop stelde waarover geen empirische gegevens verkrijgbaar zijn. Een vitalisme dat van Aristoteles afkomstig is, en een scholastieke natuurorde zijn dwalingen, zei Telesio, van Cesalpino, die 'uiterlijk trouwe' zoon van de Kerk. Vitalisme en Aristoteles zijn kerkvijandig. Wanneer natuurwetenschap en

christelijke leerstellingen botsen, vervolgde Telesio, heeft de Kerk het volste recht te beslissen, maar Cesalpino denkt zoals Aristoteles, dat feiten de doorslag kunnen geven.

Cesalpino's betekenis als bioloog en als systematicus werd pas veel later naar waarde geschat. Van de 16e-eeuwers was hij de belangrijkste taxonoom. Het werk van zijn eeuwgenoten mag echter niet onbesproken blijven.

Bij de aantekeningen over vroegere pogingen om een plantensystematiek op te stellen (door Bock (p. 184; 1539), Dodoens (p. 197; 1554), Clusius (p. 200; 1601) en Colonna (p. 203; 1606)) voeg ik nog iets over De l'Obels proefworp. Lobelius (IV.17) nam zich in 1571 voor (*Stirpium Adversaria Nova*) orde te scheppen in de plantenwereld, omdat 'niets schoners in de hemelen of in de geest van een wijs man' bestaat en omdat geheel en al verschillende dingen door ordening als het ware verenigd worden. Hij begon, de christelijke weg volgend, bij eenvoudig gebouwde planten om daarna met steeds meer samengestelde verder te gaan. Zijn tijdgenoten waren niet anders gewoon. Eerst de grassen om met bomen te besluiten (Genesis). Bladeren waren voor De l'Obel opvallende wegwijzers. Zodoende komen keverorchis (*Listera*), dalkruid (*Maianthemum*), en grote weegbree (*Plantago major*) direct na elkaar. (Merk op dat bladvorm, bladrand en krachtige, evenwijdige lengtenerven overeenstemmen.) Evenzo staan klaver (*Trifolium*), klaverzuring (*Oxalis*) en leverbloempje (*Hepatica nobilis*) bijeen. Moeilijker valt het een strak gehouden richtsnoer te ontdekken bij de plaatsing van Eenzaadlobbigen met bijzondere bladeren. Aronskelk (*Arum*), *Tamus* en *Ruscus* staan hier en daar tussen Tweezaadlobbigen, en zonnedauw (*Drosera*) tussen varens. De afwezigheid van bladeren en het uiterlijk van de planten veroorzaken dat bremraap (*Orobanche*), schubwortel (*Lathraea*), vogelnestorchis (*Neottia*) en Fungi elkaar gezelschap houden, een gezelschap dat geen 18e-eeuwse systematicus meer zal kunnen bevredigen, maar dat niettemin saprofytische planten heel natuurlijk bijeen plaatst. Lobelius probeerde een gevorkte (dichotome) tabellarische opstelling.

J. d'Aléchamps (Dalechamp) wordt genoemd (p. 207–208) als auteur van een tweedelig werk getiteld *Historia Generalis Plantarum Lugdunensis* (1586–1587), dat was verschenen drie jaar na Cesalpino's klassieke boek.

Hij was arts in Lyon, met een drukke praktijk, die geleerd en schrander een Pliniusuitgave met de identificaties van de Pliniaanse planten schreef; een goede bijdrage tot de filologische botanie. Zijn werkwijze was overigens ook Pliniaans. Waar hij maar de hand op kon leggen, notities van vroegere auteurs of tijdgenoten, alles kreeg een plaats in zijn boek en hij voegde op eigen kracht gegevens over de flora van de omstreken van Lyon toe. Een deel van Hernandez' werk (uit 1535) over tropisch Amerika (p. 213) is vertaald in de *Historia* te vinden.

Van de 3000 behandelde planten liet D'Aléchamps meer dan 2500 houtsneden maken, afbeeldingen die niet zelden verdienstelijk zijn, maar tijd ze te controleren had D'Aléchamps niet, zodat soms van dezelfde soort diverse afbeeldingen als illustratie dienen. Overwerkt en kinds geworden, kon D'Aléchamps zijn werk niet voltooien. Zijn confrère Jean Desmoulins nam de publikatie op zich, hetgeen misschien een vriendendienst was maar dan toch een slordig uitgevoerde, want zelfs op de titelpagina komt D'Aléchamps naam niet voor, wel die van 'Johannes Molinaeus'.

C. Bauhin (p. 890) schreef een kritiek (waar overvloedig reden voor bestond) en in 1600 publiceerde een andere Lyonese confrère, J. Pons, een lijst van correcties.

De bedoeling een beredeneerd systeem op te stellen heeft D'Aléchamps te kennen gegeven, maar hij beschikte niet over voldoende plantenkennis om een ordening van het plantenrijk met succes te kunnen ondernemen. De *Historia* is ingedeeld in boeken, die elk

een onderwerp of groep behandelen. Het begint met bosbomen (Boek I), daarna struiken (Boek II), vervolgens gekweekte bomen (Boek III), granen (Boek IV) enz. D'Aléchamps' *Historia* was een potpourri met een Middeleeuwse nasmaak, maar dit kwam in de populariteit van de diverse uitgaven en de bijval van talrijke lezers niet tot uitdrukking.

Vermelding verdient de vernieuwing die de Praagse hoogleraar Adam von Zaluzian (Zaluziansky; p. 402) invoerde in *Methodi Herbariae* (3 boeken) in 1592. Ofschoon hij de planten volgens de *scala naturae* rangschikte, dat wil zeggen met grassen begon en met bomen eindigde - zoals Genesis en De l'Obel gedaan hadden -, begon hij de complete rij van de geschapen planten toch met de Fungi, liet de Mossen volgen en eerst daarna kwam de rest.

Tijdgenoten van Cesalpino en Ghini waren, in Zwitserland, de gebroeders Bauhin. Zij beoefenden de botanie met uitzonderlijke ijver, groot en blijvend succes en hun werk bleef veel gebruikte, nuttige informatie.

Johannes Bauhin junior (1541, Bazel - 1612, Montbéliard), zoon van een arts, studeerde in Bazel medicijnen en plantkunde. De Bauhins waren hugenoten en nadat Johannes Bauhin senior ternauwernood aan de brandstapel ontsnapt was, scheen het verstandig Parijs te verlaten en naar Antwerpen te gaan. Toen de protestanten daar afgeslacht werden vestigden zij zich in Amsterdam, en daarna in Bazel. Het opvallend dikwijls samengaan van een bijzondere biologische belangstelling en prestatie met een protestante godsdienstige overtuiging in de 16e eeuw heb ik ook elders gesignaleerd (p. 195-196).

In 1560 werkte Johann junior enige tijd bij Fuchs in Tübingen, in 1561 bij Gesner. Hij ondernam samen met Gesner Alpen-excursies, die een verrukking moeten zijn geweest. In 1561-1562 werkte hij bij Rondelet in Montpellier en in 1562-1563 bij Aldrovandi in Padua. Het is onnodig zijn verdere loopbaan te vermelden, zij het dat zijn professoraat in Bazel niet onvermeld mag blijven. In 1572 werd hij hofarts van de hertog van Württemberg en stadsgeneesheer van Stuttgart, waar hij een botanische tuin begon. Metterwoon vestigde hij zich in Montbéliard waar hij zijn *Historia Plantarum Universalis* voltooide en stierf. (Montbéliard werd overigens ook de geboorteplaats van Cuvier.) De *Historia*, een kolossale compilatie in 3 delen, verscheen meer dan een halve eeuw na zijn dood in druk (1650-1651) door de goede zorgen van de Zwitser D. Chabraeus. Het boek bevat diagnostische beschrijvingen van circa 5000 taxa, sommige zeer nauw verwant, maar Bauhin wilde ze toch onderscheiden. Meer dan 3400 matige afbeeldingen begeleiden de beschrijvingen. Een voorloper van de *Historia* was in 1619 verschenen (*Historiae Plantarum... Prodromus*), als resultaat van samenwerking met J.H. Cherlier, filosoof en medicus in Bazel, die als medeauteur op de titelpagina van de *Historia* vermeld wordt.

Naar verhouding heeft *Historia* toch weinig waardering ondervonden. Grote ijver en een onblusbare drift om alles over plantkunde bijeen te rapen wat maar mogelijk was, leidden tot een nuttig naslagwerk, al was het onkritisch. Als leerboek en handboek bleef *Historia* echter te weinig origineel, te onoverzichtelijk, te onhandelbaar. Dit verhindert niet dat talrijke Europese plantesoorten voor de eerste maal in Johannes' boek genoteerd en niet zelden goed herkenbaar beschreven werden.

Gaspard (Kaspar) Bauhin had een warme belangstelling voor de anatomie zowel als voor de botanie. Op beide disciplines kon hij zich toeleggen onder leiding van Felix Plat(t)er, medicus-hoogleraar in Bazel. Platter had een herbarium bijeen gebracht en bewaarde de collectie aquarellen die Weyditz vervaardigd had (p. 182; de voorbeelden voor de houtsneden in Brunfels' *Herbarum Vivae Eicones*). Mägdefrau (1973: 22) oordeelt dat

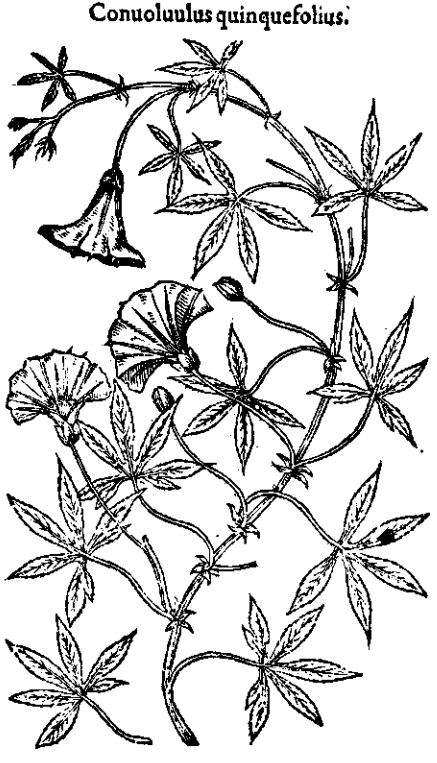


Fig. 77. *Convolvulus quinquefolius* in *Prodromus* (1620, p. 134) door C. Bauhin. De plaat van *C. althaeoides* (de tegenwoordig voorgeschreven naam) laat de bladeren uitvoerig zien, maar de stamper en meeldraden blijven geheel verborgen. De verdikte lengtezones in de vergroeidbladige bloemkroon zijn goed getekend in de hoogste bloem (drie van de vijf zichtbaar), maar fout geteld (p. 883) in de twee lagere bloemen. (Bibl. Landbouwuniversiteit, Wageningen).

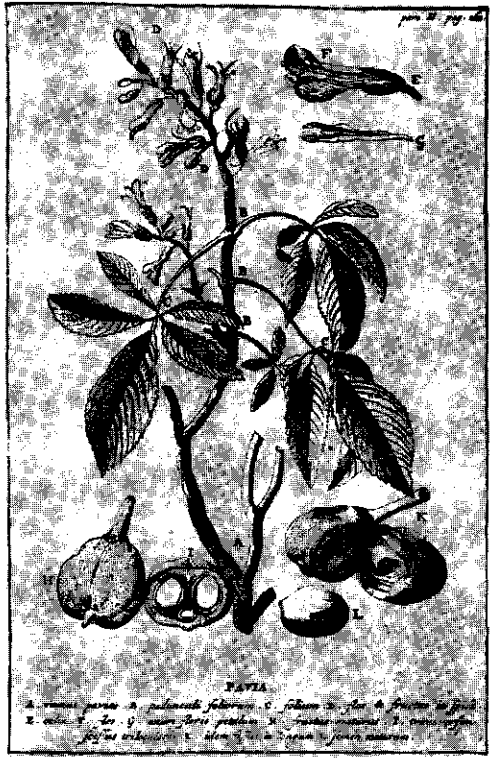


Fig. 78. Rode Pavia (*Aesculus pavia*), een Noordamerikaanse sierboom die in Nederland als parkboom geplant wordt. Plaat uit Boerhaave's Index Alter (1727, Part II, p. 260). Vergeleken met bij voorbeeld afbeeldingen in C. Bauhins *Prodromus* (figuur 89) valt op dat Boerhaave anatomische belangstelling heeft, vrucht en zaad meer in detail afbeeldt dan de bloemdelen (hij ziet de meeldraden wel, maar telt ze niet en laat ook de stamper buiten beschouwing). Linnaeus komt pas in 1735 naar Leiden, gaat dan met Boerhaave samen planten bekijken (X.16). (Bibl. Landbouwuniversiteit, Wageningen.)

deze 'volkomen natuurgetrouwe afbeeldingen van levende planten in hun geheel... slechts door Dürer geëvenaard werden'. W. Rytz publiceerde een aantal van de originelen die heden ten dage in Bern worden bewaard, in het Botanisches Institut. De opleiding in Bazel was beter dan op de meeste plaatsen in Europa, maar Kasper (1560, Bazel - 1624, ibid.) bezocht in overeenstemming met de gewoonte van zijn tijd, de krans vooraanstaande centra en studeerde enige tijd in Padus, Montpellier, Parijs en Tübingen (Fuchs). Hij promoveerde ten slotte in Bazel (1581), waar hij samen met zijn vader de medische praktijk uitoefende. Tijdens een pestepidemie toonde hij zich een bekwame en onbevreesde geneesheer.

Anatomie en botanie kreeg Kaspar als opdracht voor een professoraat in Bazel (1589). Samen met zijn broer had hij in 1591 een verhandeling over Planten met de Namen van Heiligen geschreven (*De Plantis a Divis Sanctisque Nomen Habentibus*) toen hij in 1614 zijn leermeester opvolgde.

Behalve een *Phytopinax* (1596) en een *Theatrum Anatomicum* (1605) publiceerde hij *Prodromos Theatri Botanici* in 1620 en *Pinax Theatri Botanici* in 1623 (heruitgave door zijn zoon Johannes in 1658). Als leerling van Fuchs had Kaspar aandacht voor Amerikaanse planten en zo kon hij in 1596 al een beschrijving van de aardappel geven, die *Solanum tuberosum* gedoopt werd en ter introductie de mededeling meekreeg dat de Bourgondiërs het eten van de plant verboden, want eters krijgen er naar zij beweren lepra van [let op de schil, signatuurleer].

De boeken van Kaspar zijn compilaties, betere dan tot dusverre verschenen waren. De plantebeschrijvingen tonen vooruitgang en gaan vergezeld van een zeer uitvoerige synonymie. Uit die namen van vroeger en elders zocht Kaspar de naam die hij gebruikt wilde zien, degene die het best op de plant paste. Niet zelden besloot hij tot een *binomium*, een Latijnse naam van twee woorden (de aardappel is een voorbeeld).

Kaspars drie hoofdwerken zijn resultaten van dezelfde, consequent vastgehouden aanpak: Zoveel mogelijk feitelijke gegevens bijeen brengen, zoeken naar een passende terminologie voor de beschrijving en naar een passende naam voor het taxon, nauwkeurig waarnemen en vastleggen.

De kleinere systematische eenheden kregen Kaspars volle aandacht. Hij streefde niet naar een systeem dat berust op gekozen grondslagen. Cesalpino en Bauhin waren beiden systematici, de eerste bouwde een systeem, de laatste beoefende de floristiek. Floristiek is plantkunde die inventariseert en aan de morfologische en topografische gegevens de omschrijving van de kleine en kleinste onderscheidbare taxa verbindt. De florist construeert geen systeem.

Prodromos bevat van circa 600 soorten de eerste diagnostische beschrijving; het is een geïllustreerd overzicht van nieuwigheden. Kaspar probeerde, zoveel hij kon, deze planten in de natuur waar te nemen, met tussenpozen om over hun groeiwijze en levenscyclus vollediger te kunnen berichten. Hij 'maakte herbarium', dat is planten inzamelen, pletten, drogen en bewaren.

Pinax - het Griekse woord voor 'afbeelding' - past begrippen zoals *genus* en *species* volgens onze opvatting vrij consequent toe. Bij benadering benutte Bauhin deze termen zoals ze na Linnaeus gemeengoed onder biologen werden, al slaagde niemand ooit in het vinden van een geheel bevredigende, praktische formule voor hun inhoud. Sinds Kaspar is een genus een van andere genera duidelijk verschillende groep soorten. Het laat zich verdedigen dat Kaspar de term genus begreep als een morfologische constellatie, een abstractie, verkregen door de synthese van gemeenschappelijke kenmerken van een groep

kennelijk verwante soorten. Soorten begrepen als verzamelingen van planten die onderling vrijwel gelijk van uiterlijk zijn terwijl elke verzameling deelneemt aan de begrenzing van het genus.

Genera duidde hij aan met een naam, een zelfstandig naamwoord waarvan hij de betekenis of afleiding verklaarde. Bauhins namen zijn niet zelden in gebruik gebleven (dank zij Linnaeus). Een omschrijving van genera gaf Kaspar niet. Misschien is de reden dat hij - denkend als een florist - geen noodzaak of neiging voelde om te trachten een groep van genusniveau technisch (met woorden) te begrenzen, misschien omdat hij vond dat genus begrepen als een (woord)signaal voor een groep soorten voldeed aan zijn bedoeling om de flora ordelijk beschrijvend op te sommen. Om taxa te onderscheiden bond Kaspar zijn oordeel niet vanwege theoretische overwegingen aan bepaalde organen, zoals Cesalpino, maar hij benutte kenmerken waar hij ze aantrof, bladeren, bloemen, vruchten, zaden en habitus.

Aan het uitvoerige voorbeeld in Mägdefrau's bespreking van Kaspar Bauhins Pinax ontleen ik gegevens over het onderwerp Gentianen. Kaspar schreef (vertaald):

> 'Gentiana: *Gentianè* [Gr.] *Dioskorides*, genoemd naar Gentius, de koning der Illyriërs, die de plant het eerste vond en ook de eerste was die de werkzaamheid van dit kruid in de oorlog ontdekte.'

Vervolgens somde Kaspar vijftien Gentiana's op, vier behorende tot de grotere *Gentiana alpina maior*, en vier tot de kleinere alpengentiaan, *G. alpina minor* en, zegt Kaspar, wie wil kan de vier kleine ook *Gentianella* noemen.

Bijna alle Gentiana-soorten die Bauhin met enkele woorden onderscheidde, zijn in de huidige systematiek als soorten gehandhaafd. Slechts één werd later in een ander, nauw verwant genus geplaatst. Ofschoon Kaspar dikwijls een genusnaam samen met een bijvoeglijk naamwoord als soortnaam toepaste, heeft hij toch de verbazende technische voordelen van een tweewoordige benaming niet begrepen (Linnaeus, X.19).

Omdat Kaspar zorgzaam alle namen die hij voor zijn planten in andere kruidboeken aantrof aan zijn beschrijving toevoegde, maakte hij enerzijds duidelijk welke plant hij precies bedoelde en, anderzijds, als hij zich in de interpretatie van het werk van anderen vergiste, maakte hij het latere botanici moeilijker om met zekerheid vast te stellen of men een Bauhinse plant goed geïdentificeerd had.

Omdat zijn herbarium in Bazel bewaard bleef, kunnen onzekerheden dikwijls opgelost worden door vergelijking van hetgeen hij schreef met de planten die hij in handen had toen hij zijn boek maakte. *Pinax* is onmisbaar voor de historische kennis van ca. 6000 plantesoorten, en bovendien door zijn methode en inhoud het begin van de moderne floristiek.

Uit de volgorde van de genera in *Pinax* moet begrepen worden welke gedachten Kaspar Bauhin over een natuurlijke rangschikking en de planten had. Hij begon met de grassen en eindigde met de palmen. Tussen begin en einde heeft hij de genera dikwijls zonder rijm of regel achter en door elkaar gezet. Tussen allerlei Vlinderbloemigen en distels verschijnen varens, algen, mossen, koralen (denk aan de Aristotelische steenplanten, *lithophyta*) en zonnedauw; Kaspar was florist en bekommerde zich nauwelijks over een indeling van het plantenrijk boven het genusniveau.

P. Richer de Belleval (1564-1632) studeerde bij Rondelet en begon in het jaar dat Hendrik IV hem als hoogleraar in Montpellier voor de plantkunde aanstelde (1593) de aanleg van de Botanische Tuin. De plantenlijst publiceerde hij in 1598 (*Onomatologica in Horto*

Monspeliensi). Politiek en religie richtten de tuin te gronde, maar in 1624 hervatte Belleval zijn pogingen een goed wetenschappelijk botanisch instituut in Montpellier op te bouwen.

Hij is een van de biologen die afbeeldingen in koper lieten etsen, maar slaagde niet ze te publiceren. Terecht schreef Davy de Virville (1954: 28) dat als de circa 500 planten uit de Pyreneeën, Cevennen en Alpen met hun beschrijvingen toen gepubliceerd zouden zijn, Belleval tot de beste beschrijvende botanici van zijn eeuw gerekend zou zijn geworden.

Bellevals erfgenamen hadden geen belangstelling voor zijn werk en de platen lagen in een schuur. Tournefort kreeg ze tijdens een bezoek aan Montpellier onder ogen. J.E. Gilibert (1741–1814), die in Montpellier studeerde, vond toevallig 300 stuks bij een boekhandelaar ter plaatse (misschien had de familie geprobeerd de platen te gelde te maken). Omdat Gilibert zonder uitstel op reis moest (1775), naar het toenmalige Polen, nam hij ze mee naar de universiteit van Grodno (Wilna of Vilinioes in Litauen). In 1792 verschenen 282 platen in druk als illustraties bij zijn *Exercitia Phytologica* (2 delen) vergezeld door de tekst van Belleval (waar Gilibert aan geknoeid had). Een deel van de originele koperplaten was verdwenen, hetzij op de terugreis uit Polen, hetzij in het revolutionaire Frankrijk (1789).

Toch ontdekte een Montpellier-botanicus in 1820 bij een boekverkoper aldaar 459 eerste afdrukken (hetgeen het vermoeden versterkt dat eens commercie beoogd werd). Geld om ze te kopen had de ontdekker niet en de universiteit van Montpellier gaf het niet, zodat Benjamin Delessert ze kocht. Planchon vond, weer later, nog eens vijftig afdrukken en hij heeft, samen met Davy de Virville dit triest verhaal verteld. De platen (en Giliberts uitgave) bewijzen Richer de Bellevals betekenis en zijn recht op een plaats in de historie.

9. *Dierensystematiek in de 16e eeuw*

Enige bijzonderheden over vroege zoölogische systematiek zijn verspreid in vorige paragrafen en hoofdstukken te vinden. Tot meer en wellicht beter begrip van de 16e-eeuwse diersystematiek volgen hier samenvattingen en mededelingen over werk van P. Belon (IV.22, V.14), G. Rondelet (IV.22; V.15), G. Fallopio (p. 256), V. Coiter (V.16) en U. Aldrovandi (IV.21).

P. Belon reisde dank zij steun van kardinaal De Tournon in het Middellandsezee-gebied en greep de kans om diernamen in de klassieke literatuur te toetsen aan ter plaatse levende dieren en aan daar verkrijgbare informatie. Zijn filologisch-biologisch onderzoek gaf goede resultaten. Hij stelde op Kreta vast dat de Griekse vogelnaam *merops* op de Bijeneter past. In zijn reisverslag (1553; p. 205) zijn dozijnen namen geïdentificeerd en staan notities over dieren die hij zag, bij voorbeeld op de Griekse eilanden, op de berg Athos en in de collectie gevangen levende dieren in Constantinopel. In Constantinopel bekeek hij ook giraffen en dat gelukte later in Egypte nog eens. Egyptische dieren vermeldde hij bij tientallen, over vele noteerde hij bijzonderheden, en bovendien beeldde hij ze af, o.a. de kameleon die niet van de lucht bleek te leven, zoals men placht te geloven. Het reisverslag bevat eveneens botanische gegevens.

Vogels die Aristoteles en Plinius beschreven hadden, waren onderwerp van een opstel geweest door W. Turner (IV.24), maar de moderne vogelsystematiek begint met Belon. Van de 7 'boeken' over de aard (Nature) van de vogels (1555) is het eerste een algemene

anatomische en biologische beschouwing en de zes volgende zijn elk aan een vogelgroep gewijd. Belon hecht eraan te verklaren dat hij Griffioenen, Harpijen, Chimeren en meer legendarische gevogelten heeft weggelaten. De zes groepen zijn, min of meer, (1) roofvogels, (2) watervogels, (3) kustvogels, (4) bodemnestbouwers, (5) vrij grote, overal nestelende vogels die zich met vlees voeden, (6) kleine heggevogels.

De struisvogel, de trap en de hoenderachtigen zijn natuurlijk in (4) te vinden, en (5) verenigt onder meer raven, spechten, duiven en papegaaien. De kleine heggevogels (6) behoren in drie groepen gerangschikt te worden: zaadeters, insekteneters en gemengde eters. Merk op dat drievoudigheid het systeem van Belon kenmerkt.

Veel van Belons conclusies zijn heden ten dage vergeten of verworpen en dikwijls is het moeilijk, ook wanneer men poogt volgens de richtlijnen te denken die zijn tijd hem en hij zichzelf voorschreef, te begrijpen wat hem bewoog om een scheiding of vereniging voor te stellen. Van blijvende waarde zijn vele rake waarnemingen en goed getroffen afbeeldingen.

Belon overdacht traditionele beweringen kritisch. Hij herhaalt het eeuwenoude sprookje van de brandganzen die uit rottend wrakhout ontstaan, maar tekent aan dat waargenomen werd hoe zij eieren legden. Daarmee wilde Belon niet aantonen dat de oude sage ontmaskerd was; hij bedoelde te zeggen dat de voortplanting door eieren waarschijnlijk leek en dat hout als herkomst de alternatieve mogelijkheid bleef. Ofschoon hij legenden uit zijn verslaggeving wilde bannen, slaagde hij maar ten dele.

Geplaatst in het kader van zijn 16e-eeuwse tijdgenoten komt Belon zowel als veldbioloog, als kamergeleerde en als anatoom als een der besten op de voorgrond. Zijn beschrijvingen en rangschikking tonen aan dat hij de verschillen tussen diergroepen tot op soortniveau onderzocht.

Een der heruitgaven van boek IX van Plinius' *Naturalis Historia*, dat de vissen behandelt, verscheen samen met Oppianos' 2e-eeuwse vissenboek (p. 114) in 1534. Het stimuleerde de belangstelling voor vissen en het heeft wellicht bijgedragen tot Belons vissensystematiek. Het is een redelijk vermoeden, want Belons vriend Gilles (Gyllius) schreef uitvoerig over de filologische vissensystematiek sinds de Oudheid (1533), en daarna nog eens in zijn Aelianus-uitgave van 1539 (p. 206).

Aristoteles' definitie van vissen (roodbloedige, van een skelet voorziene, pootloze, onvolgroeide eieren leggende waterdieren; p. 871, A.2.b.1) had Plinius genegeerd. Al wat in water leeft (en geen plant is) is voor Plinius vis. Vrij algemeen volgde de 16e eeuw Plinius op dit stuk.

Wotton (p. 208) keerde als hoge uitzondering terug naar de Aristotelische opvatting (in 1552); Belon in 1551 niet.

Belons natuurlijke historie van merkwaardige zeevissen is een kleine, geïllustreerde verhandeling, een voorloper van het rijk geïllustreerde boek over waterbewoners (p. 205), dat twee jaar later verscheen, in 1553 eerst de Latijnse uitgave, en daarna een Franse (1555) met een weinig gewijzigde tekst. Vissen zijn waterdieren, *aquatilia*, en waterdieren zijn vissen. In zee leven vissen met bloed zoals walvissen, dolfijnen, robben, zeekoeien en 'vissen'. In rivieren en meren leven ook vissen met bloed, zoals nijlpaarden, waterratten, krokodillen en schildpadden. Bloedloze vissen zijn bij voorbeeld schelp- en schaaldieren en stekelhuidigen.

Walvisachtigen zijn grote vissen, maar Belon wilde ze het eerst bespreken, want zij hebben een geraamte van been dat van de graten van de overige vissen verschilt en zij zijn levendbarend (deze opmerkingen heeft Belon ongetwijfeld bij Aristoteles opgedaan). In

volgorde verschijnen daarna haaien, roggen en steuren. Zij heten alle Cetaceae en omdat tonijnen en zwaardvissen groot zijn komen ze als eierleggende Cetaceae direct daarna aan de beurt. Platvissen voegt hij samen, en vervolgens komen de smalle, hoge vissen. Daarna de slang- of lintvormige zeevissen.

Dan drie groepen kleine zeevissen. Zij bevinden zich in open zee, of in kustwateren, of tussen rotsen. Zoetwatervissen - rivieren en stilstaand water - besluiten de rij van bloeddieren. Zeepaard (*Hippocampus*) en Zeenaald (*Syngnathus*) behoren tot de bloedige waterdieren, sectie Zeeafval (*Dejectamenta*).

Omstreeks 110 soorten vissen-moderne-stijl worden door Belon behandeld, van vele niet alleen de filologie, maar de anatomie komt ook ter sprake (p. 206, 261). Belon heeft talrijke diersoorten voor het eerst beschreven, sommige daarvan zeldzaamheden en enige werden pas een eeuw later opnieuw waargenomen.

Rondelet publiceerde zijn twee boeken over waterdieren in dezelfde jaren als zijn leerling Belon, 1553 en 1555 (p. 206, 262-263). Als ichthyograaf deed Rondelet niet onder voor Belon; integendeel, hij beschreef meer vissen beter.

De jaren vijftig zijn voor de vissensystematiek dus zeer vruchtbaar geweest. Gelijktijdig met Rondelets en Belons boeken verschenen afleveringen van Salviani's plaatwerk (p. 205), dat geen nadere toelichting behoeft. Van Gesners boeken over waterdieren verschenen o.a. in 1556 *Nomenclator Piscium*, in 1558 *Pisces*, en in 1559-1560 *Nomenclator Aquatilium Animalium*.

Rondelets begrip *aquatilia* is hetzelfde als Belons, maar Rondelet behandelde meer dan 300 *aquatilia*. Belon had zijnerzijds veel informatie opgedaan op zijn reizen in het Midden-Oosten en Egypte.

Rondelet schreef over 205 zee- en 59 zoetwatervissen en ruimschoots de helft daarvan zijn door middelmatige houtsneden afgebeeld. Vermoedelijk heeft Rondelet minder neiging gevoeld om zijn materiaal volgens een 'natuurlijk' systeem te rangschikken dan Belon, die hij als anatoom de baas was. De termen 'genus' en 'species' gebruikte Rondelet willekeurig, de ene en de andere nu eens voor grote en dan weer voor kleine groepen. Binnen een Rondeletse soort komen wel eens genera voor, hetgeen niets pro of contra zijn systematische begrip betekent. Het anatomisch onderzoek van vissen voerde Rondelet weliswaar beter dan Belon uit, maar gaf hem evenmin enige aanleiding om tot een systematische rangschikking te komen. Overigens, Rondelets 'systeem' wijkt weinig af van dat van Belon. Een *piscis cetaceus* is een 'grote vis'; Rondelet toonde echter de aanwezigheid aan van een middenrif bij walvisachtigen en de afwezigheid daarvan bij beenvissen (Carus, 1872: 363).

De Cetaceae krijgen samen met de Monsters en de zeeschildpadden een eigen hoofdstuk, het laatste van de zee-*aquatilia*.

De driekamerige bouw van het vissehart en de bouw van de kieuwen werden door Rondelet bestudeerd, maar hij bracht zijn bevindingen nauwelijks in enig verband met het uiterlijk of de morfologische verwantschap van de dieren.

Aan de beschrijvingen gaat een verhandeling over het leven, de lichaamsbouw en de fysiologie van de vissen vooraf. De volgorde van de onderwerpen is Pliniaans: het belangrijkste en lekkerste dier het eerst, en dat is voor mediterrane visliefhebbers de goudbrasem (*Sparus auratus*), de zgn. dorade. Dorades zijn beschubd en daarom volgen de beschubde vissen van de kust op de dorades. Hierna komen de tussen rotsen levende vissen (*saxatiles*), die zo gezond en lekker zijn. Vervolgens de kleinste visjes, nu eens jonge visjes en dan

weer visjes die uit slijk en zand ontstonden, door *generatio spontanea*. Aristoteles had dit al geweten.

Nog later behandelde groepen zijn (1) grote vissen, (2) bijna ronde vissen, (3) vissen die vrij rond, rood getint en dikkoppig zijn, (4) platvissen, (5) kraakbeenvissen en dan ook nog enige andere, zodat in deze reeks min of meer aan een morfologische rangorde gedacht kan worden.

Evenals Belon probeerde Rondelet de verhandelingen van voorgangers ontdaan van fouten te verwerken en hij kwam misschien wat krachtiger dan Belon tegen fabels in het geweer (p. 263).

Een studie die Schierbeek over Coiter in 1955 publiceerde, maakte het mij mogelijk een indruk te geven van diens diersystematiek.

Coiter stelde met behulp van aantekeningen door studenten in Padua tijdens Fallopio's colleges gemaakt (hijzelf woonde in 1557 colleges van Fallopio (p. 256) bij), een systeem op voor zoogdieren en voor vogels. Hij publiceerde ze in 1575, als een hommage, dertien jaar na Fallopio's dood.

Drie groepen dieren: land- en waterdieren en een derde groep daar tussen in. Drie groepen landdieren: met vliegvermogen (vogels en enige insekten), lopers (viervoeters) en kruipers (pootloos, slangen). De viervoeters zijn hetzij levendbarend (mens, grote dieren), hetzij eierleggend (schildpad, hagedis). Wie met deze globale indeling geen genoegen neemt kan bij Aristoteles of bij Gesner nauwkeuriger scheidslijnen (*divisiones*) vinden, verzekert Coiter zijn lezers. Ik teken aan dat zij, desgewenst, bij Gesner niets beters zouden aantreffen en bij Aristoteles een verbazend veel betere indeling.

Op gezag van Fallopio wilde Coiter Galenus volgen, die de viervoeters volgens *ordo* en *distinctio* in zes species indeelde en, omdat de Galenische hiërarchie de opwaartse weg baant naar inzicht in de anatomie van de mens, kreeg de rangschikking volgens Galenus Coiters voorkeur. Aristoteles komt hierbij niet ter sprake, en Coiter beweert dat hijzelf als leidsman bij de opstelling van een viervoetersysteem Leviticus kiest. Twintigsteeeuwers vragen zich af, omdat het voorgestelde systeem van begin tot eind Aristoteles herhaalt, zij het gebrekkig, of Coiter nu werkelijk niet geweten heeft dat hij een historisch scheve voorstelling van zaken bekend maakte: hij wilde het bijbelse model handhaven (Genesis en Leviticus; X.1) en Aristoteles doodzwijgen. Allereerst dan de viervoeters.

Drie groepen herkauwers: (1) met horens, gespleten hoeven en een vlezige, ruwe tong, (2) horenloos en met gave voet, (3) de overige. Tot (1) behoren o.a. vee, buffels, herten, schapen en geiten. Zij onderscheiden zich nog bovendien door het ontbreken van bovenkaaksnijtanden, drie magen, lange gewonden darmen en 'cotyledones' tijdens de dracht. In de 16e eeuw is dus één van de vier herkauwersmagen die Aristoteles ontdekt had, verloren gegaan. De dubbele herkauwersplacenta (cotyledones, zaadlobben) is echter goed genoteerd. Daarbij past de opmerking dat horens en gewei als gelijkwaardig beschouwd worden. Het is een volstrekt logisch standpunt want herten zijn beurtelings horenloos en gehorend en ooien steeds horenloos en rammen gehorend. Alle overgangen tussen blijvende, tijdelijke aanwezige en afwezige horens treft men aan.

Tot (2) behoort de kameel, op gezag van Leviticus 11 vs 4. Het is de enige vertegenwoordiger van zijn afdeling. Wie viervoeters met vogels vergelijkt constateert dat onder vogels de ganzevoet met de kameelvoet overeenstemt.

Tot (3) behoren o.a. egels en hazen, eekhorens, muizen en vleermuizen. Het zijn, dat wil Coiter toch erkennen, bijzondere herkauwers, want zij bezitten geen meervoudige

maag, hebben twee bovenkaaksnijtanden en een enkelvoudige placenta. Vermoedelijk heeft Coiter de herkauwende haas overgenomen zowel van Leviticus als van G. Pictorius, die deze in dichtmaat introduceerde (*Zootropheion seu Leporarium*; 1560). Ik denk dat herkauwen voor de beslissing de doorslag gegeven heeft, dat wil zeggen, het rumineren van de *Ruminantia*, het wrijvend, horizontaal heen en weer bewegen van de onderkaak om te kauwen. Een monografie over de herkauwers, die kort daarna in Ferrara verscheen en die Carus (1872: 344) somber bespreekt, heb ik niet kunnen raadplegen, terwijl men zich gaarne van het 16e-eeuwse begrip 'herkauwer' zou willen vergewissen (J. Aemylianus, *Naturalis de Ruminantibus Historia*; 1584). Zou mijn vermoeden gegrond blijken, dan wordt Coiters onderscheiding van de herkauwers een natuurlijke, dan heeft hij goed waargenomen en reden voor zijn besluit.

Een vooruitgang is, hoe dan ook, Coiters bevestiging dat vleermuizen geen vogels zijn. Nieuw was het niet, want Wotton had het in 1552 al bekend gemaakt. Belon beeldde de vleermuis af in zijn vogelboek (van 1555: 205). Hij wilde het dier *chauvesouris* noemen (en voegde dit woord aan de Franse taal toe) omdat het met een muis (*souris*) verwant is (affinité... avec une souris). Het dier heeft geen snavel, geen veren, wel tanden en daarom noemen de Fransen hem ook 'rattepenade', gevleugelde rat, schreef Belon. In 1599 draaide Aldrovandi de klok terug. Vleermuizen liet hij weten, zijn aan uilen verwante vogels.

Op hoge leeftijd krijgen hazen horens, verzekerde Coiter, zodat de afwezigheid van horens in (3) maar betrekkelijk is. Coiters en Fallopio's vergissing vloeit voort uit een eeuwenoude jagersgrap. In heel West-Europa (misschien zelfs nog daarbuiten) plachten jagers reebokhorens op de kop van een grote, opgezette haas te bevestigen, tot algemeen verbaasd plezier. Coiter en Fallopio slikten deze volksui als zoete koek maar Rabelais, die in 1534 naar gehorende hazen verwees (proloog van Gargantua), wist al beter. Na de herkauwers (*Ruminantia*, A,), volgt species B, de *Stereopodes* of gaafhoevigen, zoals paarden, ezels en muildieren (de naam *Stereopodes* komt van Aristoteles, maar het wordt niet vermeld).

Viervoeters met gespleten voet en tanden boven en onder, zijn species C, en wel varken en stekelvarken. Deze dieren lijken inwendig meer op de mens dan enig ander dier. Gedachtig aan Galenus hadden de geleerden van Salerno dit al betoogd (en deze vergissing veroorzaakte dat tot in de 19e (en 20e!) eeuw het varken de voorkeur genoot voor allerlei experimenten).

Als vierde species (D) de *Karcharodonta* (alweer een verzwegen naam van Aristoteles), dieren met een zaagvormig gebit. Men onderscheide viertenigen (wolven, honden, dassen, marters enz.). Ze kunnen verscheurende dieren genoemd worden, hebben een weke tong die zich tussen de tanden kan plooien, bezitten een *os penis* en ze lijken alle, in- en uitwendig, op honden. Verder zijn er dieren met vijf tenen aan de voor- en vier tenen aan de achterpoot, hetgeen samengaat met een platte snuit, haakvormige nagels en vlezige kussens op de tenen (leeuwen, panters, katten enz.).

Species vijf (E) bestaat uit voorover lopende viervoeters, met vier vijftenige voeten en die de voorvoeten als handen gebruiken (beren, wezels, hermelijnen, muizen, eekhoorns enz.).

Coiter en Fallopio merkten op dat sommige dieren uit (E) als *confundi* kunnen worden aangemerkt, want ze passen eveneens in (C) en ook in (A), de herkauwers. Schierbeek (1955) begreep het woord *confundi* in de betekenis 'verwarring veroorzakend' (in de rangschikking). Dit kan *confundi* betekenen, maar ik geef de voorkeur aan de oorspronkelijke klassieke betekenis van *confundi*, die 'samenvloeien' is. Dieren die in meer dan één groep

geplaatst kunnen worden, maken de samenhang in de *scala naturae* hechter. Zij verbinden. Ik heb deze Platonische vorm van verweven systematiek besproken op p. 874–875.

De zesde species (F) zijn dieren met het voorkomen van een aap: *Pithekoeidè*. Lynxen als eerste voorbeeld, ook al erkent Coiter dat sommige auteurs lynxen tot de wolven rekenen, en anderen tot de herten. Als tweede *Pithekoeidè*, saters. De derde plaats is voor de *Cynocephalè*, de hondskopbavianen, die als apen gebouwd zijn (ofschoon groter en sterker), maar die wat het gelaat betreft, op honden lijken. Daar mogen de staartapen, *Cercopithekè*, nog op volgen en ten vierde komen de eigenlijke apen (van mensapen wisten Coiter en Fallopio niet). We zijn nu, volgens een opwaartse reeks, in de nabijheid van de mens gekomen. Deze komt echter in dit systeem niet voor: de mens is geen dier.

Het pleit voor Coiter dat hij, het werkstuk overziende en verwijzend naar overgangsvormen zoals tussen water- en landbewoners (viervoetigen, kikker en schildpad), of tussen ongevleugelde en gevleugelde viervoeters (vleermuis), zich niet geheel tevreden voelde en na enige aarzeling adviseerde om voor andere, niet genoemde diergroepen of andere indelingen Aristoteles' *De Historia Animalium* toch maar te raadplegen.

Het systeem van Coiter en Fallopio is vergelijkend morfologisch en gekoppeld aan milieu en fysiologie (functie). De interpretatie is Platonisch, geen hiërarchie die elke component op de juiste plaats en niveau vastklemt. Het systeem is, vanzelfsprekend, een voorbeeld van de *scala naturae*.

Een belangrijke vernieuwing was een technische maatregel, die voor de botanie door Cesalpino min of meer aangeduid werd en door Kaspar Bauhin nu en dan werd toegepast: het tabellarisch overzicht, de gevorkte opstelling. Coiter begon deze aanpak voor de vogelsystematiek, een schoolvoorbeeld van een Platonisch gemodelleerd systeem.

A. Gevleugelde vogels. Zij vliegen (1) of zij vliegen niet (2). Om Coiters eerste scheiding te begrijpen moeten we voor ogen houden dat vliegen en niet-vliegen bijkomstigheden zijn. Het zijn functies verbonden aan voortbestaan en aan het milieu.

(1)-vogels hebben (a) gekromde klauwen en het zijn dan vleeseters. Zij kunnen door hun klauwen niet lopen en ook niet steeds op de rotsen blijven staan, daarom moeten ze, welbeschouwd, levenslang vliegen. De lichaamshoeveelheid van deze klauwvogels is klein, want het meeste voedsel wordt voor de vleugels en de bewapening verbruikt. Vogels die zichzelf door snelheid beschermen (b) behoren ook bij (1). Groep (c) zijn de vogels die allerlei verschillende ver uiteenliggende plekken plegen te bezoeken (reigers, ooievaars, kraanvogels).

(2)-vogels zijn zwaar en ze leven (a) op de grond, op graanakkers (zoals alle hoenderachtigen, en wel patrijzen, kwartels enz.), (b) op en in water (zwemmers en duikers), en (c) bij het water.

Een alternatieve manier van rangschikking, volgens de manier van vliegen, is de volgende.

A. Gestrekte poten en tenen tijdens de vlucht, poten lang, staart als roer (kraanvogels, ooievaars, reigers en die daarop lijken).
B. Poten en tenen tegen de buik getrokken tijdens de vlucht, zodat de poten geen belemmering zijn of zelfs een doel hebben, bij voorbeeld het grijpen van prooi (roofvogels).
C. Halslengte. Die een lange dikke hals hebben vliegen met gestrekte hals en die een lange dunne hals hebben vliegen met gebogen hals, want zo'n dunne hals heeft meer kans te breken. Korthalzigen vliegen met rechte hals.

Een derde manier van rangschikking is een indeling volgens habitat. Drie groepen: waterbewoners (A) die met korte poten en zwemvoeten (of 'zoals Plinius zegt: gesloten voeten') zwemmen. Moerasvogels (B) hebben lange halzen en poten, en vrijwel zwemvliesloze voeten. Zij zijn niet als zwemmers geboren, leven op glibberige, weke grond en omdat de natuur goed functionerende werktuigen maakt (organen) bezitten deze vogels lange poten en gerekte, wijd spreidende tenen met meer gewrichten dan gewoonlijk. Dan de laatste groep, vogels van het land (C), zoals kwartels, patrijzen en alle hoenderachtigen.

Ten vierde kan orgaanbouw als maatstaf en baken gelden. De snuit of mond heet bij vogels snavel en deze vervangt tanden, lippen en handen. Een snavel bestaat uit een met hoorn overdekt bot. In overeenstemming met de levenswijze is de snavel recht (pikkers), scherp (muggehappers), of haakvormig. Van deze laatste snavel zijn er twee toepassingen. De ene voor vleeseters, rovers en vechters dus (arenden, wouwen, katuilen enz.) en de andere voor planteneters (pellers, schillers, klimmers (papegaaien en *loxia* (?kruisbek)). Een sikkelvormige snavel treffen we omhoog gebogen aan (kluut) of omlaag gebogen (wulp, ibis (*numenus*)). Een brede snavel typeert vredige planteneters, is geschikt om groenvoer te plukken of uit de grond te rukken en vaak draagt de snaveltop nog een nuttig hoornen haakje. Eenden hebben in plaats van tandvormige uitsteeksels lamellen op de hele snavelrand. De knobbelzwaan (*olor* heeft een kegelvormige snavel met heel kleine sikkelvormige tandjes. Vogels die diep onder water voedsel zoeken zijn zowel langhalzig als langsnavelig. Gewoonlijk leven zij van dezelfde waterdiertjes als de zwemmers en zodoende is hun hals met een hengel te vergelijken, hun snavel met een vislijn voorzien van een haak. Spechten en vleeseters bezitten een forse, stevige snavel. En ten slotte, als laatste groep van het snavelsysteem, vogels met heel fijne snaveltjes, zegt Coiter die volledig wil zijn, bij heel kleine vogeltjes.

Kortheidshalve blijven hier nog andere groeperingen achterwege, maar in samenvatting moet toch het laatste systeem uit zijn verhandeling volgen, omdat Coiter dit zelf opstelde (*Ego hic... institui*). Het werd voornamelijk met gegevens uit de geschriften van Aristoteles en Plinius samengesteld. Coiter kan de paradijsvogels, die kort geleden ontdekt waren, zonder bezwaar in zijn systeem onderbrengen, want ze zijn pootloos (zie Aristoleles' *apodes*, A.2.a.1.4, p. 871).

Plinius, zegt Coiter, betoogde dat de gevleugelde dieren vooral door pootverschillen in samenhang met hun biotoop te onderscheiden zijn. Hij - Coiter - wil deze pootsystematiek uitwerken en Aristoteles daarbij betrekken.

A. Pootlozen: Vrijwel alle levensverrichtingen tijdens het vliegen. Poten zijn afwezig bij de paradijsvogels (de huiden kwamen zonder poten naar Europa), en bij enige zwaluwachtigen. Sommige zeebewonende vogels moeten tot deze groep gerekend worden. Drie subgroepen: (1) *Apodes maiores* (Grote Pootlozen), (2) *Sylvestres* (Bospootlozen) en (3) *Apodes minores* (Kleine Pootlozen). Schierbeek identificeerde (1955): (1) = sterns, (2) = nachtzwaluw en (3) = gierzwaluw.
B. Met poten. Hiervan onderscheidde Coiter *Fissipedes* (Splijtvoetigen) en *Palmipedes* (Zwemvoetigen).

Fissipedes (gescheiden tenen, geen tussenvlies of huid) zijn allereerst grond- en bosvogels. Zij eten graan en wormen, en hebben rechte, gestrekte tenen. Er zijn drie groepen, ten eerste een groep met drie tenen vooruit en één teen achterwaarts (alle hoenderachtigen, leeuwerik, duiven en nog talloze andere). Ten tweede een groep met drie tenen vooruit

en geen teen of een uiterst klein teentje achterwaarts. Géén teentje: de trap (*Tarda avis*) en de plevier (*Charadrius pluvialis*). Heel klein teentje: kievitachtigen, kraanvogels, kwartel, waterhoentjes, en alle watervogels met lange poten die van kleine waterdiertjes leven. Coiter kan dat kleine achterteentje verklaren, 'want voor de genoemde vogels zou een flink ontwikkelde achterteen hinderlijk zijn bij het rennen'. De derde groep heeft twee tenen vooruit en twee achterwaarts (oeverzwaluw, draaihals, geelgors, spechten en papegaaien).

Fissipedes met kromme tenen zijn weer in twee groepen te verdelen. Drie tenen vooruit en één achterwaarts vinden we bij haviken, valken enz. Deze vogels hebben haakvormige klauwen en Coiter tekent aan dat zangvogels die binnenshuis in kooien gehouden worden ook kromme nagels hebben, ofschoon zij geen vlees eten. De andere (tweede) groep heeft twee tenen vooruit en twee tenen achterwaarts (oehoe, torenvalk, havik en kiekendief).

Palmipedes (met zwemvoeten) hebben platte voeten en vliezen tussen de tenen. Hun voeten lijken door hun vingers op een palmblad. Zij hebben zwemvoeten hetzij als een samenhangend geheel, hetzij met drie verbonden voortenen en één achterteen (stappers, vliegers, en zwemmers zoals ganzen, zwanen en eenden). Het zwemvlies kan een eindweegs beneden de teentop eindigen zoals bij kluutachtigen. Een zwemvoetvlies dat tussen de tenen, en dat dus ook de achterwaartse teen met de voorwaartse tenen verbindt, treft men aan bij de aalscholver, die 'klaarblijkelijk om te vliegen en te zwemmen geboren is en niet om te lopen'. Een laatste groep zwemvoetigen heeft tussen de tenen slechts ten dele een vlies, of in het geheel geen vlies, of minder tenen. Sommige duikvogels zijn drietenig en deze zijn voorzien van min of meer gelobde vliezige verbredingen. We treffen dit aan bij *Columbae maiores*, de waadvogels. Als de middelste teen een gefranjerd vlies draagt, dan geeft Coiter de naam *trapazorolae* (futen) of *merguli* (dodaars). De meerkoet behoort tot deze laatste groep.

Een analyse van deze diersystemen toont aan dat Coiter en Fallopio steeds probeerden drietalligheid of -voudigheid te ontdekken, maar die geaardheid in overeenstemming met de Aristotelische biofilosofie. De *scala naturae* leert de natuuronderzoeker het samenspel van gedaante en levensomstandigheden. Het constateren van deze uiterlijke harmonie is afdoende bewijs voor een juist inzicht. Coiter en Fallopio, beiden vooraanstaande en bekwame anatomen, ondernamen geen begin van een poging om de inwendige morfologie met de uitwendige te correleren. Het lichaam komt pasklaar ter wereld om met doelmatige organen de levensverrichtingen uit te voeren, waartoe het bestemd is. Zij dachten niet essentialistisch over het natuurlijke bestel maar volgden Platoon en de neo-Platonisten. Al naar hun biofilosofische en religieuze voorkeur, begeleid door de levende natuur, rangschikten 16e-eeuwse zoölogen.

Drieledigheid - het getal drie dat Pythagoras, Platoon, Aristoteles en de bijbel om fysische en metafysische redenen vertrouwd en dierbaar was - vinden de systematici terug. Zij onderscheidden in grote groepen gewoonlijk drie kleinere: één zus, één zo, en de derde alles wat in de eerste twee niet past. In die restgroep merken zij veel schakels op van de natuurreeks, de *scala naturae*, schakels die in de beide andere groepen - de sporten in de natuurladder - soms ontbreken, soms schaars aanwezig zijn (*confundi*).

In deze systemen zijn onmiskenbaar voorboden en aanzetten voor de latere taxonomische methoden en conclusies merkbaar, al heeft nauwelijks meer plaats dan een natuurbeschouwing. Fallopio en Coiter ordenen het doelgerichte samengaan van dieren en hun leefwijze, een samenhang die zij op voorhand wisten te zullen aantreffen, een veelzijdig verband tussen diergedaante en milieu.

Dode en levende natuur in eeuwige harmonie waarbinnen de ordening zich kenbaar maakt voor wie aandachtig en nadenkend toeschouwt; een meerstemmige harmonie, want er zijn allerlei ordeningen mogelijk. Een kleine verademing is het om een zweem van onrust te vinden in al die volmaakte natuurtaferelen. Gekooide zangvogels met kromme nagels, zoals roofvogels die hebben, eten toch geen vlees.

10. Aldrovandi inventariseert de 16e-eeuwse levende natuur

Ulysse Aldrovandi (1522–1605) maakte in 1549 door Luca Ghini's onderwijs (X.8) kennis met systematische botanie en hij leerde van Rondelet dierkunde (1550). Na botanisch-medisch universitair werk in Bologna, na reizen met studenten in de Noorditaliaanse bergen, in de kuststreek (Livorno) en op Elba werd zijn leeropdracht in Bologna filosofie (1555). Deze werd in 1556 uitgebreid en daarna veranderd in een professoraat voor de Materia Medica (1571) dat hij tot 1600 vervulde. Toen hij 27 was schreef Aldrovandi zijn eerste publikatie en een halve eeuw later verscheen het eerste deel van zijn enorme vogelboek, *Ornithologia... Libri* XII (1599; p. 204), een bestanddeel van zijn *Historia Animalium.* Deel twee volgde in 1600 en deel drie postuum in 1603.

In de loop van de 17e eeuw kwamen Aldrovandi's overige boeken van de pers, waarbij met nadruk moet worden bedacht dat het merendeel na zijn dood verscheen en dat zijn teksten ongetwijfeld door de latere uitgevers-bewerkers niet ongemoeid zijn gelaten. Welke teksten van Aldrovandi afkomstig zijn en welke niet, is voorgoed een raadsel. De publikatie van zijn manuscripten kwam tot stand onder anderen door zijn weduwe, door C. Uterverius (een Hollander die bij hem studeerde en zijn opvolger werd in Bologna) door Bartholomeus Ambrosinus en door Tamburinus Dempster (een Schot).

De Animalibus Insectis dateert van 1602 en in 1606 verscheen *De Reliquis Animalibus Exsanguinibus.* Vervolgens *De Piscibus et de Cetis (1612–1613), De Quadripedibus Solidipedibus* (1616), *De Quadripedibus Omnium Bisulcorum Historia* (1621), *De Quadripedibus Digitatis Oviparis* (1637), *Serpentium et Draconum Historiae Libri Duo* (1639), en *Monstrorum Historia...* (1642). Zijn botanische verhandelingen werden gebundeld in Bologna heruitgegeven (1897). Feitelijk behoort Aldrovandi's oeuvre vrijwel geheel tot de 17e eeuw, gerekend naar de publikatiedatum, maar het werk is 16e-eeuwse biologische bedrijvigheid.

De lectuur van de zojuist gegeven, verkorte boektitels verduidelijkt Aldrovandi's systematiek die in weerwil van zijn kritiek op Aristoteles en zijn voorkeur voor Plinius, niettemin conform de Aristotelische indeling van het dierenrijk is.

Noordelijk Italië was, dank zij de wereldhandel, in de late 16e eeuw zeer gunstig gelegen voor biologisch onderzoek. Van heinde en verre kwam informatie beschikbaar en veel materiaal van overzee bereikte de grote Italiaanse handelscentra. Aldrovandi kon dan ook in zijn encyclopedische boeken veel meer over uitheemse dieren (uit de tropen) bekend maken dan zijn wat oudere collega-encyclopedist Gesner in Zwitserland mogelijk was. Al te veel meer, want Aldrovandi was even happig als Plinius op verbazende beweringen en noteerde zeemansverhalen met tenminste evenveel ijver als Gesner (VIII.13) de sagen uit de bergwereld. Beiden stroopten in de bestaande literatuur wat zij maar konden, voegden eigen waarnemingen toe en hoe omvangrijker de folianten werden, hoe beter. De tekstmassa werd geordend.

Carus (1872: 292) somde de onderwerpen in verband met elk besproken dier op die,

als er informatie beschikbaar was, na elkaar behandeld werden: de betekenis van de naam die het dier moet dragen, synoniemen, vorm, algemene beschrijving, zintuigen, de twee geslachten, woongebied en verblijfplaats, gewoonten, leervaardigheid, geluiden (stem), voeding, paring, jacht, strijd met andere dieren, antipathieën, ziekten, historie, mystiek, moraal, alchemie en symbolische tekens, emblemen, fabels, spreekwoorden, medisch nut, als gerecht, en eventueel nog diverse details. Carus zegt dat Gesner zijn materiaal kritischer verwerkte dan Aldrovandi en dat deze laatste compileerde en zich geen moeite gaf enigerlei nieuwe gevolgtrekkingen te maken, noch systematisch, noch biogeografisch, ofschoon daartoe alle gelegenheid bestond.

In Aldrovandi's vogelsystematiek zijn milieu, voedsel en snavelvorm beslissend. Vogels van de overgang zijn de vleermuis en de struisvogel. Op deze middenvormen sluiten de fabelvogels (Griffioen en Harpij) aan. De papegaaien zijn een afzonderlijke groep. Spechten gaan samen met de kraaiachtigen, paradijsvogels, boomkruipers en kruisbekken.

De wilde en de tamme stofbaders vormen één groep (min of meer de hoenderachtigen). Een volgende groep baadt zich zowel in water als stof: de duiven en de mussen. Nu komen de bes-eters (merels en spreeuwen), vervolgens de wormeneters ('worm' is ieder onbegrijpelijk klein diertje; het zijn winterkoninkje, zwaluwen, hop, mezen, klapeksters). Zangvogels behoren ook bijeen: nachtegaal, vink, leeuwerik en verwanten. Een eigen groep zijn de waterbewoners: *palmipedes* (zwemvoetigen, waadvogels en de ijsvogel).

Veel meer aandacht dan zijn tijdgenoten had Aldrovandi voor anatomische bijzonderheden. Nu en dan illustreren skelettekeningen of anatomische tekeningen (spechtkop en -tong), luchtpijp en borstbeen van de zwaan (in verband met de zwanezang) de beschrijvingen. Aldrovandi, die zelf gezien had hoe geitemelkers en de steenuil geiten van hun melk beroven, kon ook afbeeldingen van Griffioenen en Harpijnen bijvoegen. Dit laatste sprookjesachtige talent was echter in de 16e eeuw geen uitzondering – ook Gesner en Rondelet brachten dergelijke wezens in beeld – maar Aldrovandi betrok de anatomie bij zijn systematische overzichten. Evenals Gesner noteerde hij verschillen tussen de opvattingen van kunstenaars en leken en die van biologen. Van de pelikaan voegde hij twee tekeningen bij, de ene naar de opvatting van de schilders en het grote publiek, de andere naar de natuur.

De insekten (gekorven dieren) zonderde hij van de schaaldieren af. Hij zette de verkleinde groep in volgorde. Ratenbouwers komen eerst (ze zijn nuttig); het zijn bijen, darren, wespen en hommels. Vervolgens de viervleugeligen zonder dekschilden (vlinders met bijbehorende rupsen beschreven en afgebeeld). Daarna tweevleugeligen. Dan de groep van de kevers, die een dekschild als kenmerk heeft, en hierbij behoren de krekels, de Europese en de Amerikaanse wandelende tak, bidsprinkhanen, sabel- en veldsprinkhanen. Vervolgens vleugellozen met poten (mieren, wantsen, vlooien, luizen, veenmol, schorpioenen, spinnen en duizendpoten). De wormen ontstaan in mensen, dieren, planten, stenen en metalen en tevens behoren boorwormen, aardwormen en naaktslakken in dezelfde groep. Waterinsekten zijn waterschorpioenen, waterkeverlarven, kokerwormen, bloedzuigers en het zeepaardje.

De overige Bloedloze Dieren (1606) zijn gerangschikt volgens de opvatting van Wotton (p. 208): Weekdieren (inclusief Koppotigen), Schaaldieren, Schelpdieren, Schaaldieren en Zoöfyten. Schelpdieren zijn onder meer de zeepokken, en de eendemossels worden in gezelschap van de rotgans afgebeeld, hoewel in de tekst geen relatie tussen beide wordt besproken. De Zoöfyten zijn grotendeels met afbeeldingen uit Rondelet geïllustreerd (zeesterren, kwallen).

De vissen (1612–1613) zijn ingedeeld als *saxatiles* (rotsbewoners), *littorales* (strandbewoners), *pelagii* (zeebewoners die zich overigens zowel in zee als in rivieren kunnen ophouden), en *fluviatiles* (echte riviervissen). De rangschikking stemt vrijwel overeen met die van Rondelet.

In het boek van de Viervoeters met Gave Hoef (1616) verschijnt de olifant als Eenhoevige. De eenhoorn is volgens de beschrijving een ezel met een lange horen en getekend een neushoorn met gespleten voeten.

De voorgaande samenvatting heb ik grotendeels aan Carus (1872: 290–297) te danken. Hij geeft echter veel meer bijzonderheden dan hier plaats mochten vinden en verwijst tevens naar de lijst van bronnen die Aldrovandi opgaf en die een bijna compleet overzicht van de toenmaals 'überhaupt bekannte' literatuur is. Komt Coiter voor in die lijst inzake de vogels? Ik kon Aldrovandi's *Ornithologia* niet raadplegen en als ik Carus' mededelingen nauwkeurig lees, dan wordt Coiters systematiek, die vijf en twintig jaar eerder dan Aldrovandi's boek bekend gemaakt werd, niet genoemd.

Coiters systematiek, Platonisch in theorie, naar de vorm logisch-scholastisch gebouwd en naar zijn aard Aristotelisch, is door die eigenschappen veel fraaier dan Aldrovandi's uitdragerij. De drie-eenheid komt duidelijk bij Coiter tot uiting, natuurlijker nog dan bij Belon, maar in Aldrovandi's systematiek is deze nauwelijks terug te vinden (min of meer bij de viervoeters en daar misschien door Uterverius of Dempster ingevoerd).

Theoretisch-systematisch zijn Aldrovandi's boeken een achteruitgang vergeleken met voorafgaande publikaties. Dit neemt niet weg dat veel nieuwigheden uit de tropen voor het eerst beschreven worden en dat elk van zijn boeken een goudmijn van gegevens bleek voor de filologische systematiek, voor de historische dierkunde, voor de cultuurhistorie. Het zijn monumenten van ijver en levenslange toewijding.

11. Systematiek in de 17e eeuw; een inleiding tot Ray

De 17e-eeuwse systematiek wordt door John Ray vertegenwoordigd. Zijn leven en werk komen ter sprake na een inleidend overzicht van plantkundige, en daarna dierkundige publikaties, als aanvulling op de schets van biologische activiteiten in de 17e eeuw die de ontwikkeling van de systematiek hebben beïnvloed (IV).

J. Parkinson (1567–1650), farmaceut van professie, was werkzaam als hoofd van de tuin van Hampton Court. Veel nieuwigheden uit Azië en Amerika werden daar in cultuur genomen. Parkinson schreef *Paradisi in Sole Paradisus Terrestris* (1629), een vlotte tekst over planten die hij in handen kreeg, door paginagrote houtsneden geïllustreerd, afbeeldingen die te kort schoten. Een meer dan dubbel zo dik, tweede plaatwerk, *Theatrum botanicum*, verscheen in 1640. Enige houtsneden waren overgenomen uit De l'Obels werk. Parkinsons boeken stimuleerden de belangstelling, verschaften wat informatie, maar bevatten geen systematiek van belang. Wel zorgde hij voor publikatie van een deel van een door De l'Obel nagelaten handschrift (1655).

Hoog in aanzien als lijfarts van Karel II, later als hoogleraar voor de plantkunde in Oxford, door zijn barse, autoritaire optreden, en onmiskenbaar mede door zijn bekwaamheid als botanicus, had R. Morison (1620, Aberdeen – 1683, Londen) greep op de plantkunde van de tweede helft van de 17e eeuw. Morison was na Cromwell gewapenderhand te hebben bestreden, naar Parijs uitgeweken en studeerde daar enige tijd bij V. Robin

(1579–1662) in de Jardin du Roi. De hertog van Orléans (J.B. Gaston de Bourbon, onwettige zoon van Hendrik IV en oom van Karel II) benoemde hem als Intendant van de Botanische Tuin die hij bij het kasteel van Blois had laten aanleggen. Morison werkte er tien jaar (1650–1660) en keerde toen naar Engeland terug.

Zijn nieuwe beredeneerde catalogus van de Blois-tuin *Hortus regius Blesensis auctus*... kreeg als toegiften mee *Hallucinationes Caspari Bauhini in Pinace* en *Animadversationes*... *Historiae Universalis Plantarum Johannis Bauhini*, twee pamfletten vol nijdige kritiek op het werk van de Bauhins (1669).

Nog in hetzelfde jaar benoemde zijn oom hem tot professor in Oxford. Kennelijk was dit een benoeming om persoonlijke redenen, want na Morisons dood bleef de leerstoel veertig jaar vacant.

Een fraai geïllustreerde monografie over de schermbloemigen, *Plantarum Umbelliferarum Distributio Nova* (1672) bevat een systeem voor die familie dat specialisten met instemming citeren. Morison probeerde een genus-concept te ontwikkelen. Het omvangrijke 2e deel van *Plantarum Historia Universalis Oxoniensis* volgde in 1680. Na Cesalpino is de rangschikking van Morison bepaald geen vooruitgang. Hij hanteert voornamelijk vruchteigenschappen (is 'fructist') en onderscheidt niet, evenmin als Cesalpino en Ray, tussen vrucht en zaad.

Besdragers (Bacciferae) verenigt hij, zodat Nachtschade (*Solanum*), Vlier (*Sambucus*) en Eenbes (*Paris*) met nog andere besdragers een groep worden.

J. Bobart junior (1641–1719) die zijn vader (p. 402) als superintendent van de Botanische Tuin in Oxford was opgevolgd (1680) werd daar hoogleraar in 1684. Hij zorgde voor de verschijning van het 3e deel van *Plantarum*... *Oxoniensis* (1699). De klassieke eerste scheidslijn in het plantenrijk handhaaft Morison (evenals Bobart): houtachtig (Klasse 1) en kruidachtig (Klasse 2–18). De kruidachtige gewassen moeten volgens eigenschappen van de vrucht en de bloemkroon gegroepeerd worden (Klasse 2–16). Klasse 17 is de Capillares (Varens) en Klasse 18 de Heteroclytae (Mossen, Fungi) en Lithophyta, laatstgenoemden de overgangsvormen tussen steen (rots) en plant.

Had Morison voor de systematische botanie al een directe verbinding tussen Engeland en Frankrijk tot stand gebracht, Sherard nam een levendiger uitwisseling voor zijn rekening.

W. Sherard (W. Sherwood; 1659–1728) was een welgestelde rechtsgeleerde met een liefde voor plantkunde, die op zijn Europese reizen veel planten verzamelde: in Engeland, op Jersey (Ray kreeg een lijst van de gevonden planten), in Frankrijk, de Alpen, Italië en Griekenland. Hij studeerde drie jaar bij De Tournefort in Parijs en misschien is hij de schrijver van de anonieme *Schola Botanica* (1699), een catalogus met commentaar van de planten in de Jardin du Roi, die De Tournefort bij zijn onderricht in de systematiek als voorbeelden gebruikte.

Sherard werkte ook bij P. Hermann in Leiden, stond met Boerhaave op goede voet en wist hem in latere jaren te bewegen Vaillants Discours sur la Structure des Fleurs te laten drukken (1718). Het antwoord dat De Tournefort aan Ray gaf ter afsluiting van de discussie over de ware beoefening der plantkunde - *De Optimo Methodo Instituenda in Re Herbariae* (1697) - is vervat in een brief aan Sherard (die met Ray bevriend was). Het betoog verscheen in 1697 (p. 914).

Van 1703–1715 was Sherard consul in Smyrna. Hij vermaakte zijn Bibliotheek en Herbarium aan Oxford en voegde er £3000 bij waarmee de nog altijd bestaande Sherardian Chair of Botany gevestigd werd. Dank zij Sherards ondersteuning kon Hermanns *Paradi-*

sus Batavus in druk verschijnen (1698).

G. de la Brosse (1586–1641(3)), lijfarts van Lodewijk XIII, overtuigde zijn patiënt (en Richelieu) dat een tuin met medicinale planten nodig was en liet in 1626 (1635) de Jardin royal des herbes médecinales aanleggen, later Jardin du Roi geheten. De tuin herbergde in 1633 meer dan 3000 planten van verschillend uiterlijk. De la Brosse schreef in 1628 De la Nature, Vertu et Utilité des Plantes... Cinq Livres, en in 1631 en 1640 volgden nog twee gelijksoortige publikaties. Zijn belangstelling was op medicamenten gericht, maar bevorderde de systematiek omdat de levende collectie allerlei groepen voor nadere botanische studie beschikbaar maakte. Bovendien groeiden in de Jardin royal veel planten die zeer schoon afgebeeld werden en met wetenschappelijke nauwkeurigheid.

De steun van hertog van Orléans (Gaston) voor de botanie kwam zoëven ter sprake. In Blois stelde hij niet alleen Morison aan, maar hij nam bovendien Nicolas Robert (1614–1685) in dienst om de planten en dieren na te tekenen, in nauwe samenwerking met Morison. Een verzameling van op perkament geschilderde plantafbeeldingen, begonnen door Daniël Rabel (1578–1637), groeide aan door Roberts werkzaamheid. Na Gastons dood ging de collectie naar Lodewijk XIV en het Louvre. In de loop van drie eeuwen nam de verzameling in omvang toe tot enige duizenden tekeningen en aquarellen (les vélins du Muséum), een collectie die in schoonheid en reikwijdte nooit overtroffen is. Talrijke tekeningen zijn portretten van planten uit de Jardin du Roi.

Het met wetenschappelijke nauwkeurigheid en artistieke kwaliteit afbeelden van levende organismen kwam in de 17e en 18e eeuw in Frankrijk en in de Lage Landen tot hoge bloei; in Engeland gaven de Franse en Hollandse schilder-tekenaars de toon aan. W. Blunt schreef (1950) een uitstekende historie over de kunst van de botanische illustratie, waar ik kortheidshalve naar moet verwijzen.

P. Ren(e)aulme (Renealmus; 1560–1624), geboren in Blois, schreef *Specimen Historiae Plantarum* (1611) en zou op de noodzaak hebben gewezen om kennelijk verwante soorten in één genus samen te voegen, terwijl ze dan een tweewoordige naam zouden moeten ontvangen, één woord als genusnaam en één woord als soortaanduiding; vijf en twintig etsen aan zijn opstel toegevoegd bewijzen dat hij een goede waarnemer (hij ontdekte de heterodistylie) en een gevoelige, talentvolle tekenaar was. Ik heb zijn boekje niet kunnen raadplegen, een ernstig tekort, want zijn achterkleinzoon, Renaulme de la Garance (1675–1739) studeerde bij De Tournefort en diens methode schijnt aan te haken op P. Renaulme's gedachten (A. Davy de Virville, 1954: 43). Hoe dan ook, het *Specimen Historiae* heeft niet de minste invloed op de ontwikkeling van de systematiek gehad.

De Révérend Père Jacques Barrelier (1606–1673) studeerde medicijnen en werd daarna dominicaan (1635). Als reizende assistent van de Supérieur Général kon hij in Languedoc, de Provence, Spanje en Italië planten verzamelen. Tijdens zijn 23-jarig verblijf in Rome stelde hij zich als ideaal een wereldflora te schrijven (Ray, p. 909), een *Hortus Mundi* of *Orbis Botanicus*). Van tekeningen van zijn gedroogde planten liet hij gravures maken. Teruggekeerd naar Parijs (1672) nam hij zijn intrek in het klooster aan de Rue Saint-Honoré en stikte binnen een jaar door een aanval van asthma. Zijn nagelaten manuscripten – een indrukwekkende hoeveelheid – verbrandden, maar de koperplaten ter illustratie werden gered en naderhand door Antoine de Jussieu als *Icones Plantarum* gepubliceerd (1714) op 324 hele pagina's geassembleerde afbeeldingen van in totaal 1392 planten.

In Duitsland was P. Ammann (1634–1691), hoogleraar in Leipzig, een aanhanger van Morisons systematiek. Chr. Knaut(h) (1638–1694), lijfarts van de hertog van Anhalt en stadsgeneesheer van Halle (a. Saale), was essentialist en volgde Cesalpino's leerstellingen

zo goed hij kon. De *principia divisionis* schuilen in de vrucht en de vruchtvorming, nergens anders. De invloed van de geschriften van G.C. Schellhammer (1649–1716), hoogleraar in Helmsted, Kiel en Jena, ondergingen hetzelfde lot als die van beide vorigen: vóór de 18e eeuw half verstreken was, waren zij vergeten. Daarentegen oefenden de publikaties van A.Q. Bachmann (1652–1723(1725)) beperkt maar blijvend invloed uit op de systematiek.

Bachmann (Bächmann) volgde de mode van zijn tijd en noemde zichzelf Rivinus (Bach (Duits) = beek (Ned.) = *rivus* (Lat.)) en hij volgde Ammann in Leipzig op (1691). Een jaar tevoren publiceerde hij *Introductio Generalis in Rem Herbarium* en bepleitte de methode van dubbele naamgeving die Linnaeus bijna een halve eeuw later zou invoeren. De beste manier om planten te benamen, zei Rivinus (en zoals Renealmus omstreeks 80 jaar eerder verklaarde) is elke plant van een tweeledige naam te voorzien, één naam voor het genus en de tweede naam voor de soort waartoe de plant behoort. Hij paste zijn voorstel wel eens toe, maar zonder strikt aan zijn regel vast te houden.

De eerste onderscheiding in het plantenrijk: houtig-kruidachtig wees Rivinus af en hij dacht er bovendien niet over te proberen een essentialistisch systeem op te sporen. Hij zocht veeleer naar een gemakkelijke methode om planten te rangschikken en te onderscheiden, en daartoe is de bloemkroon een handzaam orgaan. De bloem is het fundament voor ordening, want die verschijnt eerder dan de vrucht en moet dus van nature voorrang hebben. Meeldraden zijn echter niets anders dan excretieorgaantjes en voor de systematiek van geen betekenis. Gidskenmerken van de bloem zijn allereerst 'samengesteld' of 'eenvoudig', en vervolgens het aantal kroonblaadjes en de vorm van de bloemkroon. Deze kenmerken moeten gekoppeld worden aan vruchteigenschappen. Rivinus onderscheidde drie groepen vruchten.

Op eigen kosten liet Rivinus zijn *Introductio*, groot formaat, fraai geïllustreerd en uitgevoerd (kopergravures) verschijnen; hetzelfde geldt voor de drie afleveringen van *Ordo Plantarum*. De eerste (tekst en kopergravures) dateert van 1690, de tweede van 1691 en de derde van 1699. Alle drie zijn gewijd aan planten met onregelmatig gevormde bloemkronen.

Omdat Rivinus zich uitvoerig moest bezighouden met alchemie, sterrekunde en medicijnen – zo vereiste het zijn leeropdracht – ontbrak hem de mogelijkheid een zo brede empirische plantenkennis op te doen als noodzakelijk is om een bevredigend systeem voor te kunnen stellen. Hij vond weinig bijval (een uitzondering vormt het 18-eeuwse werk van Ludwig). Zijn morfologie en terminologie stoelen op het werk van Jung (p. 320–322). Toch was Rivinus onmiskenbaar een voorloper van De Tournefort, en van Linnaeus voor zover het de nomenclatuur betreft.

Bibliotheca Riviniana, een biblio- en biografische studie over Rivinus' werk en leven verscheen in 1727 (door G.S. Hermann) en werd te Amsterdam facsimile herdrukt (1966).

Rivinus was de enige niet die uit toewijding voor de schone wetenschap der plantkunde bereid was zijn vermogen te offeren. P. Boccone (1633–1703) betaalde zelf het drukken van zijn biologische verhandelingen in 1671 en 1672. Hij werd in Palermo geboren en als plantkundige aan het hof van de hertog van Toscane verbonden. Hij bracht belangrijke plantenverzamelingen mee uit Sicilië, Corsica en Malta, en bereisde Frankrijk, Duitsland, Holland en Engeland. De eerste botanische studie over Sicilië is van zijn hand (1674; *Icones et Descriptiones... Siciliae*). Van zijn talrijke publikaties bleef Museo di Piante Rare della Sicilia (1697) het best in herinnering. Oud geworden keerde hij als 'Silvio', Cisterciënser monnik, terug naar Palermo waar hij in het Parco-klooster stierf.

Deze bloemlezing uit de systematiek van 17e-eeuwse plantkundigen mag worden afgesloten met F. van Sterbeeck (1631–1693), sinds 1655 Vlaams geestelijke, van adellijke familie, en levenslang Antwerpenaar. Hij hield zich bezig met zwammen en volgde Clusius' indeling van *Fungi* (1601). Er zijn eetbare (*esculenti*), en schadelijke (*noxii et perniciosi*). Sterbeeck bespreekt drie groepen: goede Campernoelien, quaede Fungi en Aerd-Buylen (van deze laatste nog goede en quaede). Hij nam in zijn *Theatrum Fungorum* (1675) veel fungus-tekeningen over die Clusius (IV.16) in Pannonia (Oostenrijk) omstreeks 1600 had laten maken. Zij waren in Leiden ongepubliceerd bewaard gebleven, bedoeld weliswaar als illustraties voor de sectie van de Fungi in *Rariorum Plantarum Historia* (1601). Aan de systematiek droeg Van Sterbeeck niet bij, want zijn Aerd-Buylengroep was niet alleen samengesteld uit ondergrondse fungi (truffels), maar tevens uit aardappels en de wortelknolletjes van Vlinderbloemigen.

De diersystematiek in de 17e eeuw bleef duidelijk achter bij de plantensystematiek. Eerder vermelde gegevens hebben dit kunnen verduidelijken (V.22). Men bestudeerde dieren specialistisch, incidenteel, vol ijver en nieuwsgierigheid, maar niet om systemen van enige reikwijdte te ontwerpen. Carus (1872: 412) maakte een lijstje van de *Leopoldina*-leden die over een of ander dier wat schreven.

Vermelding verdient de eerste poging tot een systematiek voor de schelpdieren door J.D. Major (p. 395) in 1675, bij gelegenheid van een commentaar op de heruitgave van de verhandeling over de purperslak door Fabio Colonna (IV.19). R. Sibbald (1643–1720) schreef over Schotse planten, walvissen en schelpen (*Scotia illustrata*) en Filippo Bonanni die vele schelpsoorten goed beschreef en afbeeldde, volgde Listers rangschikking van de zeeschelpen (X.14). Veel verder dan constateren of de dieren een enkelvoudige of een gepaarde schelp bezaten, kwamen deze auteurs niet.

Het is verantwoord om als voornaamste vertegenwoordiger van de 17e-eeuwse systematiek Ray (Wray, Raius) te kiezen.

12. John Ray en F. Willughby; floristiek en vogelsystematiek

John Ray (1628, Black Notley (Essex) – 1705, ibid.) was de zoon van een dorpssmid. Hij studeerde theologie in Cambridge (Trinity College) sinds 1644, had een bijzonder talent voor klassieke talen, was een warm gelovig christen en werd in 1660 predikant. Toen de politiek eiste dat al het Cambridge-personeel zich achter de Act of Uniformity per handtekening zou scharen, weigerde Ray. Hij hield zich ver van alle politieke activiteiten, want hij was een ware bioloog en liet zich geen mening opdwingen, hetgeen hem zijn fellowship in Cambridge kostte en hem brodeloos en doodarm maakte (1662). Zijn medestudent en vriend, F. Willughby, een vermogend edelman, stelde hem echter in staat levenslang en ambteloos de biologie te beoefenen.

Willughby en Ray (1635–1672) werkten gewoonlijk samen op Willughbys buiten, Middleton Hall (sinds 1669), waar Ray zijn intrek nam na de dood van zijn vriend (1672) om op diens verzoek de opleiding van zijn twee zoons te behartigen. Een jaar daarna trouwde Ray waardoor hij meer vrijheid kreeg zijn wetenschappelijke werk te doen.

Botanie was Rays hartewens. In Cambridge was geen plantkunde-onderwijs verkrijgbaar, zodat hij op eigen kracht moest studeren. Aan de hand van literatuur en gesteund door zijn talenkennis slaagde deze studie zo goed dat in 1660 een *Catalogus Stirpium*... (Opsomming van de rondom Cambridge groeiende planten) anoniem kon verschijnen.

Het boekje, bedoeld om belangstelling te wekken, bevatte behalve een plantenlijst een oproep om overal in Groot-Brittannië zulke lokale overzichten te maken ter voorbereiding van een Britse *Phytologia*. Hij vond gehoor. Na 1660 zijn in hoog tempo uit allerlei delen van de eilanden lokale verhandelingen over lokale natuurlijke historie verschenen.

Planten waar Ray geen beschrijving van aantrof in de literatuur beschreef hij uitvoerig (uiterlijk, morfologie, bloeitijd, levensduur, en eventuele medische eigenschappen). Gedroogde planten alleen zijn onvoldoende om ze te leren kennen. Veldwaarnemingen en zorgvuldige literatuurstudie zijn onontbeerlijk (Ray had geen microscoop). Een klein lapje grond stond hem in Cambridge ter beschikking om planten te kunnen kweken en eenvoudige proefjes uit te kunnen voeren. Ook al had Ray succes met zijn oproep om de plantkunde ter hand te nemen, toch duurde het nog zestig jaar voordat een professoraat in Cambridge voor plantkunde ingesteld werd (1724).

Rays ontwikkeling tot systematicus begon met het beoefenen van de floristiek. Dikwijls reisde hij samen met Willughby in Engeland en Schotland, op zoek naar planten en naar dieren (Willughby was vooral in vogels en vissen geïnteresseerd). Van 1663–1666 gingen de vrienden, door twee studenten vergezeld, naar de Lage Landen, trokken vervolgens stroomopwaarts langs de Rijn naar Duitsland en Zwitserland, daarna bezochten zij Italië, Sicilië en Malta. Willughby reisde van Napels uit naar Spanje, terwijl Ray via Montpellier en Parijs naar Engeland terugkeerde. Hij koesterde grote plannen: een volledige beschrijving van alle planten en dieren ter wereld maken; Willughby de dieren, hijzelf de planten. Wie zou bij deze afspraak niet aan Theofrastos en Aristoteles denken? Rays reisverhaal verscheen in 1673 een jaar na Willughbys vroege dood.

Een plantnamenlijst die Ray in 1667 – het jaar van zijn benoeming als lid van de Royal Society – samenstelde voor John Wilkins, die een soort Volapük wilde construeren (Real Character and Artificial Language; 1668), bezorgde hem een hatelijke kritiek van Morison, hoogleraar te Oxford. Rays 'systeem' was een misslag zei Morison en stelde dit ongezoet aan de kaak. Ray, in het minst niet van zins een systeem voor het plantenrijk voor te stellen, had niets meer bedoeld en gedaan dan een woordenlijst te maken voor Wilkins' wereldtaal. Een wereldbiologie is gebaat bij een wereldtaal. Vermoedelijk heeft Morisons venijn Ray geprikkeld om naast de floristiek ook in omgekeerde richting te denken, naar synthesen, een systeem te zoeken.

Gedreven door de wens Willughbys nagelaten werk te publiceren, liet Ray, na diens merendeels onvoltooide studies aangevuld te hebben, *Ornithologiae Libri Tres* in 1676 verschijnen. De editie in het Engels volgde in 1678, de tekst werd hier en daar nog wat herzien en uitgebreid; beide uitgaven zijn geïllustreerd.

Ter vergelijking met Coiters vogelsystematiek van 1575 geef ik hier een overzicht van het Ray/Willughby-systeem.

De eerste scheiding is tussen A. land- en B. watervogels. Landvogels in te delen als A1 haaksnavelige klauwbezitters en A2 rechtsnaveligen. De haaksnaveligen zijn roofvogels en papegaaien. De roofvogels zijn òf groot òf klein. De kleine zijn al dan niet geschikt voor de vogeljacht. Geschikt zijn de nobele, langvleugelige valk en de nobele kortvleugelige havik. Ongeschikt, van laag allooi en wild, zijn enerzijds de grotere (buizerds en wouwen) en anderzijds de kleinere (Europese worgvogels). Hierna volgen nog de paradijsvogels.

Later (in *Synopsis*) corrigeerde Ray de worgvogelplaatsing, door de opmerking dat de Europese worgvogels een rechte snavel hebben en geen kromme klauwen, maar hij verbond er geen consequenties aan.

Rechtsnavelige landvogels (A2) zijn allereerst grote, vreemdsoortige dieren, zoals de struisvogel, casuaris en dodo. Middelgroot zijn het genus van de raven (*corvinum*) en het genus van de spechten (*picorum*), en laatstgenoemde hebben karakteristieke klimvoeten. Weer kleiner zijn de hoenderachtigen, met wit (kippen) of donker vlees (duiven en lijsters). De kleinste zijn smalsnavelig (o.a. leeuwerik) of breedsnavelig (o.a. kernbijter).

Nu de B. watervogels. Men onderscheide (1) niet-zwemmers, waterlievende en (2) zwemmers.

B.1. Deze vogels zoeken hun voedsel in water. Zij zijn groot: genus kraanvogel en seriema (slangekraanvogel) of anders klein. De kleine zijn hetzij viseters (reigers, ooievaars), hetzij eters van slijkdiertjes of insekten (snip, strandloper, kievit, regenfluiter).
De zwemmers (B.2) hebben (a) een gespleten voet (gezoomde tenen), zoals het waterhoentje, of (b) zwemvoeten. Dan zijn zij (b.1) langpotig (flamingo, kluut) of (b.2) kortpotig. De kortpotigen zijn (b.2.1) drietenig (pinguin en alk) of (b.2.2) viertenig. De viertenigen bezitten hetzij een vrije vierde teen hetzij een vierde teen die door een vlies met de overige tenen verbonden is. Die met de vrije vierde teen zijn òf smal- òf breedsnavelig (eend, gans).

Het blijkt dat Coiter en Willughby grotendeels dezelfde criteria hanteren, weinig verschillend van die van Aristoteles, en dat voor Ray het getal drie veel, zo niet alles, van zijn magie verloren heeft. Ray denkt dichotoom als het systematiek betreft. Toch bewijst Rays uitlating (p. 914) dat men vrij is op allerlei manieren te rangschikken, dat hij, evenals Coiter, voor de eerste scheidslijnen een Platonische vrijheid erkende en het verbaast dan ook niet dat Ray zeer goede betrekkingen onderhield met de neo-Platonisten in Cambridge.

13. Rays theoretische biologie: het soortbegrip en de afwijzing van het essentialisme

Onveranderlijke soorten en variëteiten die spoedig weer verdwijnen indien de kweker ze niet beschermt, krijgen in de tweede helft van de 17e eeuw aandacht. R. Sharrock stelde in zijn Geschiedenis van de Vermeerdering en Veredeling der Planten door het Samengaan van Kunst en Natuur, in 1660, de vraag of in het delfstoffenrijk, het dieren- en plantenrijk de ene soort in een andere kan overgaan. Wat planten betreft beriep Sharrock zich op Bobart en zijn zoon (p. 402), die bereid zouden zijn onder ede te verklaren dat crocus en gladiool, sneeuwklokje en hyacinth, als zij vele jaren in de tuin met rust gelaten zijn, in elkaar veranderen.

Ray schreef dikwijls in brieven aan vrienden over zulke kwesties. Op het eiland Walney had hij eens veel kruipende exemplaren van *Geranium sanguineum* (Bloedooievaarsbek) gevonden (var. prostratum). Hij zond wortelstokken naar Edinburgh, York, Londen en Oxford (waar Bobart werkte) en vermeldt dat de variëteit zich bij cultuur op die verschillende plaatsen handhaafde.

Op 17 december 1674 hield hij een voordracht voor de Royal Society, besprak het optreden van velerlei variaties en waarschuwde voor de vergissing zulke afwijkingen als soorten te onderscheiden. Zij zijn accidenteel (accidental); bijzondere kenmerken (zoals hoogte, geur, bloemkleur, aantal bladeren) kunnen bij voorbeeld door bodeminvloeden of door uitzonderlijke warmte ontstaan.

Hij kan zijn standpunt bewijzen. Indien zulke uitzonderingen als soorten zouden gelden, zou het aantal soorten oneindig groot worden. De geleerden zijn het echter allen eens dat het aantal soorten in de natuur vast staat, hetgeen bovendien door een Goddelijk raadsbesluit bevestigd wordt, want God heeft zijn scheppingswerk, dat wil zeggen alle soorten te zamen, in zes dagen voltooid.

Soorten, zegt Ray, blijven steeds dezelfde, evenals hun onderlinge verschillen en de planten van elke soort komen alle voort uit de zaden van een en dezelfde oerplant. Linnaeus had een eeuw later een vergelijkbaar vermoeden.

Het jaar 1674 is de begindatum voor een nieuwe fase in de ontwikkeling van de systematiek, want Ray gaf zich, voor het eerst in de historie, rekenschap van de biologische inhoud van het woord *species* (The Specific Differences of Plants).

Taalgevoelig als hij was, zocht hij naar termen met een ondubbelzinnige, scherp omschreven inhoud en vond die bij Jung (p. 321). Hij begreep dat de toegang tot de plantkunde begon met de studie van in het wild gevonden planten. Wat was hun naam, waar hun plaats in de natuurlijke orde, hoe moet men ze onderling onderscheiden en, als enige exemplaren zozeer elkaar gelijken dat zij niet noemenswaard verschillen, zij hetzelfde zijn, hoe onderscheidt men zo'n groep dan van andere groepen? Wat is een species?

Te Amsterdam verscheen in 1682 *Methodus plantarum nova* (in 1703 de herziene en vermeerderde 2e druk, 'emendata et aucta' en deze facsimile opnieuw in 1962). Soorten (species) herkent men aan *differentiae* (of *notae characteristicae*), aan soorteigen vormen. Deze mogen nimmer met *accidentiae* verward worden, bijkomstigheden die misleidend kunnen zijn. *Accidentiae* splijten *cognate species*, dat zijn groepen (individuele) organismen die kennelijk bijeen behoren, en verenigen soorten die van nature gescheiden zijn *alienas species*. Zou men bij voorbeeld volgens kleur gaan indelen, dan werden de Afrikaan en de Europeaan twee soorten, en dat is natuurlijk fout, verklaarde Ray.

Het soorteigene vinden we in vorm, maat, aantal en deze karaktertrekken in de fructificatio (dat is de bloem, de kelk, het zaad, en het zaadhuis samen). Morton (1981: 227) citeerde uit het voorbericht van *Methodus* de volgende (vertaalde) passage:

> 'De criteria voor classificatie hier toegepast zijn niet groeiplaats, of nut als voedsel of als medicament, sierwaarde of technische bruikbaarheid, maar gelijkheid en overeenstemming van de voornaamste organen: wortel, bloem, kelk, zaad en zaadhuis. De criteria werden met buitengewone bekwaamheid door Cesalpino, die uitzonderlijk nauwkeurige waarnemer van planten, gehanteerd. Hij was de eerste, zover ik weet, om planten te rangschikken in overeenstemming met het aantal zaden en zaadcompartimenten door iedere bloem voortgebracht, en met de plaats van het *corculum seminale*, dat is het plekje waar de kieming begint'.

Met deze geloofsbelijdenis van 1682 gaf Ray te kennen dat hij zich aan de systematiek ter wille van de systematiek wilde wijden. Vervolgens dat hij empirisch te werk zal gaan, zien wil wat zichtbaar is, en dit op voorbeeld van Cesalpino. Essentialistische systematiek kan op dit citaat stoelen en verdraagt zich overigens ook met het systeem voor de vogels dat zojuist werd samengevat. Formeel beschouwd, want Ray beoogde geen essentialistische systematiek, integendeel; letterlijk opgevat laat zijn tekst echter die mogelijkheid open.

De inleiding tot het eerste deel van *Historia Plantarum* (1686) bevat de gerijpte, dikwijls geciteerde uitspraak die Rays soortbegrip formuleert: Planten die uit hetzelfde zaad voortgekomen zijn en die hun gedaante door zaad verder voortzetten, zijn soortidentiek (*Plantae quae ex eodem semine ortum ducunt et speciem suam ratione iterum propagant, specie*

conveniunt). Merk op hoe hier het woord *species* zijn klassieke en bijbelse betekenis heeft (X.1) bij het eerste gebruik, en zijn moderne betekenis als term in de systematiek verkrijgt bij het tweede gebruik, als slotsom.

Kritiek op Rays formule laat ik achterwege al ligt hij voor het grijpen. Het is hier enkel mijn bedoeling Rays fundamentele vernieuwing van de systematiek te analyseren.

Totdat Ray de species-definitie nadrukkelijk aan de orde stelde, werd het woord 'species' zowel voor hiërarchisch hogere als lagere categorieën gebruikt (bij Aristoteles waren *eidè* en *genos* evenmin aan een rangorde gebonden). Bij Ray wordt species het eerste niveau boven het individu, de directe synthese van alle vormen en eigenschappen van alle gelijke individuen (met uitschakeling van de *accidentiae*), een formule.

Het eerste deel van *Historia Plantarum* (1686; 2e deel 1688, 3e (supplement)deel 1704) bevat de nadere beschouwing van de term species: het is een erfelijk vastgelegd vormencomplex. Planten die soortelijk verschillen behouden het soorteigene (*species suam*) duurzaam. De ene plantesoort ontstaat niet uit het zaad van een andere of omgekeerd: soorten zijn van geslacht op geslacht constant.

Om soorten te herkennen is er echter geen zekerder maatstaf van de soortelijke samenhang (*indicium convenientae specificae*) dan hun afkomst. Met deze stelling verdedigde Ray het standpunt dat de voornaamste soortbegrenzing experimenteel verifieerbaar, morfologisch controleerbaar is door vergelijkende studie van de nakomelingen. De nakomelingschap handhaaft het soorteigene in eeuwigheid (*speciem suam perpetuo servant*).

Daarna vernamen Rays lezers echter dat het kenmerk van soortsaamhorigheid (*signum specificae convenientiae*) niet eeuwigdurend (*perpetuum*) is, noch onfeilbaar (*infallibile*), strikt genomen. Dikwijls degenereren (*degenerare*) zaden en soms brengen zij planten voort die de moeder van planten met een andere gedaante zijn (*diverse a matre specie*) en bovendien bewijzen experimenten dat bij planten een uiterlijke wijziging (van species) optreedt (*in plantis transmutationem specierum experimenta evincunt*). Daarbij moet wel in het oog worden gehouden dat Rays 'experimenten' niet zo maar gelijk gesteld mogen worden met het 20e-eeuwse woord 'experiment': een storing van het natuurlijke beloop van de levensverschijnselen. Rays experimentum bevat tevens de betekenis: 'waarnemen, door toezien constateren'.

De hier gegeven samenvatting is onmisbaar om Rays interpretatie van het woord species goed te doorzien. Zou ik species steeds met 'soort' vertaald hebben, dan spreekt Ray zichzelf tegen, maar indien in het eerste lid van het betoog species met soort (20e eeuw) wordt vertaald, en in het tweede lid de term species onvertaald blijft, of als 'uiterlijk' (gedaante) vertaald wordt, is Rays betoog volstrekt consequent en in orde.

Ray past de term species toe op de taxa van soortniveau, zoals de huidige biologen 'soort' verstaan. Hij bedoelt allereerst soort volgens de huidige opvatting, maar hij houdt tegelijkertijd vast aan de oorspronkelijke betekenis van species: uiterlijk, voorkomen. Een species is veranderlijk binnen zijn specifieke gedaante. Rays term species is de overgang tussen de klassieke biofilologische betekenis en de biosystematische betekenis die nu, na Linnaeus, de onze is.

Hiermee is Rays soortbegrip nog niet geheel toegelicht. God rustte de zevende dag; hij had de schepping voltooid, de schepping van de soorten. Zij bleven daarna die ze waren, maar dit verhinderde niet dat zij, door degeneratie, uiterlijk veranderen konden; Ray had het uitgelegd. Met stelligheid kan hij dan ook meedelen dat uit bloemkoolzaad bladkool opgroeide en dat uit *Primula veris major*-zaden *Primula pratensis inodora* verscheen. Ongetwijfeld zijn oude volksverhalen, zo stelde Ray zijn lezers gerust, zoals die over tarwe

die *Lolium* werd (Albertus) en die over maïs, die weer andere onkruiden voortbracht, niet alle waar.

Sinds Ray bezit de systematiek de bouwsteen voor alle mogelijke systemen: het soortconcept, of anders gezegd, wie natuurlijke soorten niet als een natuurlijk gegeven erkent, kan geen natuurlijk systeem samenstellen, geen orde scheppen. Buffon ontkende het bestaan van soorten – de levende natuur is uit individuen samengesteld, het overige is bedacht – en zodoende werd hij de vijand van alle systemen (terwijl hij tegelijkertijd volgens een systeem de levende natuur ging beschrijven).

Herinneren we ons Rays floristische aanloop, dan laat zich veronderstellen dat zijn soortbegrip tot een nauwere begrenzing van soorten zal leiden dan bij voorbeeld Linnaeus gewoonlijk in praktijk bracht. Vergelijkend onderzoek bevestigt deze verwachting.

Tijdens het schrijven van *Historia Plantarum* stroomde uit alle windstreken nieuw plantenmateriaal naar Europa. Zoveel hij kon probeerde Ray het in zijn wereldflora in te lijven. Ten slotte bevatte de *Historia* meer dan 18 000 Rayse species, equivalent aan ca. 6 000 soorten bemeten naar moderne maten. Linnaeus noemde het boek een *opus immensi laboris*, een vrucht van ontzaggelijk veel werk. Als het toevallig goed uitkwam gaf Ray zijn soorten een binaire naam, evenals Bauhin en Rivinus zo nu en dan deden.

Zoals Theofrastos voorgeschreven had, legde Ray zich erop toe van elke soort, van elke natuurlijke groep, zoveel mogelijk kenmerken te ontdekken en te bundelen. Een onderzoeker moet, betoogde hij, uiterlijke kentekens opsporen, verzamelen en ordenen om de begrenzing van een soort of groep daarmee te kunnen vaststellen.

Deze methode bracht Ray in botsing met de essentialisten, want die legden de nadruk op de eigen aard van elke (geschapen) groep. Elke deelnemer van de schepping bezit een eigen wezen of natuur, een *essentia* die zich door het 'eigenaardige' van elke natuurlijke groep openbaart.

Dit standpunt heeft al dadelijk twee gevolgen. De onderzoeker is niet vrij zijn verzameling gegevens te sorteren: kenmerken van de *essentia* hebben volstrekt voorrang boven alle andere. Ten tweede is het onnodig het spectrum van kenmerken zo breed en zo nauwkeurig als maar mogelijk is, te maken. Indien men over enkele *essentia*-kenmerken beschikt, zijn de overige kenmerken voor de systematiek niet belangrijk, want elke groep is door weinige kenmerken herkenbaar. Aristoteles, Cesalpino, De Tournefort, Morison, Linnaeus waren essentialist.

Ray ontkende allerminst dat groepen een karakteristieke en duurzame *essentia* zouden bezitten, maar hij wilde deze benaderen door veel gegevens te ziften en niet-essentiële eigenschappen veel speelruimte laten. Zij zijn gevolgen van uitwendige invloeden. Het soorteigene, de 'essentie', is verankerd in de afstamming, gebonden aan een van nature niet veranderend nageslacht.

Essentialisten onderscheiden in elk individueel leven wezen de soorteigen *essentia*, die zich nimmer wijzigt, die het organisme maakt tot wat het is, die een van Godswege gegeven of desnoods een kosmische groepsarchitectuur is en die aan ornamenten, *accidentiae*, een geringe vrijheid laat. Het soorteigene is echter, zegt Ray, de onwrikbare kern van een kenmerkencomplex, dat de vorm van elk organisme beheerst en dat door afstamming wordt doorgegeven. Twintigste-eeuwers kunnen het conflict reduceren tot de tegenstelling deductie (essentialisme) en inductie (Ray).

De formele afwijzing van het essentialisme is in het eerste deel van *Historia Plantarum* te vinden (hoofdstuk XX; 1686).

'Zoals bij de dieren het geslachtsverschil ontoereikend is om het soortverschil met

andere soorten te onderkennen omdat eens de beide geslachten uit hetzelfde zaad voortgekomen zijn - ofschoon dieren door vele en opvallende *accidentia* van elkaar kunnen verschillen, zijn zij toch dikwijls van dezelfde ouders afkomstig - is het doorgaans onnodig voor de soortelijke gelijkheid van stier en koe, van man en vrouw, een ander argument aan te voeren dan dat beide van dezelfde ouders, ja dikwijls van dezelfde moeder afstammen. En zo is er voor de planten geen ander en zekerder kenmerk van soortelijke gelijkheid (*non aliud certius indicium convenientiae specificae est*) dan de herkomst uit het zaad van een specifiek of individueel identieke plant'.

Talrijke kenmerken die erfelijk samengaan en -blijven beslissen over de identiteit, niet de *essentia*.

In 1694 bekritiseerde De Tournefort (Élémens de Botanique) Ray, omdat hij onnodig veel kenmerken gebruikte om genera en soorten te onderscheiden. In 1696 antwoordde Ray (*De Variis Plantarum Methodus Dissertatio Brevis*): onmogelijk is het voor planten universele *essentialia* aan te wijzen. Sommige planten dragen bloemen, andere niet. Saamhorigheid kan uit de habitus blijken, uit het totale bezit aan eigenschappen, en zulke eigenschappen moeten door onderzoek vergaard worden. Ongetwijfeld heeft Ray zich gesteund gevoeld door Locke's raad, nog maar zes jaar geleden (Essay III, 3), voor natuurwetenschappelijk onderzoek 'discoverable qualities' op te sporen. De strijd bleef onbeslist, het spreekt vanzelf, maar het essentialisme maakte de systematiek in de praktijk toch zo overtuigend doelmatig dat het in de 18e eeuw de overhand kreeg. Eind november 1859 werd het pleit beslist: de systematiek werd fylogenetisch en daarmee werd het overkoepelende beginsel: veranderingen mettertijd.

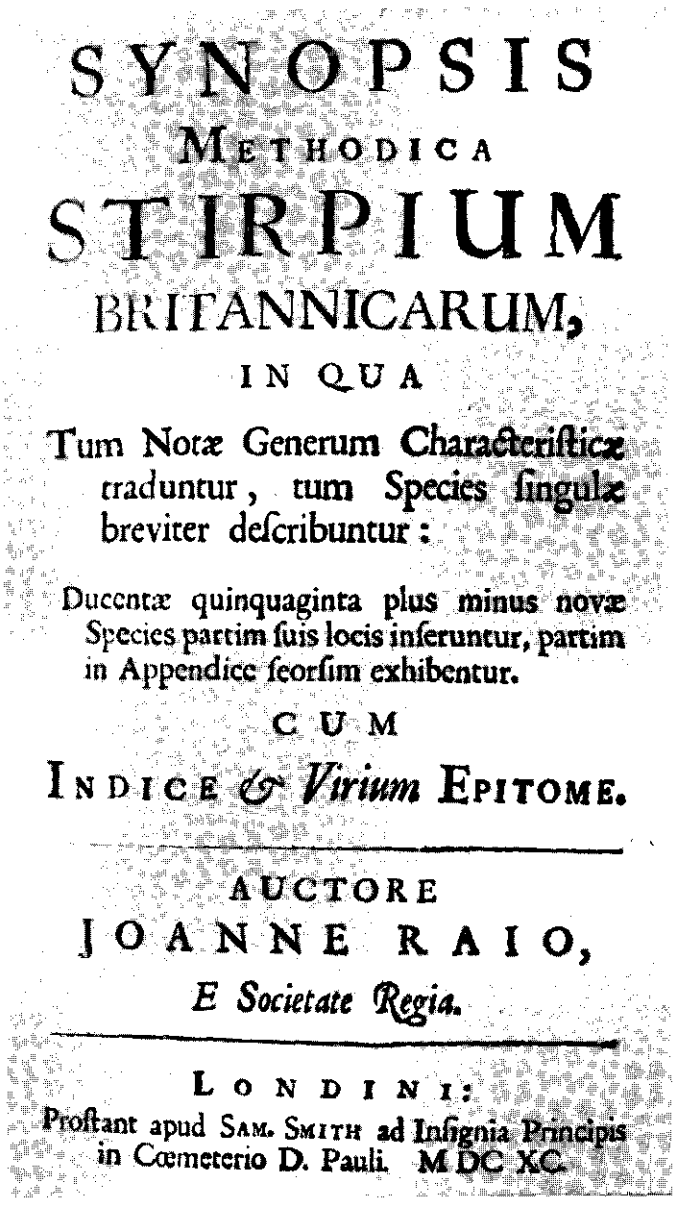
14. Rays planten- en dierensystematiek

In *Historia Plantarum* toetste Ray zijn bevindingen vooral aan die van de Bauhins, Parkinson en John Gerard (IV.25). Hij rangschikte, zei hij, volgens de meest gebruikelijke klassen of afdelingen in het plantenrijk en volgens J. Bauhins opstelling in diens *Historia Universalis*. De opmerking bevestigt Rays neo-Platonische kijk op de systematiek. En hij wenste geen ingrijpende veranderingen.

Theofrastos' ontdekking van het al dan niet gespleten zijn van zaden, bracht Ray, die toch al bijzonder geïnteresseerd was in alles wat vruchtvormend tot de orde in het plantenrijk zou bijdragen, op een nieuwe gedachte. Het woord *cotyledon* was een naam voor de placenta die Aristoteles had ingevoerd, en Malpighi paste de term in plantembryologie toe (1679) vanwege de gelijkheid van planten en dieren. Morton (1981: 229) noteerde dat Ray in *Historia Plantarum* cotyledon gebruikte als alternatieve naam voor *folia seminalis* (zaadblad = zaadlob). Blad en lob hebben dezelfde functie, lichtte Ray in 1703 nader toe. Hij had overigens in 1686 al de gelegenheid benut de cotyledonen als een leidend kenmerk in de plantensystematiek toe te passen.

Aanvankelijk verdeelde Ray de kruidachtigen in planten zonder bloemen (of ten hoogste met meeldraden, want meeldraden tellen als bloemorganen nauwelijks mee, nl. *plantae flore destitutae*), en met bloemen, (*plantae floriferae*). De Floriferae in te delen als planten met bedekte zaden (met een zaadhuis) en niet-bedekte zaden (1682). Bij deze indeling kwamen de zaadlobben nog niet ter sprake.

Tevens verklaarde Ray dat de aanwezigheid van één of twee cotyledonen het *Supremum*



SYNOPSIS
METHODICA
STIRPIUM
BRITANNICARUM,
IN QUA
Tum Notæ Generum Characteriſticæ traduntur, tum Species ſingulæ breviter deſcribuntur:
Ducentæ quinquaginta plus minus novæ Species partim ſuis locis inſeruntur, partim in Appendice ſeorſim exhibentur.
CUM
INDICE & Virium EPITOME.
AUCTORE
JOANNE RAIO,
E Societate Regia.
LONDINI:
Proſtant apud SAM. SMITH ad Inſignia Principis in Cœmeterio D. Pauli. MDCXC.

Fig. 79. Titelpagina van J. Rays *Synopsis* (1690). Ray had een flora van Groot-Brittannië geschreven (*Historia Plantarum*; 1686 – 1688). *Synopsis Methodica* (X.13) is de samenvatting. Op de titelpagina deelt hij mee dat de kenmerken van de genera vermeld worden; Ray onderscheidde geen plantenfamilies. De soorten staan in *Synopsis* kort beschreven, zegt Ray, en ongeveer 250 nieuwe soorten staan ten dele op 'de plaats die hen toekomt' en ten dele in een Appendix.

Het boek bevat een overzicht van de Fungi, die geen bloemen dragen en dus Imperfectae (onvoltooide planten) zijn. Ray ontwierp de huidige indeling van de Lagere Planten grotendeels door Fungi, Korstmossen, Bladmossen, Levermossen, Varens, Algen, Poliepen en Sponzen groepsgewijs te onderscheiden.

Synopsis werd enige malen herzien, dikwijls herdrukt (3e druk, facsimile, in 1974) en bleef een eeuw lang de leidraad bij het taxonomisch onderzoek van de Britse flora.

genus Planta in twee *Summa genera* verdeelde: enerzijds de *Monocotyledones* en anderzijds de *Diacotyledones*. Het betreft alleen de kruidachtige planten, die daarom *herbae unifoliae* en *herbae bifoliae* moeten heten.

Kegeldragers (*Pinus*) behoren bij de Monocotylen, maar in 1703 wilde Ray ze toch bij de Diacotylen voegen (een voor de hand liggende verbetering, want veel Coniferae hebben twee (or meer) cotylen).

Ray onderscheidde volgens de indeling van Theofrastos houtig (bomen en struiken) en kruidachtig. Hij rangschikte de bomen min of meer zoals Cesalpino en voegde daar voor de indeling der kruidachtige gewassen het cotylenkenmerk aan toe. In overeenstemming met zijn zoeken naar natuurlijke groepen (talrijke kenmerken) en zijn ontwijken van het essentialisme wees hij met enige nadruk in het voorbericht van de *Sylloge* (1694) op het samengaan van het aantal cotylen met vele andere eigenschappen. Sindsdien heeft zich in de plantensystematiek het cotylkenmerk als een van de voornaamste scheidslijnen gehandhaafd, in weerwil zelfs van de fylogenetische overweging dat aardhistorisch en morfologisch beoordeeld de scheidslijn niet als wezenlijk hoeft te gelden.

Het onderscheid houtig-kruidachtig vond Ray toch weinig afdoende. Hij besloot na langdurig aarzelen dat bomen zich slechts van kruiden onderscheiden door de aanwezigheid van winterknoppen. Rivinus beïnvloedde Ray (in 1703) toen hij de kruidachtige planten indeelde als *perfectae* (met bloemen) en *imperfectae* (zonder bloemen). De Perfectae zijn monocotylen of dicotylen. De Imperfectae herhalen vorige publikaties. *Synopsis Methodica Stirpium Brittannicarum* (1690; 2e editie 1694) bevatte onder meer een overzicht van de Fungi. Deze had Ray als in *Historia Plantarum* (I: 243) geordend: 93 soorten en 4 groepen. De eerste twee groepen groeien op de bodem en zij zijn of lamellaat (plaatjeszwammen) of niet-lamellaat, en voorts eetbaar of oneetbaar. De derde groep groeit op bomen en de vierde groep is de *Fungi Subterranei* of truffels. Of Fungi zichzelf vermeerderen of door *generatio spontanea* ontstaan, kon Ray niet beslissen, ook al had Goedart (p. 994) reproduktie door 'zaad' van de bekerzwam (*Cyathus*) aangetoond. Varens (*Capillares* vermeerderen zich door zaden, en mossen waarschijnlijk ook (er was einde 17e eeuw enig experimenteel bewijs geleverd). Drie groepen varens wilde Ray onderscheiden: met dimorfe bladeren (de fertiele bladeren verschillend van de steriele), met 'zaden' op de bladonderzijde, en met zaden op de bladonderrand.

De derde (postume) editie van *Synopsis* (1724; door Dillenius anoniem gepubliceerd omdat het verstandig scheen geen buitenlandse naam aan de uitgave te verbinden) bevatte veel nieuws over Fungi (X.25). Synopsis bleef in de eerste helft van de 18e eeuw het meest gezaghebbende en gebruikte boek over de Britse flora (de 3e druk werd door de Ray Society in 1974 facsimile heruitgegeven). Linnaeus liet de 1724-uitgave door een van zijn studenten volgens zijn systeem bewerken en van Linneaanse namen voorzien (J.O. Grufberg, Amoen. Acad., *Flora Anglica*), maar deze behandeling kreeg geen bijval, evenmin als J. Hills hereditie met de titel *Flora Brittannica* (1760). Toen Ray zijn botanisch werk beëindigd had, bestonden de Imperfectae uit fungi, korstmossen, mossen, levermossen, varens, algen, poliepen en sponzen.

Tijdens zijn bezoek aan Montpellier (1664) had Ray met Magnol kennis gemaakt en daar de term *familia* besproken. Hij duidde in later jaren met *familiae* soms groepen aan die min of meer met de huidige plantefamilies overeenstemmen (bij voorbeeld Asperifoliae, Stellatae, Compositae), maar Ray heeft met *familia* geen vast niveau, geen categorie willen aanduiden, zoals Magnol in 1689 besloot voor te stellen.

Vruchtbaar was Rays voortzetting van de diersystematiek, naar het voorbeeld van Wot-

ton, meer dan een eeuw tevoren (IV.24). Een kritische vermelding van de traditioneel-klassieke dierwonderen (Aelianus), behoedzaamheid bij het besluiten tot de begrenzing van vormverwante groepen ('genera'), een streven om natuurlijke levensuitingen in verband met morfologische eigenschappen bij een rangschikking te gebruiken, karakteriseerden Wottons *De Differentiis Animalium*. Ray moet Wottons natuurbeschouwing met instemming gelezen hebben. Hij sloeg dezelfde weg in, en hij gebruikte met voorliefde het woord *differentia*. Hij hergaf Aristoteles' methode, die inhield fysiologisch-anatomische overwegingen met voorrang in aanmerking te nemen (een onder de latere compilatoren geheel in vergetelheid geraakte aanpak) zijn overwicht bij de beoordeling van vormverwantschap.

Tancred Robinson, de auteur van de sectie over plantenchemie in *Historia Plantarum* I, bewoog Ray het werk over diersystematiek, dat hij had beëindigd na het publiceren van Ornithologia, weer ter hand te nemen. Voor de vissensystematiek zouden Willughbys nagelaten manuscripten dienen, en de overige dieren voor Rays eigen verantwoording komen, met uitzondering van de Weekdieren en de 'Wormen', die Martin Lister werden toevertrouwd (p. 302, 318).

Voor dieren wees Ray *generatio spontanea* van de hand; hij steunde Harveys ovisme. De systematiek van de zoogdieren en van slangen was in 1693 gereed (*Synopsis Animalium Quadrupedum et Serpentium*).

Aristoteles' scheiding van bloedbezittende en bloedloze dieren handhaafde Ray, maar hij tekende aan dat een beweeglijke lichaamsvloeistof in alle dieren aanwezig is, en dat bloedloze dieren soms rood bloed hebben (zoals de regenworm). Bloedloze dieren arrangeerde Ray in grotere en kleinere. De grotere zijn Weekdieren (Koppotigen), Schaal- en Schelpdieren, en tot de kleinere rekende hij Insekten. *Historia Insectorum* kwam na Rays overlijden van de pers (1710).

De ruimte ontbreekt om een bevredigend overzicht van Rays diersystemen te geven. Hier volgt de breedste indeling vergezeld door enige aantekeningen. Bloedbezitters: te verdelen in Longademers en Kieuwademers. De Longademers hebben een tweehokkig hart. Zij zijn hetzij levendbarend hetzij eileggers. De levendbarenden zijn landbewoners (viervoeters) en anders waterbewoners of ook land/waterbewoners. De eileggers zijn beveerd (Vogels), of kaal of beschubd (Reptielen).

Kieuwademers hebben een éénhokkig hart, en het zijn eileggers (Vissen). Tweehokkigheid van het hart moet begrepen worden als 'met een linker- en rechterhelft'.

Deze rangschikking is weinig verschillend van de traditionele; één belangrijk verschil is dat, evenmin als bij Coiter, in Rays diersystematiek de mens niet aan de orde komt.

In het verleden, zei Ray, was men gewoon alle waterdieren als vissen te beschouwen. Om die reden wilde hij het woord vissen zó definiëren, dat walvissen binnen de visdefinitie vallen. Eigenlijk moet de groepering van de viervoeters verdwijnen, overwoog Ray, dan kunnen de zeekoe en de overige in het water levende zoogdieren bijeen worden gevoegd.

Met de land- en waterdieren geraakt men eveneens in systematische moeilijkheden, erkende Ray. Er zijn levendbarende dieren, behaarde amfibieën (zoals de bevers, otter en zeehond), terwijl de salamander en de kikker kale, eierleggende amfibieën zijn.

Voor de insektensystematiek deed Ray een beroep op het werk van Swammerdam (V.27) en van Willughby. Hij beschouwde metamorfose als het principe voor de eerste indeling en zijn systeem werd, in grove trekken, als volgt.

A. Metamorfota (Swammerdam), met:
1. rustende pop
2. zonder rustende pop (libellen, wantsen, sprinkhanen, oorwurmen):
a. met dekschilden (kevers)
b. zonder dekschilden (*Anelytra*):
b.1. met bepoederde vleugels (*Farinacea*; vlinders)
b.2. met vliesvleugels:
b.2.1. tweevleugelig (vliegen)
b.2.2. viervleugelig (bijen).
B. Ametamorfota (Willughby):
1. met poten (c):
a. zespotigen (luizen, suikergast)
b. achtpotigen (schorpioenen, spinnen)
c. 24-, 30-, en duizendpotigen
2. zonder poten:
a. levend in de bodem of ingewanden (regenworm, lintworm)
b. levend in water (bloedzuigers, en leverbot in schapen).

Tot de insekten rekende Ray dus heel wat meer dan later het geval zou zijn; de vertaling van insekten door gekorven dieren (*entomein* (Gr.) = inkepen, insnijden) is bij Ray niet van toepassing.

Lister was Rays medewerker, maar verrichtte slechts over weinig groepen onderzoek. Hij voerde wel het aantal ogen in als kenmerk in de spinnensystematiek: spinnen met web hebben 8 ogen; deze groep kan onderverdeeld worden volgens de vorm van het web. Schelpdieren, waartoe Lister zowel de eendemossel als de zeepok rekende, onderzocht Lister ook anatomisch (sluitspieren van de schelp) en hij maakte een indeling volgens habitat, naar de de mode van zijn tijd: land-, zoetwater- en zeeschelpdieren. De systematiek die Lister voor weekdieren (Koppotigen) en verwanten ontwierp, was geen vooruitgang.

Het woord *genus* was bijna tweeduizend jaar in gebruik gebleven als term voor een natuurlijke saamhorigheid, een overeenstemmende geaardheid die zich door het uiterlijk en/of levensgewoonten kenbaar maakt. Het concept 'genus' vond zijn oorsprong in het begrip *essentia*, datgene wat een genus tot genus maakt, zo men wil binnen de biologie een Platonische Idee.

Toen in de 16e eeuw de beschrijvende biologie zeer veel meer organismen dan ooit tevoren met woorden portretteren moest en een praktisch bruikbare ordening vereist werd om de compilaties van duizenden taxa te kunnen raadplegen, plaatste men wat bijeen scheen te horen bijeen, en een genus omvatte, van lieverlede bij meer en meer auteurs, enige goed onderscheidbare, maar nauw verwante taxa. In die vorm verschijnt 'genus' dikwijls bij Colonna, De l'Obel, de Bauhins, Cesalpino, en krijgt het een naam of korte beschrijving, of het fungeert als een getiteld hoofdstuk. Dit wil zeggen, dat de genus-opvatting volgens Platoon en Aristoteles vernauwde en strammer werd. Bij Ray is echter van het logisch-formele genusconcept volgens de scholastisch-Aristotelische Middeleeuwse biologie niets of vrijwel niets te vinden. Genus is en blijft bij Ray 'natuurlijke saamhorigheid', zonder een binding aan een *essentia*. Die binding herleeft bij De Tournefort (en bij Linnaeus). Evenals in zijn plantensystematiek liet Ray dikwijls na om in zijn diersystematiek na degelijke waarnemingen en overwegingen een verantwoorde slotsom te trekken.

Ray ontwierp een zoogdierensysteem, aantrekkelijk door zijn natuurlijke opbouw. Lin-

naeus zou het later overnemen. Wottons en Aristoteles' conclusie dat walvissen en vissen verschillende 'genera' zijn, bevestigde Ray, maar hij hield niettemin het gebruikelijke standpunt vast. Aldus.

In F. Martens, die een reisverhaal naar Spitsbergen 'of' Groenland schreef, had Ray afbeeldingen van de Groenlandse walvissen (1675) aangetroffen en hij kende R. Sibbalds gedetailleerde beschrijvingen van in Schotland gestrande walvissen (*Phalainologia nova*; 1692). Geen twijfel: lichamelijk zijn walvissen niet anders dan zoogdieren gebouwd. Desondanks zijn hun levensgewoonten, verblijfplaats, vormen en voortbewegingsorganen in overeenstemming met die van vissen, met andere woorden, zij bezetten een plaats in het natuurlijke bestel die aan de plaats van de vissen gelijk is. Dan behoren zij ook dezelfde plaats in het natuurlijke systeem, in de *scala naturae* in te nemen, al zijn zij dan bijzondere vissen.

Ik vermoed dat Ray als volgt geredeneerd heeft. Hij was ongetwijfeld geneigd het oude te handhaven als daartoe gelegenheid was - zonder noodzaak geen verandering - maar dit heeft zijn walvissenbesluit niet bevorderd, noch ook een al te grote behoedzaamheid.

De leer van de *scala naturae* bracht hem ertoe walvissen en vissen te verenigen, een mening die hij als neo-Platonist in harmonie met de natuur achtte. Hij geloofde aan een schepping zoals Genesis die verhaalt, maar voor de levende natuur mag bovendien aan een vormende wereldziel gedacht worden, een 'plastick Nature' binnen de geschapen natuurreeks die een vrijheid van opvatting, alternatieve plaatsingen, mogelijk maakt naar menselijke voorkeur en volgens Platoons biofilosofie.

Ray was een gelovig man, van strikt bijbelse meningen. De levende natuur werd volmaakt en volledig geschapen en heeft zich sinds het begin der tijden in zijn geheel onveranderd gehandhaafd. Dat volgt uit Gods volmaaktheid.

> Fossielen zijn geen resten van verdwenen diersoorten: 'Het zou betekenen dat veel soorten schelpdieren (Shell-Fish) op deze aarde verdwenen zouden zijn, hetgeen de geleerden (Philosophers) tot op heden niet wilden toegeven omdat zij het te gronde gaan van enigerlei soort als een verminking van het Universum beschouwen, die het onvolmaakt zou achterlaten terwijl zij integendeel denken dat de Goddelijke Voorzienigheid zich in het bijzonder toelegt op het beveiligen en behouden van al wat de schepping gewrocht heeft'. Ray haalt als bewijs voor die toeleg aan dat de Ark het behoud van alle dieren verzekerde (Three Physico-Theological Discourses; 1703).

Voor de systematiek voerde Ray de dichotome methode als vaste werkwijze in. Een vergelijking van Rays systemen, hierboven in voldoende mate geciteerd, met het model van Coiters vogelsystematiek demonstreert Rays rangschikking op het eerste gezicht. Hij splitste en zonderde af volgens de links/rechts-methode (Platoon) en deze laatste werkwijze heeft in de systematiek een wereldwijde toepassing gevonden, zij het niet op Rays initiatief. De dichotome 'sleutel' op systematische overzichten, in alle Flora's en monografieën te vinden, paste Ray niet toe, maar zijn indelingen zijn de voorlopers daarvan.

De natuurbeschouwing van Ray sloot nog het meest bij Locke en bij Gassendi aan, en zijn biologie gaat met zijn levensbeschouwing gepaard. Onmisbaar bij een nadere studie van Rays werk zijn allereerst C.E. Raven (John Ray, 1942), G. Keynes (John Ray, 1951), en A.G. Morton (1981: 195-214).

15. Natuurlijk en kunstmatig; de scala naturae

Sedert de 17e eeuw bleef het gebruikelijk om over natuurlijke en kunstmatige systemen te spreken. Dit heeft tot misverstand geleid: met kunstmatig bedoelen wij onnatuurlijk, strijdig met de natuurlijke orde. Géén systematicus die het ontwerpen van zo'n kunstmatig systeem als doel stelt of stelde. Elke systematicus zoekt naar het natuurlijke systeem, de rangschikking van de duizendvoudige verscheidenheid van levende organismen zoals in de natuurlijke orde werkelijkheid is. Die orde is een opspoorbare kwaliteit, zodat het aanwijzen van zo'n orde, welke orde dan ook, in de wereldbevolking van organismen geen vergissing zal hoeven te zijn, geen inbeelding, geen gevolg van een vooroordeel.

Systematiek kan daardoor slechts beoefend worden door degenen die het wijsgerig standpunt onderschrijven, dat het bestaan van een geordende levende natuur beaamt. In dat verband merk ik op, dat in de 20e eeuw verreweg de meeste systematici gingen geloven dat zij hun wetenschap vrij van metafysica dienen, althans behoren te dienen. Zij zijn zozeer geconditioneerd dat zij zich niet afvragen waarom dit noodzakelijk of wenselijk moet zijn, gesteld al dat metafysicavrije systematiek tot de mogelijkheden zou behoren.

Met aantekening dat, heden ten dage nog veel vaker dan vroeger, de overgrote meerderheid van de systematici zich levenslang bezighoudt met een of twee onderdeeltjes van het natuurlijke systeem, mag men zeggen dat, alle individuele bezigheden wereldwijd samengevat, de systematici de rangschikking in de natuur bestuderen. Tevens dat vrijwel allen, elk voor zich, in deelgebiedjes vroegere systematische standpunten onderzoeken en zo nodig wijzigen. Nu, in deze eeuw, is dit de voltooiende fase van het onderzoek van het grandioze bestel. Deze ontwikkelingsgeschiedenis behandelt niet meer dan meningen ten aanzien van het bouwplan in voorbije tijden, en de eerste voorlopige fundamenten en structuren.

Een biologisch systeem bevredigt (1) indien het raamwerk de plaatsing van organismen toelaat die bij de constructie van het systeem nog niet bekend waren of niet in aanmerking genomen zijn, (2) indien het door bakens en scheidslijnen een toenadering afdwingt van groepen die elkaar, gewoonlijk naar het uiterlijk beoordeeld, nabij komen en groepen die veel verschillen ver uiteenplaatst, en (3) indien het door middel van waarneembare en hanteerbare kenmerken elke zorgvuldige waarnemer in staat stelt een dier of plant met zekerheid te identificeren. Deze drie voorwaarden samen bepalen het succes van elk ontworpen systeem. Elke voorwaarde impliceert een technisch-praktische stabiliteit en standaardizering en daarom is het systeem een onmisbaar hulpmiddel bij elk biologisch onderzoek, al dan niet experimenteel. Een organisme kan slechts dan een bijdrage tot wetenschappelijke ontwikkeling leveren als het voor anderen dan de onderzoeker herkenbaar is. Het systeem verschafte de middelen om deze algemene herkenbaarheid te verzekeren. Dit over de huidige situatie.

Voor een onbevangen toeschouwer is de natuur chaotisch, een mengeling van levende wezens. In de loop der eeuwen hebben biologen geprobeerd de verborgen orde te ontdekken; in de voorafgaande paragrafen staan een paar voorbeelden en hierna volgen nog enige.

Het bleek al spoedig dat door vergelijking en op het oog, groepen of reeksen onderling heel weinig verschillende organismen bijeengeplaatst en afgezonderd kunnen worden. Een systeem beoogt niet alleen als gids alle dier- of plantindividuen in de passende groep te plaatsen, om natuurlijke groepen te omgrenzen en van andere te scheiden; het brengt tevens de levensbeschouwing van de ontwerper tot uiting.

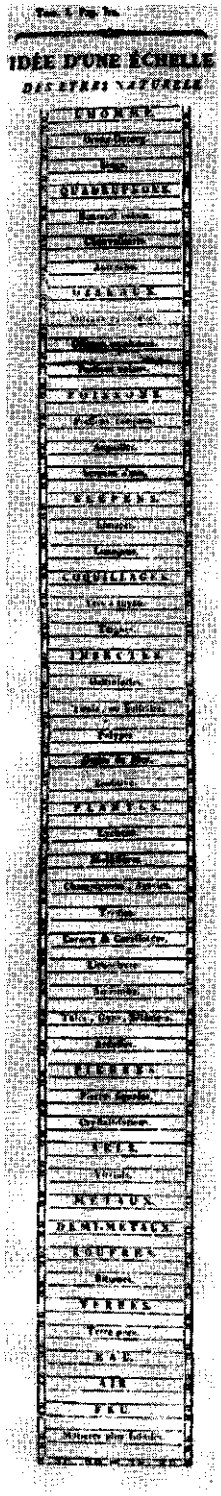


Fig. 80. De Ladder der Levende Wezens volgens Bonnet (Oeuvres Hist. Nat. vol. I).

De *scala naturae* die Bonnet maakte is biohistorisch bijzonder illustratief. Onderaan het begin: de vaste (dode) materie (matières plus solides). Vuur is de eerste sport van de ladder. Daarboven volgen lucht en water. Het is de klassieke hiërarchie van de elementen. Warmte (vuur) maakt rotsen en stenen levensontvankelijk.

De alchemist gelooft zonder bezwaar dat vuur, lucht en water stap voor stap tot zuivere 'aarde' (terre pure) leiden en zo gaan de vier elementen vooraf aan de verrijkte aarden' (TERRES), die als hoofdafdeling van de natuur met hoofdletters gespeld worden. Één sport hoger staat bitumen, dat donkere, half-vloeibare aardpek dat zo herinnert aan barnsteen. Ik noteer dat bitumen 'eeuwige stof' is, die zijn krachten door 'projectie' verkregen heeft (projectie is de uitstraling van de steen der wijzen) en die in de aarde de weg naar de steen der wijzen (het levenselixir) baant. Nu komen, een sport hoger de vitriolen, doorschijnende, bijtende vloeistoffen. Weer een sport hoger staan de zwavels (souffres), weer een sport de half-metalen, en na nog een sport bereiken we de metalen.

Basilius Valentinus (figuur 48) had een alchemistengedicht gecomponeerd. De beginletters van de opvolgende regels zijn het woord VITRIOL. Hij beschreef hoe uit vitriool en zeezout, zoutzuur gemaakt kan worden en vermeldde meer vitriooltoepassingen. Het is een 'centrale stof' en het stemt zelfs moderne scheikundigen tevreden dat één sport hoger dan de vitriolen de zouten (sels) geplaatst zijn (veel meer informatie in J. Van Lennep, Alchemie: 201 – 202).

Op deze plaats in de *scala* hebben de drie Paracelsus-elementen, grondstoffen voor levende organismen, hun positie gekregen. Het ligt voor de hand dat één sport hoger de kristallisaties (Crystallisations) behoren te staan. Dat brengt ons weer één stap verder, bij de pierres figurés, stenen met dierlijke of plantaardige vormen (fossielen).

Nu volgen stenen in het algemeen (PIERRES), het woord in hoofdletters zoals daar beneden de zouten, metalen en zwavels. De typografische distinctie duidt een natuurrijk in het algemeen aan.

Negen sporten overbruggen de afstand naar de levende PLANTEN, en wel: leistenen (die dikwijls zo duidelijk fossielen bevatten), talken, gipsen en maanstenen (drie gelijkwaardige fasen in de weg opwaarts), amianth of steenvlas, dat is asbest (het laat de bouwstenen van organismen zien, de vezels), Lithophyta of steenplanten (X.15), vervolgens koralen en koraalachtigen, en dan de truffels, vormsels uit aarde voortgekomen, zoals de koralen uit kalk en water, en nog een sport hoger de paddestoelen en korstzwammen of elfenbankjes, vervolgens de schimmels (moisissures), en daarboven de korstmossen. Één sport hoger vinden we alle volwaardige PLANTEN. Op de eerste sport daar boven, richting dierenrijk, staan de gevoelontvankelijke planten, de 'sensitives' (kruidje-roer-me-niet, dat zoals dieren beweegt). Één sport hoger staan de 'orties de mer' of 'zeenetels', ook zeeanemonen (radiair gebouwd, prikkelend en prikkelgevoelig) en weer een sport brengt ons bij Trembleys poliepen (p. 1187). Één sport hoger bereiken we de Taenia's, of in het algemeen platwormen, weer een sport en we zijn bij de galvormende insekten waarna, nog een sport hoger de INSEKTEN al het plantaardige van zich hebben afgeschud. Dadelijk boven de insekten de Teignes, motten of microvlindertjes, die een levensfase hebben zoals de in gallen levende diertjes en dan, de volgende sport: Vers à tuyau, zoals de Kokerjuffers. De volgende sport brengt ons bij de COQUILLAGES, de schelpdieren. Twee sporten, de huisjesslakken en de naakte slakken scheiden ons nog van de SLANGEN. Één sport hoger staan de waterslangen (serpens d'eau), dan daarboven de palingen en weer een sport hoger 'poissons rampans' (platvissen). Nu is de radiaire lichaamsvorm verdwenen, het lichaam is tweezijdig symmetrisch, we draaien de platvissen 90 graden en bereiken, één sport hoger, de VISSEN. Één sport hoger vinden we vissen die vogelachtig zijn, de vliegende vissen, en slechts één sport daarboven brengt ons bij de amfibievogels (zoals pinguïns); zij vliegen niet. De watervogels bewonen zowel het water als de lucht en nog slechts één sport opwaarts is benodigd om de ware VOGELS te bereiken. Hier staat de struisvogel weer één sport boven, en weer een sport hoger staan de vleermuizen. Nog een sport en we treffen de chimpansee (orang-oetang) en de hoogste sport van de *scala* bezet de MENS.

Het eerste, eenvoudigste en in het Westen oudste systeem is éénsporig. Beginnend met de laagste, het minst van levenkenmerkende eigenschappen (groei, beweging, prikkelreacties) voorziene wezens, kan men vervolgens in de natuur organismen aanwijzen die wat meer begaafd zijn en zo een reeks van toenemende vervolmaking opstellen tot het meest volmaakte organisme bereikt is, hoger georganiseerd en begaafd dan alle andere dieren: de mens. Wie wil, - en sommigen hebben het gewild - kan de reeks ook lager beginnen, met materie (*sterèsis* zei Aristoteles), rotsen, barnsteen, en de reeks hoger beëindigen (Bonnet), met engelen, aartsengelen, God of desgewenst *Ens Perfectissimum*, ja zelfs met de Drie-Eénheid. Het is mijn taak niet de redenen en gevolgen toe te lichten die de uitbreiding van de natuurreeks met de metanatuur begeleidden. Wij beperken ons tot de *Scala Naturae*, de natuurladder of -keten van alle organismen of levende wezens, beoordeeld naar hun stoffelijke en onstoffelijke eigenschappen: een strikt natuurlijk systeem.

Ieder organisme is een term in de reeks, een schakel in de keten. Het is zodoende aan een vaste plaats gebonden, een plaats die gevonden wordt door vergelijking met de buurschakels, de ene minder ver, de andere verder, voortgeschreden op de weg naar volmaaktheid. We spreken dan wel over volmaaktheid biologisch beoordeeld, want alle organismen werden in overeenstemming met de hun toekomende plaats volmaakt geschapen, althans volmaakt gevormd. Terwijl men gewoon was tot in de 20e eeuw van 'graad' van vervolmaking te spreken, is de term 'differentiatie' dus 'meer gedifferentieerd' voor ons thans aantrekkelijker geworden.

In de *scala naturae* is elke organismengroep wat hoger geplaatst dan de vorige, en dus gelijk aan de lager geplaatste met een toevoeging, een heel kleine toevoeging, want de verschillen tussen buurschakels zijn zo klein dat een geleidelijk veranderende, opwaartse reeks de natuurlijke is. Aristoteles legde uit dat ieder organisme leven kan zonder het hoger geplaatste, maar dat een levend wezen niet kan bestaan zonder de organisatie van het lager geplaatste. Voorgesteld werd daarom de *scala* een 'enkaptisch' systeem te noemen, omdat elke hogere term de lagere omvat. De term is goed gekozen, want hij sluit aan bij de leer van de inkapseling (p. 779) die als model (een tijdfactor toegevoegd aan de tijdloze *scala*) bij de *scala* aansluit.

De *scala naturae*, zoals hiervoor geschetst, heeft de systematiek beheerst tot Darwin, zij het dat het begrip in de 17e eeuw begon te knellen, zodat meer en meer varianten voorgesteld werden. Darwin gaf met zijn theorie de *scala naturae* een nieuwe inhoud.

Naar zijn aard is de *scala*-systematiek weinig vatbaar voor praktische toepassingen, een ondoelmatige gids in de biologische praktijk. Beoordeling van de plaats van een plant of dier in de *scala* vereist vakkennis. De leer van de *scala* is bovendien zeer kwetsbaar. Men kan immers elke verzameling van talrijke voorwerpen zo arrangeren, dat reeksen onderling enigermate gelijke voorwerpen beoordeeld volgens een gekozen criterium, elkaar opvolgen. Zo'n ordening is kennelijk mensenwerk, geen resultaat van natuuractiviteit buiten menselijk toedoen om.

Om de *scala naturae* van een *systema artificialis* te onderscheiden is de premisse vereist dat de veelvormige natuur hetzij tijdloos, hetzij geschapen is, door de goden of door God in den beginne, in elk geval buiten de zeggenschap van de mens tot stand kwam. Mensen willen de natuurorde opsporen en het ontdekken van die orde stelt men zich als taak; ordening is de natuur eigen. Een ordeloze schepping of natuur is strijdig met de goddelijke macht en met de menselijke aard.

De eerste aanzet voor het *scala naturae*-concept stamt van Platoon (Lovejoy, The Great Chain of Being; 1937). Platoons kern-Ideeën zijn Eeuwigheid en Onveranderlijkheid. Af-

gezien van hun kosmische schoonheid en hun leiderschap in het Europese denken, beheersten zij de beschouwingen ten aanzien van de levende natuur gedurende meer dan 2000 jaar; zij zijn de grondslagen voor een ordening volgens de *scala naturae* verbonden met de leer van Parmenides (en Platoon) over de volheid van de kosmos. Hiaten in het heelal zijn onmogelijk, tegennatuurlijk. Aristoteles sloot zich bij de Platoonse volheid van de wereld aan en definieerde de mogelijke gevolgtrekking: de continuïteit van de dingen (als van de ding-vormen grensstroken elkaar bedekken, is de rangschikking continu).

Dat de dingen, of de organismen, een ononderbroken reeks vormen kan men hieruit afleiden, maar niet besluiten dat zich slechts een enkelvoudige reeks zou laten onderscheiden. Over deze mogelijkheid heeft Aristoteles zich niet uitgelaten, al hebben de Middeleeuwse scholasten hem unaniem die mening toegeschreven. Aristoteles heeft de *scala naturae* gezien als een natuurreeks van alle levende wezens, een natuurlijke toeneming van de graad van vervolmaking in het algemeen en dus met voorbehoud van details. Organismen kunnen – dat was Aristoteles duidelijk – wat sommige eigenschappen aangaat verder of hoger ontwikkeld zijn dan andere, hoger geplaatste en deze kunnen op hun beurt eigenschappen bezitten die achterblijven bij (overeenkomstige) organen van lager geplaatste. Een gekozen kenmerk of kenmerkencomplex, een orgaanbouw of -vermogen kan dienen, meende Aristoteles, als leidraad voor het aanwijzen van een volgorde van levende wezens. Deze levende wezens overtreffen de vorigen naar het totaal van eigenschappen beoordeeld weliswaar steeds, maar een grensstrook verdoezelt niettemin het verschil tussen de twee buurgroepen, een vormenspel van andere organen, een gebied waarbinnen geen zekerheid te verkrijgen is of men wat een individueel organisme betreft het tot de vorige of de volgende trap in de *scala* moet rekenen. Groepen zijn onderling continu. De Natuur kent geen scherpe grenzen, geen niemandsland. *Natura non facit saltum.*

> *Hist. Anim.* VII, 588 b: 'Van nature (*fysis*) worden onbezielde dingen bezield, zo geleidelijk dat als gevolg van de continuïteit de grenslijn die de ene groep van de andere afzondert, niet aanwijsbaar is, zodat men niet bepalen kan tot welke van de twee de middenvorm behoort. Aldus volgen de planten direct op de onbezielde dingen en de planten verschillen onderling door de mate waarin zij deel hebben aan de levensverschijnselen.
>
> En het plantenrijk als geheel, indien men het met de andere orgaanloze voorwerpen vergelijkt, schijnt op de een of andere manier bezield te zijn terwijl, met de dieren vergeleken, het onbezield schijnt.
>
> De overgang van planten naar dieren is continu, zoals wij zojuist hebben opgemerkt. Met reden kan men zich afvragen, met betrekking op enige zee-organismen, of men een dier of een plant voor ogen heeft; sommige bij voorbeeld zijn beworteld en als men ze losmaakt sterven zij gewoonlijk. Met name de pinna's [*Pinna nobilis*, Middellandse-Zeemossel], die vastgehecht aan de bodem leven... Ten aanzien van prikkelgevoeligheid geven sommige dieren geen teken, wat ook, dat zij over zo'n gevoeligheid beschikken, terwijl andere dit wèl tonen, zij het onduidelijk... Wat de spons aangaat, deze lijkt geheel en al op planten.' (Vertaling met hulp van Lovejoy en van Tricot.)

Een middenpositie tussen de mens (tweevoeters) en de viervoeters bezetten de staartloze apen (*pithèkoi*), staartapen (*kèboi*) en de bavianen (*kunokephaloi*). Aristoteles noemt overeenkomstige eigenschappen op tussen de mens en de staartloze apen en noteert dat alle apen ook inwendig met de mens overeenstemmen. Met de staartloze apen heeft hij waarschijnlijk de magot (*Macaca sylvana*) bedoeld (*Hist. Anim.* II, 502 a). Walvisachti-

gen, zegt Aristoteles, zijn in zekere zin land- en in zekere zin waterdieren, een middenpositie die zij aan hun ademhalingsorganen danken. Zeehonden zijn een overgang tussen land- en waterdieren door hun levenswijze en evenzo vleermuizen tussen landdieren en vliegende dieren (vogels). Men kan deze dieren zowel tot de ene als tot de andere groep rekenen, of tot beide of tot geen van beide. (*Part. Anim.* IV, 697 a–b).

Met de graad van vervolmaking van de nakomelingen bij de geboorte als criterium kunnen elf 'genera' in volgorde onderscheiden worden (*Gen. Anim.* 732 a 25–733 b 16). Ross (1974) somde ze op (p. 872). De climax is de mens en het begin van de *scala* zijn de *Zoophyta.*

De biologie van de Renaissance was gekenmerkt door de wetten van geleidelijkheid, continuïteit en volheid, en hiërarchie, dat wil zeggen een hiaatloze, gelaagde kosmos in overeenstemming met het neo-Platonisme en de theologie, de christelijke en de islamitische. Van de verschillen tussen levende wezens kon men zich empirisch vergewissen en de hiërarchie bleef buiten natuurwetenschappelijke controle, want die behoorde tot de biofilosofie.

Twee erfstukken uit de Middeleeuwen stonden in de Renaissancistische biologie ter discussie. Het ene was de mening die door Thomas werd verdedigd: natuurlijke eenheden zijn door een kenbare grenslijn gescheiden. Het andere was Albertus' standpunt: de natuur bestaat uit groepen die niet steeds stabiel zijn, en uit overgangsvormen, zodat dikwijls de begrenzing onzeker is of zelfs ontbreekt.

Algemeen geloofde men dat Thomas de opvattingen van Aristoteles in deze aangelegenheid onderschreef. Thomas verzekerde dat de natuur de schone samenhang der dingen onthult, dat het laagste bestanddeel van een hoger buur-'genus' (in de *scala*) in aanraking komt (grenst aan: *contingere*) met het hoogste bestanddeel van het lager geplaatste genus. Weliswaar schijnt Thomas' natuurleer hier stevig Aristoteles te steunen, maar de redenering houdt geen rekening met diens regel van geleidelijkheid en continuïteit door die geleidelijkheid. De vergissing van de Renaissance-geleerden is begrijpelijk. In Aristoteles' verhandelingen staan de dieren groepsgewijs beter dan ooit tevoren of elders beschreven, terwijl bovendien een volstrekt logische opbouw van het natuurlijke bestel zowel voor Aristoteles als voor Thomas vaststaat.

Men moet over de praktische kennis beschikken van de levende natuur die Albertus verworven had om Aristoteles' constructie van de levende natuur goed te doorzien. Daarom is Albertus nauwkeuriger Aristoteliaans als hij opmerkt dat de natuur afzonderlijk diervormen maakt en intussen niet nalaat middenvormen te maken, want de 'natuur gaat slechts langs de middenweg (*nisi per medium, De Animal. lib.* II) van het ene naar het andere uiterste'. Zou het woord 'uiterste' begrepen moeten worden als grens, groepsgrens en is Albertus' natuurlijke middenweg Aristoteles' grensstrook?

Cusanus schaarde zich, in de 15e eeuw, aan de zijde van Thomas. 'Hoezeer de dingen ook verschillen, toch zijn zij alle verbonden [Leibniz]. Tussen de genera van de voorwerpen bestaat een samenhang zodanig dat de hogere de lagere in een gemeenschappelijk punt ontmoeten. De heersende ordening tussen de genera (categorieën) is daarom zo, dat de hoogste vorm binnen het ene genus samentreft met de laagste van het volgende, hogere genus, opdat het universum [omhoog gericht] één geheel zal zijn, volmaakt, continu.' (*De Docta Ignorantia* III, i.)

Locke (VIII.5) besloot (in 1690) dat de systematiek van de levende natuur een woordenspel is. Mensen beschikken niet over het vermogen *essentiae* te onderkennen (indien zij al zouden bestaan). Ongetwijfeld, vervolgde hij, wekt de natuur voortdurend goed on-

derscheidbare wezens tot leven, niet steeds nieuwe en anders gevormde, maar organismen die sterk op elkaar gelijken en die verwant zijn. Scheidslijnen tussen soorten zoals mensen plegen te onderscheiden worden door mensen getrokken (op grond van 'discoverable facts'), maar waarom zouden een poedel (shock) en een jachthond (hound) niet even duidelijk verschillende soorten zijn als een spaniel en een olifant? Met 'mens', zei Locke, wordt een wezen bedoeld dat vaag, en al naar de beschouwer anders, omschreven wordt, en dat bepaald niet door nauwkeurige en onveranderlijke, door de natuur ingestelde grenzen omsloten wordt.

Willekeurig hebben mensen een beschrijving of definitie van de mens gemaakt en op grond daarvan zeggen we: 'Dit is een mens, dat is een baviaan' (This is a man, this is a drill).

De conclusie van Locke is het tegengestelde van die van Aristoteles. Vloeiende overgangen tussen de taxa, de belichaamde *essentiae* (genera, species) had Aristoteles in de levende natuur geconstateerd niettegenstaande de zichtbaar aanwezige, verschillende *essentiae*. Maar Locke verklaarde dat voor zover ware *essentiae* (real essences) verondersteld moeten worden, deze noch van elkaar onafhankelijke begrippen, noch door mensen herkenbaar kunnen zijn, ook al is de levende natuur uit voor mensen goed herkenbare groepen samengesteld. De continuïteit van de natuur verhindert een aan scheidslijnen gebonden systematiek. Locke's wijsgerige natuurbeschouwing past niet bij een rechtlijnige, al dan niet éénsporige *scala naturae*.

Het model van de *scala naturae* impliceert dat tussen dode (inerte) materie en levende wezens een overbruggende groep van min of meer levende wezens aanwezig moet zijn. Aristoteles sprak van *zoophyta* en die term veroorzaakte enige onrust in de 18e eeuw. *Zoophyta* zouden begrepen kunnen worden als organismen die enerzijds aan het begin van de planten, anderzijds aan het begin van de dieren een plaats bezetten. Bedoelde Aristoteles organismen die zowel als planten of als dieren beschouwd moesten worden? Als zij aan het begin van de *scala* staan, waar blijft dan het dierlijke van de *zoophyta* als boven hen de reeks slechts door planten wordt voortgezet? Zijn fungi, schimmels en paddestoelen intermediair tussen planten en dieren, zoals Antoine-Laurent de Jussieu dacht (1789) en moeten ze, zoals hij wilde, aan het begin van de *scala naturae* staan? Op de plaats van de *zoophyta*?

Een rechtgeaarde *scala* heeft tussen steen en levend wezen een tussenvorm nodig, natuurlijk een steenplant en geen steendier, evenmin een dierplant. Steenplanten moeten in het Grieks *Lithophyta* heten. Wie heeft ze gezien?

Ter gelegenheid van zijn keurige studie over *Xylaria polymorpha*, de welbekende saprofyt op rottend beukehout, berichtte J. Marchant fils een *Lithophyton* gevonden te hebben (Mém. Acad. Sci. Paris 1711: 100–109). Hij dacht dat hij de gezochte overgang in handen had en noemde de zwam dan ook *Lithophyton terrestre*. Terwijl hij deze missing link zorgvuldig beschreef en afbeeldde (de sporen incluis), vermaande hij zijn lezers de lithofyt niet voor een fungus aan te zien. Linnaeus vermeldde de *Lithophyta* in zijn systeem van 1735 (*Fundamenta*), maar in 1750 maakte hij bekend (*Philosophia Botanica*, Aph. 76) dat de *Lithophyta* die eertijds als Plutoons uitwerpselen (*relicta Plutonis*) beschouwd werden, door Marsigli (X.15) tot de planten gerekend waren en dat Peyssonnel en B. de Jussieu ze naar het dierenrijk verwezen. Daar heeft hij het bij gelaten.

Marsigli had na een studie van zeeplanten en -dieren alle verkalkte organismen voor plantaardig gehouden (*Lithophyta*). Peyssonnel ontdekte dat poliepjes in de Middellandse Zee de bloedkoraalkalk vormden en concludeerde dat de koralen tot het dierenrijk be-

horen. Op hun studiereis vergewisten Antoine en Bernard de Jussieu zich van de juistheid van die vondst en Bernard publiceerde de bevestiging in 1741 (X.12).

Het begin, het laagste punt van de *scala naturae*, was en bleef toch een onzekerheid, althans voor biologen. Het einde, het toppunt van de *scala* was en bleef eveneens problematisch. Zou de afstand tussen apen en mensen, tussen de orang-oetang (chimpansee) en de mens, ook overbrugbaar blijken te zijn? Ver weg, in Afrika en in Azië, hadden reizigers mensen aangetroffen met staarten, mensen die evenmin als apen konden spreken (p. 303–304). Waren zij de tussenvormen, leidend naar de hoogste trap van de *scala*? Linnaeus dacht aan de pygmeeën, aan een *homo troglodytes*, aan de orang-oetang. Of misschien zijn de Hottentotten de meest dierlijke wezens, tussen apen en mensen in. Bonnet verklaarde verbaasd te zijn over het aantal eigenschappen van de mens die met orang-oetang-eigenschappen overeenstemden (bij voorbeeld: geen staart, een gelaat, gebruik van stokken en stenen enz.; 1781). Misschien zijn die twee elkaars variëteiten, geen soorten. Tijdens de Verlichting besloten velen (o.a. Rousseau) dat de mens en de mensapen dezelfde soort zijn. Het criterium dat mensen wèl en apen niet spreken oordeelde Rousseau ongeldig, want spreken hebben sommige mensaapachtigen in de loop der tijden allengs beter geleerd (X.14). Darwin dacht er niet anders over.

Terwijl men zou verwachten dat Buffon en Bonnet, die beiden zoals Locke beweerden dat begrenzingen in de levende natuur bedenksels zijn, het *scala naturae*-model zouden laten varen, bleven zij het concept van de opwaarts strevende levensketen trouw.

Buffon verklaarde in 1760 (*Hist. Nat.* VIII: 572):

> 'Niets is onmogelijk in de natuur. Op alles moet men bedacht zijn en verwachten dat alles wat kan bestaan, bestaat. Onduidelijke soorten, afwijkende voortbrengselen, abnormale organismen zullen ons dan niet meer verbazen en even vanzelfsprekend als alle andere gezien worden als behorende tot een onbegrensd natuurlijk bestel. Zij overbruggen de tussenruimten in de natuurreeks, zij vormen de verdichtingen daarin, bezetten de intermediaire plaatsen, zij vertegenwoordigen begin- en toppunt. Die bijzondere organismen zijn voor overwegingen (l'esprit) kostbare exemplaren, unieke, waardoor de natuur door minder strikt dan gewoonlijk zichzelf gelijk te blijven zich wat meer bloot geeft. Wij kunnen merkwaardige kenmerken ontdekken en vluchtige karaktertrekken die ons te kennen geven dat de oogmerken van de natuur veel algemener zijn dan onze kijk op zaken en dat, indien de natuur dan al niets zonder reden doet, zij zich evenmin houdt aan het beleid dat wij haar toeschrijven'.

Bonnet ontwierp in 1779 als afspiegeling van het natuurbestel een volstrekt éénsporige ladder (Oeuvres, Hist. Nat. ... I). Hij begon de ladder met stoffen nog fijner (plus subtiles) dan vuur en eindigde met de mens, één rechte opwaartse lijn van toenemende ontwikkeling.

In de Échelle des êtres Naturels (fig. 80) wilde Bonnet 52 groepen plaatsen, evenveel als de weken in het jaar. (Linnaeus 'harmoniseerde' zijn indelingen dikwijls evenzo met van nature gegeven getallen, of wat daarvoor doorging.) De eerste 18 groepen zijn stoffen die nog fijner zijn dan de elementen, dan de vier elementen zelf, dan volgen de metalen en daarna de steensoorten. De *Lithophyta* staan tussen de planten en de stenen in, naar behoren; de *Zoophyta* zijn verdwenen en op hun plaats staan de Orties de Mer, de zeeneteldieren en direct daarboven de Polypen. (Trembley's groene Hydra is voor Bonnet het ware plant-dier.)

In Bonnets ladder blijft tussen alle buurgroepen een ruimte open, die nog in te vullen is met later te ontdekken tussenvormen, een taak die in de 16e eeuw begonnen, in de 17e

en 18e eeuw met geestdrift en succes behartigd werd.

Op het eerste gezicht schijnt de natuur grote sprongen te maken, dit wilde Bonnet wel erkennen. Tussen mineralen en planten gaapt een tussenruimte, in weerwil van de *Lithophyta*, maar eens zal de aansluiting gevonden worden. De poliep die Trembley vond en die de afstand tussen planten en dieren overbrugt, was een bemoedigend voorteken voor het vullen van andere lacunes.

Er is een merkwaardige overeenkomst tussen de aanloop in 18 sprongetjes van de dode materie naar levende volgens Bonnet en de 20e-eeuwse evolutie-theorie over het ontstaan van het leven. De twee modellen zijn gelijk en zij stemmen tevens overeen door het voor beide ontbreken van experimenteel bewijs. Darwins metafysica is een voortzetting van het *scala naturae*-model. In de 19e eeuw werd het meer dan tevoren een abstractie, een trend waarbinnen de plaatsing van de groepen en individuen aan weerszijden van de weg naar hoger een wijde strooiing vertoont.

Ook al behield in de Middeleeuwen, in de Renaissance en daarna tot halfweg de 19e eeuw de *scala naturae* als afspiegeling van de natuurlijke rangschikking van alle levende wezens, de keten van naar lichaam zowel als naar ziel toenemend begaafde organismen, de steun van de biologen (en vele anderen), toch beantwoordde een eensporige, rechtlijnige *scala* steeds minder aan de verwachting en aan de toenemende vormenkennis. De toevloed van nieuw ontdekte planten en dieren vulde de ruimten tussen de bekende groepen niet bevredigend, paste niet. De nieuwkomers bezaten eigenschappen, toonden kenmerken die, onmiskenbaar, de vereiste rechtstreekse verbindingen tussen buurgroepen te buiten gingen. Natuurlijke groepen begrenzen elkaar niet aan weerszijden maar veelzijdig, alzijdig eigenlijk en onregelmatig, zoals Linnaeus vaststelde (X.18). De opwaartse weg moest als opwaartse wegen begrepen worden (Lamarck), of behoorde zelfs als concentrische ringen of bollen van centrifugale hogere ontwikkeling te worden voorgesteld (Giseke). Reeds in 1750 verdedigde Vitaliano Donati, die de dierenwereld van de Adriatische Zee bestudeerd had (Della Storia Naturale Marina dell'Adriatico), de opvatting dat de structuur van de planten- en dierenwereld als een netwerk van vormenverwantschappen begrepen moest worden. Dat zou het einde van de *scala naturae* betekenen.

De systematiek van Aristoteles tot Darwin betrof natuurlijke, dat wil zeggen geschapen en (min of meer) constante groepen, planten en dieren. Deze verschilden onderling door de *essentiae*, de Ideeën in biologische zin die zij belichamen, hun vormen gebonden aan de voor elkeen karakteristieke ziel (XI).

Een opstelling en rangschikking volgens *essentiae* was tot de 16e eeuw voor iedereen het bij uitstek natuurlijke systeem, de gegeven natuurorde. De opkomst van het nominalisme (sedert Ockham, IV.3) leidde tot de leer dat kennis van de natuurordening verkregen moet worden door vergelijkende studie van zo talrijk mogelijke (waarneembare) kenmerken (Bacon, Ray): door zo'n werkwijze zal het natuurlijke systeem aan het licht komen.

Degenen die de *essentiae* intuïtief waarnemen (zo maar een boom als boom, een hond als hond herkennen) en die daardoor slechts weinige maar essentiële kenmerken gebruiken om de groepen te karakteriseren, passen – zo zeggen de nominalisten – een kunstmatige methode toe die de natuur een kunstmatig systeem oplegt, een door mensen bespeurd, bedacht en daarom onnatuurlijk systeem. Niettemin was de essentialistische systematicus volgens zijn overtuiging slechts doende de natuurlijke *essentiae* aan te wijzen en te rangschikken, de levende wezens vlug, gemakkelijk en met zekerheid, door middel van enige karaktertrekken, herkenbaar te maken. Groepsgrenzen zijn het resultaat van zo weinig mogelijk menselijk interpreteren en kiezen. Nominalisten daarentegen, kiezen, tellen op,

rijp en groen, vergelijken, synthetiseren: het is alles mensenwerk. Waarom zou hun methode een zekerder weg naar een natuurlijk systeem banen? Nominalisten volgen een 'kunstmatige weg', concludeerden de essentialisten.

Gepaard aan deze begripsverwarring ontstond in de 19e en 20e eeuw een spraakverwarring. Men verwisselde de inhoud van de woorden 'methode' en 'systeem' in historische beschouwingen. De 18e eeuw onderscheidde niet consequent tussen de twee termen; Linnaeus en veel andere auteurs, tijdgenoten en die lang na hem kwamen, gebruikten het woord methode waar 20e-eeuwers systeem zouden gebruiken. Methode is echter voor ons een werkwijze, een voorschrift, en systeem een structuur, een bestel.

Genoeg over deze ontwikkelingen in de natuurwetenschap. Terloops wil ik nog opmerken dat de twee stromingen, essentialisme en Baconisme, (nominalisme) voortvloeiden uit twee metafysische overtuigingen. Het essentialisme vertegenwoordigt het realisme, dat wil zeggen: *universalia ante rem*: eerst de (geschapen) algemene waarheden en wetten en daarna, ten gevolge daarvan, de voorwerpen. Het nominalisme vertegenwoordigt de leer van de *universalia in re*. Algemene wetten zullen door vergelijkende empirische onderzoekingen aan de voorwerpen ontdekt worden. Pas daarna worden zij vastgesteld en getoetst (*universalia post rem*).

Het is noodzakelijk deze historische opvattingen in gedachten te houden bij het lezen van oude systematische teksten of oude systemen. Linnaeus zocht naar een *Methodus Naturalis*, een natuurlijk systeem, en erkende dat hij niet bij machte was dit te ontwerpen. Soorten zijn van nature verwant als zij geheel en al, uiterlijk en wezenlijk, overeenstemmen *(tota facie et natura convenientes)*. Het is mogelijk om door middel van één enkel kenmerk *(una ista nota)* soorten bijeen te plaatsen, maar zo'n kunstgreep leidt tot kunstmatige systemen *(artificialia)*, tot groepen planten die onderling hemelsbreed verschillen *(inter se toto coelo diversa)* en die toch bijeen komen te staan. Voor Linnaeus is één gidskenmerk het eenvoudige middel om planten te identificeren maar géén leidraad bij het construeren van een systeem.

Essentialistische (Linneaanse) systemen waren in de ogen van talrijke 17e-, 18e- en 19e-eeuwers kunstmatig omdat zij steunden op de keuze van (heel) weinig kenmerken. Een menselijke keuze van karaktertrekken van de essentie, te vinden in de *fructificatio* (alle organen die met voorplanting te maken hebben). Een herkenbare essentie verschaft rangschikking, omschrijving, identificatie en toepasbaarheid door middel van een naam.

Terzelfdertijd krijgt de kwalificatie 'kunstmatig' een meer algemene betekenis: 'door mensen gekozen en toegepast', artificieel, onnatuurlijk. Essentialistische systemen zijn kunstmatig en de varianten van de *scala naturae* ook. Natuurlijke systemen zijn resultaten van de Baconistische methode, de nominalistische werkwijze, de numerieke (Adansonse) aanpak. Welbeschouwd verschillen de natuurlijke systemen slechts van de kunstmatige omdat een ruime keus uit honderden (morfologische) eigenschappen de natuurlijke samenhang veel beter zou aantonen dan een kleine keus. Mensenwerk zijn en blijven al die systemen en het verschil tussen de twee groepen rust op het geloof dat de keuze en toepassing van meer kenmerken meer zekerheid zou verschaffen bij het ontwerpen van een natuurlijk systeem.

Omdat vóór Darwin 'verwantschap' een mate van vormgelijkheid aanwijst, duidt 'natuurlijk' niets meer of minder aan dan de 'overeenstemming in gedaante'. Ontegenzeggelijk zal de overeenstemming van vele kenmerken leiden tot een beter bevestigde vormverwantschap, tot meer inzicht in de natuurlijke samenhang.

Het antwoord van de essentialisten kon echter zijn dat de keuze van weinig maar

doorslaggevende kenmerken sneller tot gemakkelijker hanteerbare resultaten leidt. *Accidentiae* bijeen te zoeken, te zeven en op te tellen is tijdverspilling want zij volgen de *essentialia*.

Na Darwin, toen in de systematiek fylogenie het heft in handen nam en sexuele stamverwantschap het vereiste fundament voor vormverwantschap werd konden met dezelfde argumenten alle pre-Lamarckse systemen als kunstmatig worden betiteld. Niettemin heeft de huidige werkwijze in de systematiek, de alzijdige kenmerkeninzameling en daarna de synthese van de oogst, het nominalisme als oorsprong hoewel het nominalisme aanleiding gaf tot de ontkenning van duurzame grenzen tussen natuurlijke groeperingen (die daarom van nature kunstmatig moeten zijn). Omdat de fylogenie de onvaste, verschuivende begrenzingen van de groepen naar gebeurtenissen in het verleden verwees, door de toegevoegde tijdfactor de ruimte aanbood voor leemtevullende veronderstellingen, was de leer van de afstamming met veranderingen onweerstaanbaar aantrekkelijk voor nominalisten, een schrikbeeld voor essentialisten.

De nominalistische methode verwierf de volstrekte leiding in de 20e eeuw. Heden ten dage is een natuurlijk systeem een rangschikking na toepassing van Bacons en Adansons methoden die echter tevens fylogenetisch onderbouwd moet zijn en gesteund wordt door zoveel mogelijk informatie van zoveel mogelijk disciplines (bij voorbeeld fytochemie, embryologie, anatomie, fysiologie, cytologie, karyologie en palaeontologie).

16. Leven en werken van generaal Linnaeus

De oudste zoon in het kinderrijke gezin van dominee Nils Ingemarsson te Råshult (Småland, Zuid-Zweden) – hij liet zich Linnaeus noemen – werd Carl gedoopt. Carl Linnaeus (1707, Råshult – 1778, Uppsala) verzorgde in zijn jongensjaren samen met zijn vader, een plantenliefhebber en -kenner, de collectie die hij in zijn tuin bijeengebracht had. J.S. Rothman(n), leraar aan het Gymnasium te Växjö, leerde hem de plantensystematiek van De Tournefort en de inhoud van Vaillants opzienbarende *Sermo* (p. 651) met het gevolg dat Carl niet theologie, maar medicijnen ging studeren.

In Lund, waar Carl in 1727 arriveerde, vond hij bij K. Stobaeus (1690–1742) onderdak. Stobaeus, arts, gaf o.a. colleges over schelpen. Linnaeus leerde hoe hij een herbarium moest maken, neusde in zijn naturaliënkabinet en vond de deur van de bibliotheek, die aanvankelijk op slot zat, na enige tijd voor zich geopend. Stobaeus en hij werden goede vrienden. Toch waren de mogelijkheden voor een goede opleiding in Uppsala zoveel beter dat Linnaeus in 1728 verhuisde.

O. Rudbeck senior (1630–1702), knap anatoom, begon de Botanische Tuin in Uppsala in 1657 en schreef onder meer *Campus Elysii* (geholpen door zijn zoon), een geïllustreerde wereldflora. Het eerste deel verscheen, maar de resterende tien gingen verloren. Duizenden houtsneden verbrandden in de stadsbrand van 1702 samen met zijn aantekeningen en herbarium. Dezelfde brand vernietigde de planten uit, en de gegevens over, Lapland die O. Rudbeck junior (1660–1740) in 1695 naar Uppsala had gebracht. Door zulke en andere oorzaken was het onderricht in de levenswetenschappen in Uppsala abominabel.

De vervallen Botanische Tuin kreeg dadelijk Linnaeus' aandacht en tevens was het herbarium van J. Burser (1583–1639) beschikbaar. Burser, een medicus van Duitse afkomst, was in Denemarken leraar geweest en had tijdens vele reizen een groot herbarium bijeengebracht. Hij stuurde meer dan 3000 planten naar Kasper Bauhin, die ze in zijn *Pinax* behan-

delde.

Boeken vond Linnaeus in de universiteitsbibliotheek en bij Rudbeck. Januari 1729 bezocht Linnaeus Stockholm om de ontleding van een vrouw bij te wonen, die na enig uitstel was opgehangen zodat men bij de demonstratie van gunstige (koude) weersomstandigheden zou kunnen profiteren. Na een tweede ontledingsbijeenkomst, in Februari, keerde hij naar Uppsala terug. Op anatomisch gebied heeft Linnaeus, noch voor de zoölogie noch voor de botanie, van enig talent blijk gegeven.

Voorjaar 1729 kwam hij met O. Celsius in aanraking. Celsius (1670–1756), hoogleraar in de theologie en Domprost in Uppsala, bood hem kost en inwoning aan en het gebruik van zijn bibliotheek. Aan een tweedelig boek over planten van de bijbel, *Hierobotanicon* (1745, 1747) dat Celsius onder handen had, werkte Linnaeus mee. Zij maakten excursies en Linnaeus bestudeerde Celsius' herbarium. Celsius bedacht de temperatuurschaal van 100° tussen vries- en kookpunt van water (vriespunt 100° en kookpunt 0°. Linnaeus draaide deze cijfers juist andersom en hij heeft dus bijgedragen aan het tot stand komen van onze Celsius-thermometer. Op Nieuwjaarsdag 1730 kreeg Celsius van zijn gast een manuscript ten geschenke, getiteld *Praeludia Sponsaliorum Plantarum*, waarin verduidelijkt werd hoe planten zich zoals dieren vermeerderen door een liefdeleven dat technisch noch romantisch achterbleef bij dat der mensen. Het opstel stond Celsius, die bijbelse trekjes moet hebben herkend, zeer goed aan.

> 'De kroonbladen van een bloem dragen niets bij aan de voortplanting, want zij dienen slechts als het bruidsbed dat de verheven Schepper zo schitterend heeft toebereid, verfraaid heeft met zulke kostelijke bedgordijnen, en welriekend maakte met zo veelsoortige zoete geuren opdat bruid en bruidegom daarin hun huwelijk mogen vieren met verhoogde plechtigheid' (citaat uit Blunt 1971: 34).

Begin mei 1730 begon Linnaeus als tweedejaars student en tijdelijk aangesteld als demonstrator, met eclatant succes plantkunde-onderwijs te geven. Rudbeck jr. nodigde hem uit bij hem zijn intrek te nemen en betaalde lessen te geven aan drie van zijn zonen (Rudbeck had van drie echtgenoten 24 kinderen). Linnaeus begon aantekeningen te maken ter voorbereiding van *Fundamenta Botanica* (het 5e hoofdstuk van de *Fundamenta* werd een bewerking van *Praeludia*).

Een minimaal bedragje van de Koninklijke Uppsala Academie van Wetenschappen – alles wat men kon besteden – stelde Linnaeus in staat een natuurwetenschappelijke reis naar Lapland te ondernemen (1732) waar hij het land, het volk, en de natuur goed bestudeerde en met fantasie aanvulde wat hij aan tekentalent te kort schoot. Terug in Uppsala publiceerde hij *Florula Lapponica* (1732), het eerste drukwerkje waarin Linnaeus zijn 'sexuele systeem', namelijk rangschikking volgens kenmerken van de voorplantingsorganen, begon toe te passen. Het daaropvolgende jaar vergezelde hij zijn studievriend Claes Sohlberg op een tocht naar Dalekarlië, om Kerstmis bij diens familie in Falun te vieren. Daar leerde hij de dochter van de welgestelde gemeente-arts van het kopermijnstadje Falun kennen, Sara Elisabeth Moraeus (1733). Een studiereis tot over de Noorse grens volgde en Linnaeus was in 1734 weer in Falun. Hij begon een *Systema Lapidarum*, een stenensystematiek, en hij maakte de *Florula* verder gereed om als *Flora Lapponica* in 1737 te Amsterdam te kunnen verschijnen.

Sara Lisa kreeg toestemming voor een verloving, maar getrouwd mocht worden nadat Carl medisch doctor zou zijn. Promoveren was in Zweden onmogelijk, zodat hij, met financiële hulp van Moraeus, samen met Sohlberg zuidwaarts trok om in Harderwijk de daar snel verkrijgbare doctorshoed te gaan halen. Rothmann en zijn collega N. Rosen

van Rosenstein (1706–1773) promoveerden in die universiteit (1648–1818). Via Travemünde gingen Carl en Claes naar Hamburg, vanwaar zij wat haastig vertrokken toen Linnaeus publiekelijk aantoonde dat de opgezette zevenkoppige draak in de collectie van de natuurminnende burgemeester een vervalsing was.

Hij vertelt in *Systema Naturae* (1735) hoe hij in Hamburg de veelkoppige *Hydra* onder ogen kreeg, die op de *Hydra Apocalyptica* (Openbaring (Joh.) 12 en 13) geleek. De natuur blijft zichzelf steeds gelijk, zegt Linnaeus, en een dier kan daarom slechts één kop hebben. Bovendien had het slangachtige ding de tanden van een marterachtige, zodat het een gemakkelijk te ontdekken falsificatie bleek te zijn.

Toen naar Amsterdam, waar hij de *Hortus Medicus* bezocht en Burman en Seba ontmoette. Per zeilschip voeren zij over de Zuiderzee naar Harderwijk om het proefschrift in te leveren: een betoog dat wonen op een kleibodem de derdendaagse koorts veroorzaakte. Na een geleerd gesprek, het schrijven van een opstel over twee Hippokratische aforismen, en de diagnose van een geval van geelzucht (waarna hij medicijnen voorschreef) werd Linnaeus een dag na aankomst *candidatus medicinae.* In de week daarna maakte hij excursies met zijn promotor Johan de Gorter en diens zoon David. Precies een week na zijn aankomst promoveerde Carl (23 juni 1735).

Na vier dagen Amsterdam ging hij in Leiden Boerhaave bezoeken; de Hortus Botanicus aldaar werd door Adriaan van Royen beheerd. Het bezoek aan Boerhaave had slechts plaats nadat de dienstmaagd die de toegang belette, een vertederende penning ontvangen had. Het manuscript van *Systema Naturae* had Linnaeus Gronovius (p. 938) ter hand gesteld en deze ontdekte de kwaliteit van die studie.

Samen met Boerhaave wandelde Linnaeus in het arboretum in Poelgeest, een tuin die Linnaeus als een paradijs beschouwde. Hij kon een *Sorbus* die Boerhaave als een niet-beschreven zeldzaamheid beschouwde, dadelijk identificeren en ter plaatse zijn mening staven met Vaillants *Botanicon Parisiense,* een boek dat Boerhaave in zijn bibliotheek bij de hand had. Het was de best mogelijke introductie. Weldra waren zij goede vrienden. Linnaeus droeg *Genera Plantarum* (1737) aan Boerhaave op, met diens instemming.

Boerhaave probeerde Linnaeus aan Holland te binden. Hij bood hem aan fondsen te zoeken nodig voor een reis naar Kaap de Goede Hoop en naar Amerika om planten te verzamelen en stelde een leerstoel in Leiden in het vooruitzicht na terugkeer. Linnaeus weigerde, want hij wilde naar Zweden terugkeren. Amsterdam lag op de terugweg en Boerhaave schreef Burman een brief die mede oorzaak werd dat Linnaeus besloot de winter in Amsterdam te blijven, bij Burman die hem een goede studeerkamer beloofde.

Hij ontmoette bij Burman een der Heren Zeventien, schatrijk, eigenaar van het buiten De Hartecamp (bij Haarlem): George Clifford (1681–1760). De Hartecamp was voorzien van prachtige tuinen, kassen en een dierentuin. Gronovius bracht Clifford op de gedachte Linnaeus naar de Hartecamp uit te nodigen, als lijfarts en als beheerder van de plantencollecties. Toen Linnaeus Cliffords verzameling had gezien, accepteerde hij de uitnodiging van harte. Hij bracht Cliffords herbarium op orde, voegde nieuw materiaal toe en beschreef de soorten. Dit herbarium werd in 1791 door J. Banks gekocht en bleef bewaard in het Brits Museum (Natural History) in Londen. Ofschoon Linnaeus eind September 1735 naar de Hartecamp kwam, met het voornemen om alleen de winter bij Clifford door te brengen, bleef hij meer dan twee jaar. Er was een fraaie bibliotheek, hij had tijd voor eigen werk en kreeg een goed salaris. Drie publikaties over Cliffords planten volgden.

Een studiereis naar Engeland was vooreerst zeker bedoeld om Hans Sloane (1660–1753) te bezoeken, auteur van Natural History of Jamaica, die in 1727 Isaac Newton als presi-

dent van de Royal Society was opgevolgd. Sloane deed stroef, waarschijnlijk omdat hij weinig geneigd was Linnaeus zijn rommelige en slecht onderhouden collecties te laten zien.

Meer respect en belangstelling had Linnaeus voor Philip Miller. Zeker moet zijn bezoek aan Dillenius in Oxford genoemd worden, ook al kon hij die toentertijd niet van de kwaliteit van zijn systematiek overtuigen. Later begreep Dillenius de technische voordelen van Linnaeus' methode ten volle en zij werden zelfs zo goed bevriend dat Dillen hem (tevergeefs) uitnodigde in Oxford te komen doceren.

Een nieuwe mogelijkheid om tropenervaring op te doen, weer door Boerhaave geopperd, was een aanstelling als medicus bij de West-Indische Compagnie (Suriname), maar Linnaeus weigerde (1737).

De Leidse Hortus Botanicus was volgens Boerhaave's aanwijzingen gerangschikt en Van Royen wilde een herziene aanleg volgens Linnaeus' systeem. Nu liet Linnaeus zich overhalen om de winter in Leiden door te brengen om samen met hem de Hortus te hervormen, volgens een opstelling overigens noch volgens Boerhaave, noch volgens Linnaeus, maar volgens Van Royens systeem.

Mei 1738 ging Linnaeus naar Parijs na van Boerhaave als goede vriend afscheid genomen te hebben. Hij wisselde daar een maand lang met de De Jussieus gedachten over botanische systematiek, bezocht levende en dode plantencollecties en maakte enige excursies (X.20).

Terug in Zweden vestigde Linnaeus zich als arts in Stockholm en nam actief deel aan de oprichting van de Koninklijke Academie van Wetenschappen aldaar (1739). Hij werd de eerste president. Dokter Linnaeus bleef echter voorlopig zonder patiënten.

Na een medische praktijk (o.a. in Helmstädt) was J.G. Siegesbeck (1686–1755) in 1735 naar Sint Petersburg geëmigreerd, waar hij directeur van de Botanische Tuin en (in 1742) lid van de Academie van Wetenschappen werd. In botsing gekomen met zijn collega's werd hij in 1747 van zijn functies ontheven, waarna hij naar Duitsland terugkeerde en daar tot zijn dood als arts werkzaam bleef.

Als vriendschappelijke geste noemde Linnaeus in 1737 een plantengenus *Siegesbeckia* en er verscheen een fraaie afbeelding van een *Siegesbeckia*-soort in *Hortus Cliffortianus. Systema Naturae* (1735) en *Fundamenta Botanica* (1736), waarin Linnaeus het 'seksuele' systeem toepaste, irriteerden intussen Siegesbeck zo heftig dat hij een verbitterde kritiek schreef (*Botanosophiae Verioris Brevis Sciographia*), die nog in 1737 gepubliceerd werd. Het was ondenkbaar, riep Siegesbeck, dat God zo'n hoererend plantenrijk zou hebben gewrocht. Kan iemand zich voorstellen dat blauwklokjes, lelies en uien zo'n ontucht zouden bedrijven? Het bloemhoofdje van de Composieten is een kring bedden van deugdelijk getrouwden omringd door een kring bedden van dellen die door getrouwde mannen bevrucht worden. Een gruwel. Linnaeus, gedachtig aan Boerhaave's advies nimmer te polemiseren, wachtte zijn tijd af. Lang daarna, toen hij een rangorde van systematici opstelde volgens een leger-hiërarchie waarin hijzelf als generaal zitting nam, kreeg Siegesbeck de laagste rang: sergeant-majoor. De vermelding was voorzien van de honende toevoeging 'de Petersburgse professor', ter herinnering aan zijn ontslag, toen vier jaar geleden.

Tien jaar later viel L. Heister (1683–1758), hoogleraar te Helmstädt, Linnaeus aan wegens zijn zedeloze planten (1748); zou hij Siegenbeck, vroeger een stadgenoot, gekend hebben? Linnaeus sloeg terug door een doornige struik *Heisteria* te noemen (een naam die zijn plaats niet gehandhaafd heeft). Nog wat later voegde Ch. Alston (1685–1760), een Schotse student van Boerhaave die de leerstoel voor botanie in Edinburgh bezette,

zich bij de bezwaarden.

De kritiek van Siegesbeck en nog anderen (waaronder Goethe) was natuurlijk niet de enige en ware oorzaak van Linnaeus' gebrek aan patiënten. Behoorlijke Zweden vermeden ongetwijfeld auteurs van onzedelijke geschriften en, bovendien, Linnaeus had op medisch terrein niets van belang uitgericht. De geschiedenis gaf echter glimlachend repliek. Geslachtsziekten waren omstreeks 1738 in Stockholm een rampzalige en in omvang toenemende plaag. Linnaeus slaagde in de snelle opbouw van een lucratieve praktijk, nadat hij met succes een kwikpreparaat toepaste dat Boissier de Sauvages (X.20) hem geadviseerd had. Een vlug van een verkoudheid genezen hofdame verschafte hem bovendien contacten met de koninklijke familie. Hij werd geneesheer bij de marine en trouwde Sara Lisa in 1739; zijn zoon Carl werd in 1741 geboren. In hetzelfde jaar kreeg Linnaeus het professoraat voor medicijnen en botanie in Uppsala. Tevoren had hij colleges over mineralogie in het Stockholmse Bergkollegium gegeven.

Met studenten maakte hij een excursie naar de Oostzee-eilanden land en Gotland (1741), en zijn boek met het reisverslag verscheen in 1745. De index is de eerste lijst van binominale plantnamen (X.19).

Het herbarium en de tuin te Uppsala waren Linnaeus' schoonste bezittingen, maar hij bracht ook collecties mineralen, vogels, amfibieën en vissen (gedroogd op papier geplakt), schelpen en insekten bijeen, terwijl hij met levende vogels en zoogdieren wat liefhebberde.

De Botanische Tuin, gerangschikt en verrijkt door Linnaeus, bloeide op onder de dagelijkse leiding van D. Nietzel, voorheen tuinbaas op de Hartecamp. Toen Nietzel overleed (1756) kwam de tuin echter opnieuw in verval en ging in 1786 te gronde. De Zweedse Linnaeusvereniging voltooide in de 20e eeuw een reconstructie (1955).

De universiteit groeide in aanzien door Linnaeus' werkkracht, charisma en onderwijs. Van heinde en ver kwamen studenten naar Uppsala om van hem te leren en om praktisch onderricht in de Botanische Tuin en te velde te ontvangen. De tuin die Rudbeck eens was begonnen, kon in die jaren met de beste ter wereld wedijveren en Linnaeus' boeken verschenen in hoog tempo, stuk voor stuk een wetenschappelijk succes. Zijn leerlingen reisden naar alle werelddelen om naturalia in te zamelen, terwijl Linnaeus zelf studiereizen maakte in Zweden (1746, 1747, 1749, 1751). Archiater (Aartsgeneesheer) werd zijn titel in 1747, een koninklijke onderscheiding. In 1758 volgde de benoeming tot Ridder in de Orde van de Poolster en in 1762 werd hij in de adelstand verheven en kocht Carl von Linné (Carolus a Linné) het buitenhuis Hammarby.

Zijn gezondheid werd in de jaren vijftig langzamerhand minder. Hij leed aan reumatiek en kon de pen niet meer vasthouden. Hij liep steeds moeilijker en een reeks beroertes (1773) tastte zijn geest en lichaam voortdurend verder aan. In 1778 stierf hij, dement en verlamd.

Van regeringswege had Linnaeus het recht gekregen zijn opvolger aan te wijzen. Na enige aarzeling liet hij zijn zoon Carl, tweeëntwintig jaar oud, als toekomstig hoogleraar benoemen. Deze had enige aanleg en belangstelling voor biologie, maar men mag vermoeden dat de houding die zijn moeder jegens hem aannam hem mentaal te zeer beschadigde om te kunnen slagen. Hij schreef een *Supplementum Plantarum* met betrekking op *Systema Vegetabilium* (13e druk, 1774), *Genera Plantarum* (6e druk) en *Species Plantarum* (2e druk). Toen zijn vader stierf eiste Linnaeus filius zijn collecties op, die zijn moeder en zusters op grond van het testament echter niet afstonden. Per slot van rekening werden Linnaeus' herbarium (vrijwel geheel), zijn bibliotheek en zijn correspondentie gekocht

door J.E. Smith, medeoprichter van de Linnean Society te Londen (1788) en die tot zijn dood president bleef. Smith kocht de collecties in 1784 en behield deze in eigendom, zodat zijn weduwe in 1829 aan de Linnean Society de Linnaeus-nalatenschap verkocht, en wel: het herbarium, de botanische en de zoölogische boeken, manuscripten en correspondentie, de vissen en de schelpen. Veel zoölogisch materiaal bleef in Zweden (o.a. in Uppsala) en een collectie herbariumexemplaren samengesteld uit giften van Linnaeus aan anderen is nog steeds in Stockholm. Het Lapland-herbarium is in het Institut de France in Parijs en het Clifford-herbarium in het Brits Museum in Londen (X.27).

17. De triomf van het essentialisme

Voor Linnaeus waren de levende natuur en hijzelf Gods schepping. Hij was er zeker van dat hij die natuur bekwaam zoals geen ander volgens Gods wil en met Zijn hulp bestudeerde. De ordening van die schepping te ontdekken en daarna alle mensen zicht op en toegang tot dat wonderbaarlijke natuurbestel te verschaffen, in harmonie met hemel en aarde, was Linnaeus' levensvervulling, zijn roeping. Het was hem geopenbaard, behoefde geen nader onderzoek of bevestiging en zoals een discipel deelde hij de ware staat van zaken aan wie het weten wilde, mee. Paulus en Linnaeus schreven dezelfde stijl.

Aristoteles' logisch-wijsgerige natuurbeschouwing is het fundament voor elk natuuronderzoek. Uit vier elementen, aarde, lucht, water en vuur, bestaat het universum en alles daarbinnen. Linnaeus wist het onwrikbaar zeker.

Hierna laat ik voorbeelden volgen van de getallensymboliek die Linnaeus na aan het hart lag. De Platonische getallenharmonie die zijn voorgangers (bijvoorbeeld Coiter en Ray) naleefden, handhaafde Linnaeus, als een vorm van alchemie in de systematiek, die bij mijn weten nog geen bijzondere aandacht van de Linnaeologen heeft getrokken.

Levende wezens zijn zoals machines gebouwd (Boerhaave) en de levensfuncties worden door elektrische en vuurachtige invloeden opgewekt door vloeistofdruk en -transport en door ademen gaande gehouden. Steun voor deze meningen vond Linnaeus in de bijbel, in Aristoteles en vooral in Seneca's *Naturalium Quaestionum* (II.13), terwijl hij veel van zijn gading vond bij Cesalpino en Van Helmont.

Naar goed gebruik constateerde hij verregaande overeenkomsten tussen de weefsels en organen van planten en dieren: stengelmerg en ruggemerg, schors en huid, enzovoorts. Allerlei nieuwigheden kon hij nog toevoegen, want de bouw van de bloem bleek tot in verbluffende details overeen te stemmen met die van de geslachtsorganen van de mens. La Mettrie miste deze kans voor een sardonische kritiek (XI.34) niet.

Over Linnaeus' maatschappelijk gedrag, dat velen als arrogant en ijdel beschouwden, en over zijn uitspraken over zichzelf en zijn prestaties hebben alle latere auteurs vergoelijkend, of spottend, of verbaasd geschreven. Mijn opmerking mag er nog bij: zijn beoordeling van zichzelf en van zijn eigen werk is volstrekt logisch en natuurlijk. Wie met zekerheid weet dat hij Gods rangschikking volgens Zijn vingerwijzing meedeelt, behoort onbeschroomd te verklaren dat deze mededelingen ongeëvenaard zijn, geen weerga kennen. Daarom mag Linnaeus zijn *Fauna Suecica* over de Zweedse dieren (1746) 'de beste verhandeling over systematische dierkunde die ooit ter wereld het licht zag', noemen en *Systema Naturae* 'een meesterstuk dat niemand ooit te vaak kan herlezen of te veel bewonderen'. Hij zou God te kort doen als hij niet verklaarde dat *Species Plantarum* 'het hoogste is dat ooit in de wetenschap tot stand kwam'.

Linnaeus was essentialist. De beschrijving van de *essentia* van elke afzonderlijke groep organismen heet *definitio*. Definities zijn te vergelijken met stenen in een mozaïek of van een bouwwerk. Het totaal van de definities is het tafereel van de vormen van alle levende organismen, een statisch bestel, een panopticum, dat is een werkelijkheid in abstracto die zich in concreto als planten en dieren manifesteert.

Een essentialistische (of idealistische) systematiekstudie is deductief van aard. Intuïtief wordt de onderzoeker de essentie gewaar door de beschouwing van uiterlijke vormen. De methode om de definitie te begrenzen is vormvergelijking. Uit deze vergelijking blijken overeenstemming en verschil en inductief besluit men tot wat samenbindt - en noteert deze gegevens - en tot wat scheidt, omdat de vormen verschillen. Als resultaat ontstaat een omschrijving van groepen levende wezens; elke groep bestaat uit individuen die aan dezelfde groepsdefinitie voldoen en dus essentieel dezelfde zijn.

In de mededeling 'een roos is een plant' is roos definitie en plant *genus*, want plant past ook op lelie en eik, is plurivalent, terwijl roos univalent is. Het woord roos is een symbool, een naam die kortheidshalve de woordenformule kenmerkend voor elke roos, elke rozengroep, vervangt.

Het verschil tussen roos en lelie of de eik, of alle andere planten, is de *differentia*. De *differentia* is dat wat de roos roos doet zijn en wat dus geen andere plant bezit: het roosachtige. Bloemkroonbladen zijn aanwezig in elke roos, gevolgen van zijn *essentia*. Een bloemkroon is daarom een *proprium* van een roos, maar de aanwezigheid van een bloemkroon maakt een bloem nog geen roos. In ons voorbeeld heeft een lelie ook een bloemkroon. Een *proprium* is dus niet specifiek, maar wel aan *essentia* gekoppeld. Daarom kan bij voorbeeld in een bloemkroon een *proprium* dat bijdraagt aan de *differentia* gevonden worden: het aantal. Vijf kroonbladen bij een roos, drie (of zes) bij een lelie. Eigenschappen die niet aan een *essentia* gekoppeld zijn, zijn 'toevallig', bijkomstig, en heten *accidentia*. Voor dit slag variaties behoort een degelijke botanicus geen belangstelling te hebben (*Varietates levissimas non curat botanicus*).

Onnodig hier uit te spinnen dat de theorie van het toevallige accidens in de biologie (en systematiek) moeilijk verdedigbaar is gebleken.

Platoons leer gaat uit van species, de verschijningen of gedaanten van levende wezens. Zij zijn de belichaming van Ideeën, Ideeën zoals 'plantaardig' of 'roosachtig'. Elk voor zich en samen maken species de bijbehorende Idee kenbaar.

Aristoteles' leer beschouwt levende wezens bovendien finalistisch, dat wil zeggen: het resultaat van een doelgerichte opbouw. Een gering begin vermeerdert zich onophoudelijk, in hoeveelheid en als organisatie, totdat het doel, het volwassen levende lichaam, voleindigd is, een hiërarchie van opvolgende groeifasen.

Platoons levende natuur is tijdloos, is alle species, alle alternatieve Idee-expressies samen, voor altijd.

Aristoteles' levende natuur is het onveranderlijke bestel van mettertijd volgroeide organismen, die alle de eigen ontwikkeling vertonen en moeten volgen om de eigen vorm te bereiken. Indien we nu de Aristotelische genus-*essentia* gelijkstellen aan Platoons Idee - dat is in de systematische biologie toegestaan - dan wordt elke *essentia* weliswaar Platonisch-intuïtief herkend door levende wezens in ogenschouw te nemen, maar de formule voor de genus-*essentia*, diens omschrijving, wordt door empirisch onderzoek inductief vastgesteld.

Linnaeus volgde de leer van Aristoteles, met dit verschil dat hij de term genus een vaste plaats toewees in de logische indeling van het planten- en dierenrijk, zoals De Tournefort

al in eerste aanloop had ondernomen. De genus-definitie (*essentia*) + een *differentia* (het soorteigene) is de formule voor een soort, een species binnen dat genus, besloot Linnaeus.

Aan de biofilosofie van Aristoteles gaf Linnaeus structuur door streng methodisch, scholastisch-logisch een hiërarchie van categorieën te ontwerpen. Hij ging uit van de organische *essentiae* als realiteiten *in abstracto, a priori* en *in esse* (*universalia ante rem*). Dit gegeven werkte Linnaeus natuurgetrouw uit met de zekerheid dat hij de *essentiae* als door God geschapen structuren uit de bonte mengeling van *differentiae, propria* en *accidentiae* kon zeven, soms onmiddellijk en dan weer na voortgezette studie. Het was het doel van zijn werkzaamheid, de oorzaak van zijn ongeëvenaarde resultaten en het scherpte zijn onderscheidingsvermogen zozeer dat hij naar geen microscoop en zelfs naar geen vergrootglas taalde (*Systema Naturae*; 1735). God schiep waarna Linnaeus Zijn ordening omschreef. Als alle genus-*essentiae* gedefinieerd zullen zijn en daardoor gemakkelijker te herkennen en paraat in het geheugen blijven is de kennis van de bouw van de schepping beschikbaar voor alle biologen, alle mensen: een groots uitzicht op Gods glorieuze gift, kortom op de levende natuur.

God schiep en het was goed: dan is wijziging van het geschapene ondenkbaar. Deze (Thomistische) gevolgtrekking is Linnaeus trouw gebleven. Toen de toevloed van nieuwe vormen, uit alle werelddelen afkomstig, van nieuwe waarnemingen vlak bij huis, van fossiele vondsten, in de loop van de 18e eeuw de essentialistische systematiek dreigden aan te tasten, veronderstelde Linnaeus de schepping van omstreeks 58 *essentiae* (6e editie *Genera Plantarum*; 1764). Geconcretiseerd verschenen zij als genera (p. 937).

Het werk van Linnaeus is de bekroning en de afsluiting van de essentialistische systematiek. Zijn werkwijze heeft zich, met technische verfijningen, tot op heden gehandhaafd, hoewel de theorie vrijwel verdwenen is. Deze verloor al in Linnaeus' nadagen meer en meer terrein en na Darwin sloeg de theoretische systematiek andere wegen in. De taxa die Linnaeus onderscheidde bleven in meerderheid vrijwel ongewijzigd aanvaard.

De scholastiek richtte de pijlers op waar Linnaeus' methode op steunt (*totidem artis columnae*): *numerus* (aantal), *situs* (plaats), *figura* (vorm) en *mesura* (maat). Deze gegevens zijn, vanzelfsprekend, daar te vinden waar de natuur van geslacht op geslacht de geschapen *essentia* doorgeeft, dus in de bloem en zijn voortplantingsorganen.

Vijf categorieën beheersen de natuurlijke hiërarchie: *genus summum, genus intermedium, genus proximum, species* en *individuum*, zeiden de Middeleeuwers en Linnaeus ontdekte voor de systematiek vijf niveaus: *classis* (klasse), *ordo* (orde), *genus*, *species* (soort) en *varietas*. Analyserend onderzoek bevestigt in de regel de op voorhand en intuïtief opgemerkte, van nature geschapen categorieën, in dit geval de *essentiae* van genus en species. Als de genus-*essentia* zijn formule ontvangen heeft, krijgt de species met een enkel woord, dat de *differentia* met name aanduidt, zijn bijzondere plaats binnen het genus. De species zijn ongetwijfeld constant, zij het soms wat wisselvallig van voorkomen, zodat bij uitzondering een *varietas* onderscheiden kan worden. Boerhaave en De Tournefort vergisten zich niet zelden door *varietas* als species aan te zien.

Classis en *ordo* zijn, voorlopig althans, conclusies getrokken uit gelijkheden tussen *essentiae* van lagere rang. Hier moet de essentialistische aanpak, die van nature zo efficiënt de omgrenzing van genera en soorten leidt, blijven rusten en moet een nominalistische methode uitkomst geven, *universalia in re*, of eigenlijk *universalia post rem*. Het natuurlijke essentialistische bestel laat een gelijkwaardige kennis van de hogere categorieën (nog) niet toe en Linnaeus moest tot de nominalistische kunstgreep zijn toevlucht nemen.

Parmenides en Platoon hadden al op het ontbreken van hiaten in de kosmos gewezen

en als nader bewijs voor deze volheid citeerde Linnaeus als motto voor *Systema Naturae* (1735) vers 24 van psalm 104. De psalmdichter richt zich daarin tot Jehova, wijst op de veelheid van het in wijsheid geschapene 'waarvan de aarde vervuld is'. Linnaeus' tekst - de bijbeltekst treft men met veel variaties aan - luidt '*quam plena est terra*' en *plenus* betekent letterlijk en figuurlijk 'vol'.

Alle categorieën grenzen aan elkaar, moet of mag men dus geloven, maar voorshands laat onze kennis slechts een schets toe, een voorlopige grenslijn tussen *classes* en *ordines* onderling. We zien ons genoodzaakt op die niveaus in de hiërarchie van de schepping min of meer op goed geluk een *fundamentum divisionis* te kiezen, dat wil zeggen een gidskenmerk dat dikwijls niet of onvolkomen met de andere eigenschappen van de *classis* of *ordo* verbonden schijnt te zijn.

Bovenstaande aantekening over Linnaeus' gedachtenwereld en werkwijze (uitvoeriger overzichten o.a. door Stearn, 1957; Cain, 1958; Stafleu, 1971) is een poging om kort gevat de hoofdzaken te vermelden. De overeenstemming tussen Aristoteles' en Linnaeus' biologie kwam overigens niet voort uit Linnaeus' grondige kennis van Aristoteles' biologische geschriften. Hij had ze fragmentarisch en vluchtig gelezen, meer niet. De overeenstemming is veelal een parallel tussen het denken en de daarmee verbonden methode van twee grote biologen.

Voordat ik nog enige gegevens en notities over Linnaeus' publikaties toe ga voegen, wil ik opmerken dat een immense hoeveelheid Linnaeus-literatuur verschenen is en dat enige recente, gemakkelijk verkrijgbare, van veel referenties voorziene studies met groot profijt geraadpleegd kunnen worden, zoals van Stearn, Stafleu en Blunt.

De eerste publikatie van Linnaeus in Holland was *Fundamenta Botanica* (september 1735; '1736'). Op 36 bladzijden staan 365 aforismen, geordend in 12 hoofdstukken. Let op de harmonie: 'Flora's jaarcyclus' omvat 365 dagen die in 12 maanden geordend worden en die hiaatloos op elkaar volgen; gelukkig vult de wetgeving precies 3 × 12 bladzijden druks.

In het voorbericht deelt de auteur mee dat alle genera en soorten van nature bestaan (*Omnia genera et Species naturalia sunt*), hetgeen een oorlogsverklaring aan de nominalisten inhoudt. Aforisme 159 luidt: Wij verklaren dat het aantal genera gelijk is aan het aantal verschillende bloem- en vruchtvormen dat de natuurlijke plantesoorten voortbrengen (*Genera tot dicimus quot fructificationes proferunt plantarum species naturales*). Een slordig geformuleerde stelling, die ik citeer omdat hij bewijst hoezeer Linnaeus zich in 1735 nog naar de genera-systematiek volgens De Tournefort richtte.

De termen genus en species gaf Linnaeus (1735) een Aristotelische inhoud: 'De gedaanten der planten (*vegetabilium species*) zijn *Lithophyta, Algae, Fungi, Musci, Filices, Gramina, Herba cum Arboribus*'. *Herba cum Arboribus* geldt als één species (kruid en bomen), want dat levert 7 species (evenveel als de dagen van de week). Er is één genus, het plantenrijk (*Regnum Vegetabile*), de genoemde 7 species tonen ons alle plantaardige vormen.

De *Fundamenta* zijn in 1750 als *Philosophia Botanica* ('1751') uitgewerkt opnieuw verschenen; van laatstgenoemd werk werd in 1966 een facsimile-uitgave gedrukt.

Een maand na *Fundamenta* kwam *Bibliotheca Botanica* van de pers (oktober 1735), een overzicht van meer dan duizend boeken waarin Linnaeus een natuurlijk systeem van klassen, orden, genera en species meende aan te treffen. Het boek is een toelichting op, en aanvulling van aforismen 1–52 (hoofdstuk 1; evenveel weken zijn er in een jaar) van

Fundamenta. Het boek bevat ook een groepering van de auteurs die gewoonlijk raak getypeerd en volgens verdienste een plaats en rang toebedeeld krijgen. Drie schrijvers hebben de wetgeving voor de systematiek vastgelegd: Jung (p. 320–322), Linnaeus en Ludwig (p. 907). Cesalpino, de fructist, is de eerste ware systematicus. De *Bibliotheca* en de *Fundamenta* eindigen beide met de Aristotelische uitspraak: *In scientia naturali principia veritatis observationis conformari debent* (de grondslagen van de waarheid moeten in de natuurwetenschappen met waarnemingen overeenstemmen; p. 232–233).

In December 1735 behandelde Linnaeus enige aforismen uit *Fundamenta* opnieuw in *Systema Naturae* ('1736'). Het manuscript van *Systema Naturae* had Linnaeus na aankomst in Holland aan Gronovius ter hand gesteld. Gronovius liet het vol enthousiasme zien aan een in Leiden studerende arts, Isaac Newton, waarop zij beiden besloten het op gezamenlijke kosten te laten drukken (14 bladzijden; facsimile-uitgave in 1960). Het plantenrijk verdeelde Linnaeus in 24 klassen (*classes*); een 'natuurlijk' aantal mag men op grond van andere getalmatige besluiten van Linnaeus vermoeden. Zestien herziene edities van *Systema Naturae* volgden (de eerste twaalf door Linnaeus zelf bewerkt, de 12e in drie delen, dat zijn 2300 bladzijden druks; 1766–1768). Van de 10e druk (1758–1759), die werd aangewezen bij internationale overeenkomst als het beginpunt voor de wetenschappelijke zoölogische naamgeving, is een facsimile-uitgave verkrijgbaar (deel I, 1956; II, 1964). Gelijktijdig met de eerste editie van *Systema* verscheen Linnaeus' *Methodus*, een gestructureerde lijst van 36 items op één pagina, die als *Methodus (Naturalis)* dikwijls met *Systema* samengebonden werd. De getallenmystici zullen met genoegen de veelvouden van 12 bij Linnaeus' klassen en in zijn *Methodus Naturalis* hebben aangetroffen.

Cliffords Hartecamp leverde de stof voor *Musa Cliffortiana* (1736; facsimile 1967). Het is een geïllustreerd opstel over *Musa paradisiaca* (banaan) die voor het eerst in Holland, in Cliffords kas, bloeide. Het boekje bevat bovendien een overzicht van de klasse der Palmen, die uit vier orden bestaat: naar de tegenwoordige opvattingen Aronskelkachtigen, Palmen, Gemberachtigen (*Iris* inbegrepen) en Orchideeën. Een zeldzame, weinig bekende uitgave over Cliffords collectie is *Viridarium Cliffortianum* (1737).

Over Cliffords collectie kwam vervolgens *Hortus Cliffortianus* beschikbaar, in 1738 ('1737'; facsimile 1968). Cliffords plantenverzameling fascineerde Linnaeus. In de opdracht van het boek aan zijn gastheer getuigde hij van zijn onbegrensde bewondering; van zijn erkentelijkheid voor de vrijheid die hem gegund was om werk naar eigen voorkeur aan te pakken, voor het goede salaris. Hij eindigde met: 'Nu heb ik twee jaren van volkomen onschuld doorgebracht in Uw paradijs, en het Vaderland, de Vrienden en de familie, de toekomst en de tegenspoed in vergane tijden verkeerden in vergetelheid.'

Hortus Cliffortianus werd te Amsterdam gedrukt. Een omvangrijk Herbarium dat Clifford bezat en waar Linnaeus materiaal aan toevoegde, begeleidde de beschrijvingen – meer uitvoerig dan Linnaeus gewoon was – en deze werden door 37 aantrekkelijke illustraties vergezeld. Het is het 'mooiste' boek van Linnaeus, die weinig hechtte aan afbeeldingen en al zijn grotere werken niet illustreerde. Het boek bevat bovendien een catalogus van Cliffords planten en van zijn bibliotheek, honderden literatuurverwijzingen en een uiteenzetting van de gevolgde methode. De meeste illustraties maakte G.D. Ehret (1708–1770); J. Wandelaar (1690–1759), een veelzijdige, uitmuntende tekenaar, maakte ook enige tekeningen en alle etsen. De soorten in *Hortus Cliffortianus* dragen nieuwe namen indien Linnaeus de vervanging van vroegere, om welke reden dan ook, wenselijk achtte.

Drie omvangrijke werken van Linnaeus verschenen in 1737: *Genera Plantarum*, *Flora*

Lapponica en *Critica Botanica* (X.16).

Een boek met de definities van alle plantengenera – de *characteres generis* of *ch. naturales* – verschaft onmisbare informatie voor het fundament van de botanie. Dat boek is *Genera Plantarum*. Verwarring tussen de genera is gelijk aan verwarring in de gehele plantkunde, verklaarde Linnaeus. Scherp omschreven, onwrikbare genera zijn pasmunt voor elke botanische studie. Men kan zulke duidelijke genera paraat in herinnering houden. Soorten zijn veel te talrijk om alle in het geheugen te blijven en hogere categorieën zijn discutabel. Evenals soorten zijn genera door de natuur zelf gevormd. Steeds is het werk van de natuur soort en genus, de cultuur maakt variëteiten, kunst en natuur samen maken klasse en orde.

Een verzameling van verwante genera, als het ware een genus van genera, heet *ordo*, en een genus van *ordines* heet *classis*. Slechts geconstateerde feiten, gevonden door het ontleden van herbariummateriaal, zijn toelaatbaar en doorslaggevende bewijsstukken.

Linnaeus verzekerde dat hij 8000 bloemen had onderzocht, een verbazend groot aantal indien men bedenkt hoeveel andere tijdrovende bezigheden hij om handen had in de periode van voorbereiding van *Genera Plantarum* dat in het eerste kwartaal (1737) in omloop kwam. De genera (935) zijn omschreven volgens de essentialistische methode (X.17), begrensd gewoonlijk naar Linnaeus' mening, maar dikwijls ook volgens De Tournefort. De facsimile-uitgave (1939) wordt evenals het origineel van de 5e editie (1754) nog altijd vaak geraadpleegd, omdat de officiële naamgeving voor 1105 genera met dat boek begint. De 6e en laatste editie (1767) behandelt 1336 genera.

Op 2 september 1737 schreef Linnaeus met vaste hand het voorbericht bij *Caroli Linnaei Medici Methodus Sexualis Sistens Genera Plantarum Secundum Mares et Femina in Classes et Ordines Redacta*. Het is de geboortedatum van het roemruchte sexuele systeem. Een gedetailleerde tekening, door G.D. Ehret in 1736 te Leiden gemaakt, lichtte de *Methodus Sexualis* toe. Deze *Tabella* had Ehret, naar zijn zeggen, zonder enige hulp van Linnaeus gemaakt en hij publiceerde hem ook afzonderlijk op eigen initiatief en risico. Dat Ehret deze uitstekende gravure zonder Linnaeus' hulp gemaakt heeft, geloof ik niet, en dat hij hem zonder Linnaeus goedvinden publiceerde, geloof ik wel, want het verklaart waarom Linnaeus de tekening opnam in zijn werk zonder Ehret als maker te vermelden. De tekening was zijn geestelijk eigendom. Veelal is *Methodus Sexualis* bij *Genera Plantarum* ingebonden.

G.D. Ehret (1708–1770), zoon van een Heidelbergse groentenhandelaar, leerde tekenen van zijn vader. Hij werd waarschijnlijk de meest bekwame plantentekenaar rond het midden van de 18e eeuw en zeker de meest uitgebuite, in zijn geboorteland en elders, totdat hij in de tweede helft van zijn leven in Engeland veel meer gewaardeerd en beter beloond werd. Hij maakte duizenden tekeningen, gewoonlijk in kleur en zeer mooi (Blunt, 1950: 143–155).

Ehret logeerde bij Clifford en ontmoette Linnaeus daar, die hem zoals Ehret aantekende: 'zijn nieuwe manier demonstreerde om de meeldraden te onderzoeken. Ik begreep het zonder moeite en nam mijzelf voor een *Tabella* hiervan te publiceren.'

Door Ehrets erkenning staat vast dat Linnaeus hem de *Methodus Sexualis* uitlegde en dat Ehret daarvan profiteerde door de *Tabella* als zijn eigen werk te publiceren en te verkopen. Linnaeus moge dan, zoals Ehret later schreef, 'toen hij een beginner was, zich alles toegeëigend hebben wat hij maar vernam om zichzelf beroemd te maken', maar het getuigt van een goed beleid dat Linnaeus de tekening in zijn *Genera Plantarum* opnam zonder commentaar en zonder Ehrets naam te noemen.

Richtlijnen en redenen voor Linnaeus' naamgeving zijn vooral in *Critica* te vinden, samen met een beschouwing over de genera der planten. Stafleu (1971: 91) heeft uiteengezet dat De Tournefort een genus wilde begrijpen als een groep vormverwante soorten, zodat 'genus' een niveau werd binnen een hiërarchie van groepsverbanden en niet meer zoals tevoren een groep van enigerlei omvang, soms zeer heterogeen en met wisselende, onzekere status (X.20) was.

Genera die De Tournefort had onderscheiden door soorten met een min of meer gelijke *fructificatio* bijeen te voegen, oordeelde Linnaeus 'natuurlijk' te zijn, want de saamhorigheid was gebaseerd op overeenstemming in de *essentiae*. Genera die De Tournefort had onderscheiden op grond van verschillen in vegetatieve eigenschappen (zoals *Pinus*, *Abies* en *Larix*, (voor De Tournefort zijn zij voornamelijk door hun naalden verschillend) trok Linnaeus samen. Consequent redenerend werden de drie zojuist genoemde naaldboomgenera (volgens De Tournefort) bij Linnaeus slechts één genus, *Pinus* L., want de *essentia* van de drie is dezelfde. Hetzelfde overkwam *Allium*, *Cepa* en *Porrum* (De Tournefort), die Linnaeus in 1737 nog ongemoeid liet maar in 1753 gedrieën tot *Allium* maakte, één genus. Aantekening verdient dat *Pinus* L. later verworpen en De Tourneforts opvatting hersteld werd, terwijl *Allium* L. zich staande hield.

Deze twee voorbeelden van idealistische systematiek zijn nog weinig ingrijpend vergeleken met andere aggregaten die Linnaeus in *Critica Botanica* introduceerde en noodzakelijk achtte, omdat de Schepper de *essentiae* schiep die gaaf en afzonderlijk eeuwig voortbestaan en daarom ook één permanente naam moeten dragen. Hij gaf voorschriften hoe zulke namen gekozen of nieuw gevormd mochten worden.

18. De botanische systemen van Linnaeus

Classes Plantarum dateert van 1738. Linnaeus begon met een samenvattend overzicht van vroegere plantensystemen die hij de moeite waard vond (ze gaan uit van kenmerken ontleend aan de *fructificatio*). Cesalpino's systeem, gebaseerd op vruchtenkenmerken, opent de rij. De eerste ware systematicus was Cesalpino, verklaarde Linnaeus, maar ofschoon hij Cesalpino prees onderschatte hij de kwaliteit van diens systeem ernstig (Bremekamp, 1953). Vruchtensystemen gaf Linnaeus in volgorde van Morison, Ray, C. Knauth, Hermann en Boerhaave. Daarna volgden overzichten van systemen volgens de kroonbladen (Rivinus, H.B. Rupp, C.G. Ludwig en Knauth), en volgens de bloemkroon (De Tournefort, J. Pontedera) en tenslotte volgens de kelk (Magnol).

Tenslotte stelde Linnaeus drie systemen voor betreffende het hele plantenrijk en twee voor bijzondere groepen. De twee laatstgenoemde zijn *Methodus Graminum* (de grassen) en *Methodus Filicum* (de varens).

Van algemene strekking is (voor de bloemplanten) de *Methodus Calycina*, een indeling volgens de eigenschappen van de kelk (calyx). Merk op hoe goed Linnaeus' interpretatie van 'kelk' past in de gedachtengang van de Naturphilosophen, evenals zijn aanbod van enige alternatieve systemen.

Een calyx, zegt Linnaeus, is het buitenste orgaan van de *fructificatio* en beschermt de bloem, vaak ook de vrucht. Voor beginners in de systematiek is hij gemakkelijk waar te nemen. Hij heeft vijf gedaantes (*species*), die hij in *Philosophia Botanica* nader zal bespreken. Dit zijn:

- *spatha* (Palmen, Aronskelken, Lelie- en Amaryllisachtigen)
- *gluma* (Grassen, Zeggen, Lisdodden)
- *amentum* (Katjesdragers, Naaktzadigen, enige Composieten)
- *involucrum* (Schermbloemen, Myrtaceae)
- *calyptra* (Bladmossen)

Het 5-voudige kelksysteem bleef zonder succes. Magnol (X.20), zegt Linnaeus, was de eerste *calycista cum fructicistis combinatus.*

Daarna wordt in het 5e hoofdstuk van *Classes Plantarum* het systeem nader uitgewerkt dat op meeldraad- en vruchtbeginselkenmerken (*staminibus et pistillis*) steunt (*Systema a Sexu*). De bloem, verkaarde Linnaeus, is niets anders dan voortplanting op heterdaad (*actus generationis plantarum*), door middel van de stuifmeel (*pollen*) bevattende helmhokjes der meeldraden (*staminum Antheris*) en de stempels van de stampers (*pistillorum Stigmatibus*). Zonder deze geen vrucht en in deze onopvallende organen zetelt, dat spreekt vanzelf, de *essentia.*

Deze *Methodus Sexualis* toont opnieuw, na 1735, het bestaan van 24 (2 × 12) klassen (*classes*) aan. Eén van deze heeft nauwelijks zichtbare bloemen die de bloemorganen van de goed zichtbare bloemen ontberen, lijkt het wel. Het is Klasse 24: *Cryptogamia.*

De overige scheide men vervolgens door het bezit van bloemen met meeldraden en stamper of door het bezit van bloemen die hetzij meeldraden, hetzij stamper bevatten. Deze laatstgenoemden telkens op één plant kenmerkt Klasse 21: *Monoecia* en indien één plant òf meeldraad-, òf stamperbloemen draagt behoort hij tot Klasse 22: *dioecia.* Mochten de verschillende mogelijkheden gemengd voorkomen, dan is Klasse 23: *Polygamia* in het spel. Zijn van de tweeslachtige bloemen de meeldraden ten dele vergroeid – tot één groep – dan Klasse 16: *Monadelphia*; twee groepjes is Klasse 17: *Didelphia*; diverse groepjes is Klasse 18: *Polyadelphia*; voorts als een cilinder gesloten, dan Klasse 19: *Syngenesia*, en ten slotte indien met de stamper vergroeid, Klasse 20: *Gynandria.*

Klasse 1–11 onderscheidt men door de aanwezigheid van 1–12 meeldraden (elke klassenaam vermeldt het aantal meeldraden). Klasse 12 heeft meer dan 12 (vaak 20) meeldraden en heet *Icosandria*, en Klasse 13: *Polyandria* heeft nog meer meeldraden. Gelijk van lengte zijn de meeldraden van Klasse 1–13, maar *Didynamia* (Klasse 14) bezitten twee meeldraden die langer zijn dan alle andere en *Tetradynamia* (Klasse 15) hebben vier langere meeldraden. De klassen worden nader verdeeld volgens het aantal stampers: Klasse 2 *Diandria* omvat als eerste orde Monogynia, dat zijn planten met bloemen die één stamper en twee meeldraden bezitten.

Cryptogamia heeft de Schepper van deelneming aan het meeldradensysteem uitgesloten, moet men op het eerste gezicht vermoeden, en Linnaeus verwees naar P.A. Micheli (1729) voor meer informatie op dit stuk (p. 997).

Het derde systeem, *Fragmenta Methodi Naturalis*, richt zich op de *fragmenta Naturae*; met *fragmenta* bedoelde Linnaeus gewoonlijk de genera. Begin en einde van elk botanisch onderzoek is het opsporen en omgrenzen van de *fragmenta*, segmenten van de levende natuur. Fragmentgrenzen sluiten aaneen en tussen buurfragmenten loopt een grens zoals een lijn op een landkaart (*Plantae omnes utrinque affinitatem monstrant, uti Territorium in Mappa geographica*; Aph. 77, *Philosophia Botanica*). Er is geen niemandsland: *Natura non facit saltus.* Ik wijs op de Thomistische opvatting van Linnaeus over grenzen in de levende natuur, die strijdig is met Aristoteles' mening, en verder dat de natuur niet 'springt', geen hiaten kent, maar wél discontinu is. Een grenslijn is een breuk in continuï-

teit.

Klaarblijkelijk wilde Linnaeus de lineaire rangschikking van de organismen in de natuur beoordeeld naar hun vormen toch volgens een meerzijdige verwantschap interpreteren. Veelzijdige verwantschappen van, en grenzen rondom de taxa beletten te denken aan een rechte ladder, een enkelvoudige keten. Zijn leerlingen hadden er moeite mee, maar zelf heeft hij zich niet of nauwelijks met de kwestie beziggehouden.

Zolang hij leven zal, bekende Linnaeus, zal hij zich wijden aan het opsporen en bekend maken van de *fragmenta*. Naarmate meer natuurlijke orden herkend en omgrensd zullen worden, wint het systeem aan natuurlijkheid.

Het 7e aforisme luidt: een sleutel op het systeem kan niet gegeven worden voordat alle planten in hun orde een plaats gevonden hebben. Deze stelling gaf Adanson aanleiding tot kritiek op Linnaeus' taxonomie (X.18).

Orden zijn nu eenmaal moeilijk opspoorbaar, verzuchtte Linnaeus, en zullen pas na een lange periode van volhardende studie ontdekt worden. Voorlopig moet men een ordinaal essentiekenmerk trachten te kiezen, dat de genera binnen de orde gemeen hebben en hen van alle genera buiten de orde onderscheidt. Ofschoon een veronderstelde *ordo* in de systematiek goed te pas kan komen, zijn zulke natuurlijke orden zonder aantoonbaar essentie-patroon niet beter dan een kerkklok zonder klepel.

Philosophia Botanica ('1751') kwam in december 1750 op de boekenmarkt (facsimile-uitgave 1966). De 365 aforismen van *Fundamenta* herhaalt Linnaeus, soms enigermate gewijzigd, maar nu van uitvoerige commentaren voorzien. Stafleu gaf een inhoudsoverzicht (1971); hier is het genoeg voor de inhoud naar het zojuist vermelde te verwijzen, terwijl nog enige aanvullingen volgen.

De moderne botanische terminologie wordt hier door Linnaeus op het rechte spoor gezet: vanwege zijn heldere korte definities, door volledigheid, door gemakkelijke hanteerbaarheid.

Historisch van belang zijn de stellingen over de *fructificatio*, die hij omschrijft als het tijdelijk aanwezige gedeelte van een gewas dat voor de voortplanting bestemd is (*generatio*). Een fructificatio bestaat uit 7 delen; de aandachtige lezer heeft dit aantal al verwacht.

- *calyx* (ontstaan uit de *cortex*), de schors of buitenlaag).
- *corolla* (ontstaan voornamelijk uit het *liber*, bastbestanddelen)
- *stamen* (ontstaan uit het *xyleem*, de houtvezels, en zijn bron van het *pollen* (stuifmeel))
- *pistillum* (stamper, uit het merg (*medulla*) ontstaan en na ontvangst van het pollen wordt het inwendige van de stamper deel van de vrucht)
- *pericarpium* (het inwendige van de vrucht, met zaden gevuld)
- *semen* (zaad, dat zichzelf van de moederplant afzondert en het begin van een nieuw levend wezen is. Het ontstond door *irrigatio*, afkomstig van het stuifmeel)
- *germen* (de kiem).

Met *irrigatio* doelde Linnaeus letterlijk op een bevloeiing, want stuifmeel is een plantaardig stof dat uit een passend substraat vrijkomt en, onzichtbaar voor het blote oog, veerkrachtig uiteenspat en zijn vloeibare inhoud (*substantia*) laat ontsnappen.

De *essentia* van een bloem verblijft in helmknoppen en stengel, van een vrucht in het zaad, van een plant in de fructificatio. Het is een vierledige hiërarchie, volgens het schoon scholastisch model, maar Linnaeus zou zichzelf (en de klassieke getallenreeks) verloochenen als hij de kwintessens, de 5e *essentia* niet zou aanwijzen. Die huist in het *corculum*

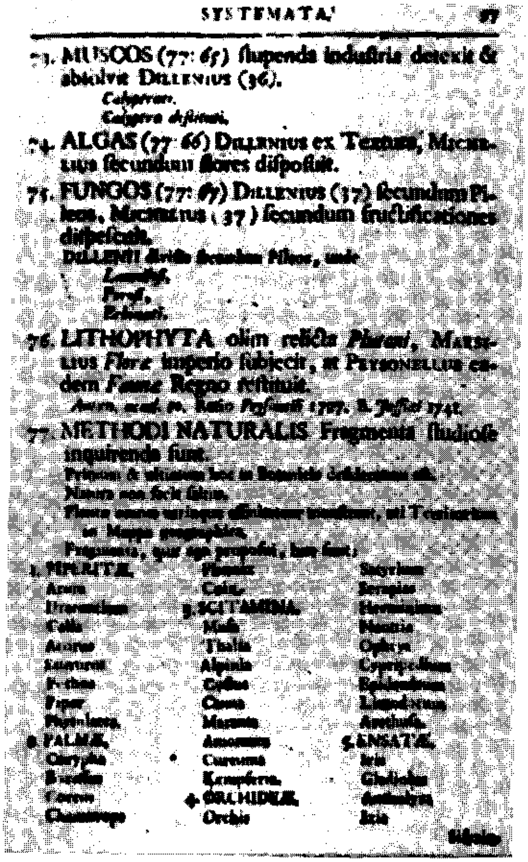


Fig. 81. Bladzijde 27 uit Linnaeus' *Philosophia Botanica* (1751). Linnaeus volgt Dillenius (no. 73) voor de indeling van de mossen (hetzij mét, hetzij zonder huikje) en van de Fungi (no. 75): plaatjes-, gaatjes-, en stekelzwammen. Hij bespreekt de Lithophyta (Steenplanten, p. 925) 'die vroeger als aardkorstresten (vulkanisch), door Marsilio als planten, en ten slotte door Peysonnel als dieren beschouwd werden' (no. 76). Merk op dat Linnaeus vervolgens 'fragmenten' opnoemt die grondig bestudeerd moeten worden (no. 77) met inachtneming van de regels dat de natuur geen sprongen maakt (*Natura non facit saltus*) en dat de taxa alle aan weerszijden verwant zijn, grenzen hebben zoals de buurstaten op een landkaart. Hij begint met Piperitae. Het zijn onder andere *Piper* (peper) en Aronskelkachtigen. In de latere fylogenetische systemen zijn dit nu juist groepen die hoofdbrekens bezorgden. In sommige systemen speelden ze een hoofdrol (Hallier, Rendle, Lotsy), in andere werd *Piper* opzij gezet (p. 1061, het systeem van Wettstein), omdat men er geen raad mee wist.

(hartje), daar waar de kiem aan de zaadlob(ben) gehecht is.

Een beleid dat met zekerheid de definiëring van de natuurlijke genera oplevert, is te verkiezen boven kunstgrepen, noodhulpen die tot kunstmatige orden en klassen voeren. Natuurlijke genera ontdekt men met zekerheid door de eigenschappen 'waardoor de Schepper de planten hun uiterlijk toewees' op te sporen; 26 punten van onderzoek en overweging, evenveel als de letters van het alfabet en 'deze letters moeten we lezen'. Zij zijn in de fructificatio te vinden, als volgt:

- Kelk (1–6): mantel, schede, bloemdek, katje, hoes, muts.
- Kroon (7–9): buis of nagel, keel, honingklieren.
- Meeldraad (10–11): helmdraad, helmknop.
- Stamper (12–14): vruchtbeginsel, stijl, stempel.
- Vrucht (15–21): dopvrucht, doosvrucht, peul, noot, steenvrucht, bes, pitvrucht.
- Zaad (22–23): zaad, zaadkuif.
- Bloembodem (24); meeldradengroepen (25); aantal stampers (26).

Niet zonder betekenis is het op te merken hoe Linnaeus de *fructificato* in zeven groepen verdeelt (even veel als dagen in de week) en hoe hij per groep het aantal te bestuderen onderdelen bekort of rekt om zijn opsomming in totaal de ware lengte (26) te geven. Elders in zijn werk liet hij evenzo door oneffenheidjes in zijn optellingen zijn conclusie op het begeerde (klassiek-magische, kosmische, Godgewilde) aantal uitkomen. Grenslegging moet met de natuurlijke harmonie samengaan.

De term *species* in Aristotelische zowel als moderne zin verschijnt in Linnaeus' beroemde uitspraak (aforisme 157): *Species tot enumeramus, quot diversae formae in principio sunt creatae* (Wij tellen zoveel soorten als verschillende vormen in den beginne geschapen zijn.) Het was de herhaling van het 5e aforisme in *Classes Plantarum*: *Species tot sunt, quot diversas formas ab initio produxit Infinitum Ens.* De tekstwijziging, die mogelijk een gevolg is van een accentverschuiving in het denken van Linnaeus, verdient een nadere analyse waartoe de volgende notitie misschien een aansporing kan zijn.

Elf aforismen leiden de 6e editie van *Genera Plantarum* in (1764). De reeks is kennelijk te haastig samengesteld en geformuleerd, maar hij onthult Linnaeus' biofilosofie beter dan al zijn andere werk. Ik vat de inhoud van de eerste 8 aforismen samen.

1. De Schepper van het Universum bekleedde (*vestiit*) het oerplantaardige *medulla vegetabile* allereerst met veelvoudige vermogens tot vorming, bij wijze van een schors (*corticalis*), en hieruit ontstonden verschillend gevormde planten, evenveel als er natuurlijke orden zijn.
2. De Almachtige heeft deze planten met elkaar, klassegewijs, vermengd, en tot orden behorende genera kwamen daaruit voort, evenveel als er planten waren.
3. De Natuur (*Natura*) heeft die genera binnen de orden gemengd en daardoor ontstonden evenveel species (verschijningsvormen) van elk genus afzonderlijk als heden zichtbaar zijn.
4. Toeval (*Casus*) heeft de species gemengd tot evenveel variaties als we nu overal aantreffen.
5. Deze vier aforismen wijzen uit, dat wetten die de Schepper instelde, van eenvoudig naar samengesteld voeren, dat natuurwetten kruisingen voortbrengen (*generatio in hybridis*) en dat mensenwetten daarna verplichten tot schouwend overwegen van wat heeft plaatsge-

vonden (*observatis a posteriori*).
6. Een Botanicus moet deze wetten zo goed hij kan naleven.
7. Een Beginner moet leren hoe variëteiten binnen soorten te plaatsen, want een gedetailleerde kennis is de eerste schrede naar een deugdelijk inzicht.
8. Een Botanicus moet soorten binnen genera plaatsen, want daar blijkt de broederlijke verwantschap (*fraterna affinitas*) der planten uit. De Veteraan mag trachten genera in orden te plaatsen, omdat hij, zo te werk gaande, een begrip verwerft van het wezenlijke van het plantenrijk, hoe moeilijk dit ook is.

De resterende aforismen herhalen wat Linnaeus vroeger betoogde. Enig kort commentaar behoort hier te worden gegeven. Niets nieuws, niets meer, niets minder, de schepping is een voltooid geheel, zijn de grondslagen bij het overdenken.

Allereerst wil ik opmerken hoe nadrukkelijk Linnaeus vasthoudt aan 'evenveel' in alle fasen van zijn scheppingsverhaal (aforisme 1-4). Vervolgens dat hij met het voorkomen van hybriden niet goed raad wist; hij noemt ze in (5), en ze zijn na de Schepping door natuurwetten voorgebracht. Ze hebben met soort- of variëteitvorming niets uitstaande (sommige auteurs hebben ten onrechte gemeend dat Linnaeus (1764) kruising als een mogelijkheid voor soortvorming overwoog).

Aforisme (1) veronderstelt dat alle natuurlijke orden uit één eerste-moederplant, geschapen uit de plantaardige oermaterie, voortkwam. De eersteling bracht dus 58 oerplanten voort, elk de oorsprong van een orde, want Linnaeus somt na zijn aforismenreeks 58 natuurlijke orden op.

De Almachtige (2) groepeerde die oerplanten tot enige klassen (*classes*) en door menging van deze klassen ontstaan evenveel genera binnen de orden als er nu zijn. Ieder genus is aanvankelijk door één plant vertegenwoordigd. Nu neemt de Natuur het vormend werk over en met deze ideële voorlopers materialiseert de natuur de genera (3). Dit worden de genera die de Veteraan *a posteriori* naar de *ordo* moet verwijzen (5, 6). De genera zijn dus 'natuurlijk'. De Natuur roept vervolgens al mengende de soorten binnen een genus tot leven en deze zijn dus eveneens 'natuurlijk' (3). Een Botanicus plaatst ze achteraf in het bijbehorende genus. Ten slotte treedt het toeval op, mengt soorten en deze wijzigen hun gedaante min of meer. Zij zijn ook 'natuurlijk', maar variëteiten zijn van lagere rang (4); de Schepper bemoeit zich niet met varieteiten en de Natuur nauwelijks. Beginners moeten ze als oefening naar hun soorten verwijzen (6).

Het Platonische scheppingsmodel is hetzelfde als het Linneaanse: een Schepper die de detaillering aan de Natuur (zoals een demi-ourgos) overlaat. De Natuur die de natuurwetten uitvoert, als een gehoorzame gedelegeerde Gods ('Gods schildknapin' schreef Vondel), troffen we in het hier gegeven overzicht van de biologiegeschiedenis aan bij Alanus van Rijssel, Boëthius, Spinoza en Leibniz. Het is een sinds Platoon door honderden auteurs verdedigde opvatting.

Het ontstaan van het natuurlijke systeem heeft Linnaeus beschreven als een scholastische, vijfledige hiërarchie: (1) klassen (orden *in statu nascendi*), (2) orden (genera *in s.n.*), (3) genera (soorten *in s.n.*), (4) soorten (variëteiten *in s.n.*) en variëteiten.

Misschien het meest boeiende in Linnaeus' schets is zijn verklaring dat de wetten van de Schepper een ontwikkeling van eenvoudig naar samengesteld bewerkstelligen (5). Dit weerspreekt Genesis niet en Darwin, die natuurwetten al het scheppingswerk zelfstandig wil laten verrichten, veronderstelt ook een ontwikkeling van eenvoudig naar samengesteld. Het blijkt dat Linnaeus een epigenetisch element aan het bijbelse scheppingsverhaal

toevoegt: de schepping van het systeem der organismen is niet bij het begin onmiddellijk voltooid. Een structurele ontwikkeling had trapsgewijze plaats, weliswaar volgens een tevoren vastgestelde uitkomst (evenveel), maar toch. De Schepper voltooide de schepping, de natuur verrichtte de detaillering.

In 1738 had Linnaeus verklaard dat de Schepper (*Infinitum Ens*) in den beginne (*ab initio*) de soorten voortbracht (aforisme 5, *Classes Plantarum*). In 1751 echter verbeterde hij die uitspraak. De soorten zijn geschapen (*creatae*), maar '*in principio*' en dit laat zich zowel vertalen als 'in den beginne' als door 'in aanleg' (*Philosophica Botanica*, aforisme 157). In 1764 neemt, volgens Linnaeus, *Natura* het vormingswerk over als het soorten betreft (*Genera Plantarum*, aforisme 3). De Schepper beëindigde dus zijn scheppingswerk, maar dit behoeft geen reden te zijn dat de Natuur eveneens het vormingswerk staakte. Linnaeus liet zich over deze vraag nooit uit, maar zijn verhandelingen suggereren in de loop der jaren dat hij inderdaad de Natuur een voortgezet vormingswerk toekende. Dit is niet in tegenspraak met zijn verklaring dat er 'evenveel' soorten (*species*) zijn als de Schepper voorzien en bepaald had. Bedenk dat *species* zowel soort als 'verschijningsvorm' kan betekenen en deze alternatieve interpretatie voorkomt (evenals bij Ray, p. 912) een tegenspraak.

Platoon en Linnaeus zijn het over het scheppingsprocédé vrijwel eens. Een Schepper die de wereld en zijn bewoners (in 1764) concipieert en Zijn concept hetzij door een demiourgos hetzij door de Natuur tot uitvoering laat brengen. De hiërarchie in de natuur erkennen Platoon, Aristoteles en Linnaeus, en laatstgenoemde conformeert schepping en hiërarchie met Genesis waarin in de loop van drie dagen achtereenvolgens hoger georganiseerde wezens tot leven komen, de mens als laatste en hoogst geplaatste. Een wezenlijk verschil is alteratie, de varianten van het duurzame vormpatroon. Bij Platoon en Aristoteles is de wisseling een meegegeven scheppingseigenschap (koekoek ⇌ havik, p. 65), bij Linnaeus ontwikkelen zich echter na de duurzame schepping nog nieuwe vormcombinaties binnen het geschapen bouwplan.

Deze aforismen, die een slotsom van Linnaeus' natuurbeschouwing bevatten, zijn eerder door anderen en anders geïnterpreteerd (Bremekamp, Stafleu) dan hierboven. Men heeft zelfs berekeningen gemaakt uitgaande van de 58 (60) natuurlijke orden (1) en zo willen vaststellen welk aantal natuurlijke genera en soorten (Linnaeus) aan de schepping toeschreef. Nogmaals geef ik in overweging dat in Linnaeus' aforismen *miscuit* niet anachronistisch begrepen mag worden, in de zin van 'kruising' en bastaardering.

Het werkwoord *miscuit* bedoelt (bij Linnaeus) het Empedokleïsche of Platonische mengen waarbij de componenten van het mengsel zichzelf blijven, maar samen een andere gedaante aannemen (I.10). Dat Linnaeus Platonische invloeden in zijn denken toeliet toont aforisme 1 aan en bij voorbeeld ook zijn prolepsis-theorie (IX.29). Aforisme 1 en 2 zijn parafrasen van Platonische Ideeën. Aforisme 3 en 4 wijzen op de daaruit voortspruitende gematerialiseerde levende natuur. *Miscuit* mag evenmin als *vestiit* (1) letterlijk worden opgevat. *Vestiit* bedoelt te zeggen: met macht bekleed, en niet dat het oermerg een schors kreeg (een stengelmerg werd). Het oermerg werd polyvalent. *Miscuit* bedoelt het vermengen van componenten die niet veranderen, maar (Aristotelisch) samenwerken, duidelijker nog, *miscuit* bedoelt het verweven van onveranderlijke *essentiae*.

De *Methodus Sexualis* moest al spoedig wijken voor kritiek op de botanische inhoud en de gevolgen daarvan. Orden samengesteld volgens een gelijk aantal meeldraden bleken genera te bevatten die kennelijk niet bijeen behoorden. J. Hill schreef (1756): 'de Natuur onderscheidt deze planten hoewel Linnaeus ze samenvoegt', maar Linnaeus had de sexue-

le methode ontworpen als een gids om planten met geringe moeite en zekerheid op naam te kunnen brengen. De *Methodus Naturalis* had, zoals gezegd, zijn voorliefde en hij werkte voordurend, zoals hij in 1738 (*Classes Plantarum*) had beloofd, aan de omschrijving van natuurlijke orden. In voordrachten (1764, 1771) zette hij zijn conclusies uiteen. Zijn leerling P.D. Giseke (1714–1786), een Duitse medicus, verzorgde een uitgave van zijn college-aantekeningen in 1771, vermeerderd met die van anderen (o.a. J.C. Fabricius, 1745–1808), getiteld *Praelectiones in Ordines Naturales Plantarum* (1792). Daarin worden talrijke natuurlijke orden (*ordines naturales*) besproken die (vrijwel) identiek met de huidige opvatting van plantenfamilies zijn, zoals Composieten, Cucurbitaceae, Cyperaceae (Calamariae), Iridaceae (Ensatae), Orchidaceae (*Gynandria*), Palmae, Papilionaceae, Ranunculaceae (Multisiliquae) en nog vele andere.

19. De soorten en hun namen

Nadat Linnaeus de genera in het plantenrijk theoretisch en praktisch bestudeerd had, restte een overeenkomstig onderzoek naar de soorten, dat wil zeggen, het schrijven van een wereldflora. Dit ideaal had de encyclopedisten van de Middeleeuwen en in latere eeuwen anderen, voor ogen gestaan (Bauhin, Ray, Rudbeck, De Tournefort). Linnaeus pakte dit reuzenwerk aan geholpen door een technisch verbeterde methode en een plantenkennis groter dan die van zijn voorgangers en tijdgenoten. Sinds 1733 had hij al voorbereidingen getroffen en talrijke gereed gekomen fragmenten gepubliceerd.

Aan zijn beste vriend, Abraham Baeck (1713–1795), die lijfarts van de Zweedse koning zou worden, schreef Linnaeus 523 (bewaard gebleven) brieven en zo vertrouwde hij Baeck in 1746 toe dat hij van 's morgens tot 's avonds aan *Species Plantarum* werkte en grijze haren kreeg. Eind 1748 moest Linnaeus, ernstig overwerkt, het manuscript een jaar laten rusten.

De betekenis van de binominale (of binomiale) naamgeving aan soorten was hem toen nog niet duidelijk: het manuscript toont het aan. Hij gebruikte daarin (omstreeks 1748) voor soortnamen soms twee, soms meer woorden, al naar het uitkwam en niet binomia als vaste regel (zoals in 1753). In vroegere uitgaven had hij de toen gebruikelijke veelwoordige frase-naam in de tekst toegepast, maar in de bijbehorende index om ruimte te sparen de verwijzing naar de soort tot één woord (uit de frase-naam) beperkt. De bezuiniging was de eerste stap naar een regeling voor de namen van soorten met ongehoord grote technische voordelen.

Aforisme 257 van *Philosophia botanica* herhaalde *Fundamenta*, aforisme 256, maar in plaats van (1735) 'de soortnaam onderscheidt de plant van alle andere in het genus' schreef Linnaeus nu (1750): 'de gewettigde soortnaam...' en voegde toe dat 'de wetten voor *nomina trivialia* nog niet zijn vastgesteld'. Nu, in 1750, wordt de *nomen specificum legitimum* de wettige soortnaam, de naam die de diagnose van de soort-*essentia* is, de soort-*essentia* die Gods wet schiep. Het is de *differentia essentialis*, het wezenlijke soortonderscheid.

Triviale namen (*nomina trivialia*), zei Linnaeus (aforisme 257) zouden wel (*forte*) toelaatbaar zijn, min of meer (*modo*), 'zoals ik dat in *Pan Suecicus* deed'. Ze moeten één woord zijn (*vocabulo unico*) en dat woord kan men vrijelijk ergens kiezen. Aforisme 291 stipuleert dat de genusnaam uit ten hoogste 12 letters en de soort-*differentia* uit ten hoogste 12 woorden mag bestaan ('natuurlijke' aantallen; 12 maanden in het jaar).

Species Plantarum bevat in 1753 de diagnosen van 5900 soorten, verdeeld over 1098 genera, die slechts met een naam, één woord, worden aangeduid en volgens *Classes Plantarum* gerangschikt zijn. De soorten worden toegelicht door literatuurreferenties en niet zelden met nog wat nadere informatie. Elke soortdiagnose (*nomen specificum legitimum*) gaat in de marge vergezeld van één woord, de *nomen triviale* of het *epitheton*, in het Nederlands: 'de soortaanduiding'.

Het boek is een monument voor een verbluffend vermogen om zowel analytisch als synthetisch te werk te gaan, voor een weergaloos vormgeheugen dat Linnaeus in staat stelde binnen elk genus elk soortbeeld afzonderlijk zo helder in het geheugen vast te houden dat hij hen onderling goed onderscheiden in volgorde kon plaatsen. Een natuurtalent om met een minimum aan beeldende woorden de hoofdzaken getrokken uit de literatuur samen met de gedroogde plantexemplaren overtuigend voor ogen te zetten, stelde Linnaeus in staat een meesterstuk te componeren. Het werd en het bleef het standaardwerk voor de plantensystematiek.

Hoewel *Species Plantarum* de oogst van veel jaren arbeid was, werd ten gevolge van onderbrekingen het boek in korte perioden van koortsachtige bedrijvigheid haastig geschreven en haastig gedrukt. Talrijke vergissingen, drukfouten en tekorten werden in de 2e druk (1762–1763) hersteld. In 1764 verscheen de 3e druk, die behalve enige typografische kleinigheden niet van de 2e druk verschilt.

Deze 2e druk vulde Linnaeus aan met *Mantissa Plantarum*, in de vorm van een supplement op het tweede deel van de 12e editie van *Systema Naturae* (1767), waarna in 1771 nog een *Mantissa Altera* volgde. De postume publikatie van omstreeks 185 soorten die Linnaeus pater in manuscript had nagelaten door Linnaeus filius staat vermeld op p. 1014. Facsimile-uitgaven van de 1e druk van *Species Plantarum* dateren van 1907 en 1934, en de meest recente (1957–1960; '1959') door de Ray Society werd de standaardeditie dank zij de toelichtingen en commentaren van W.T. Stearn en J.L. Heller.

Na Linnaeus' dood schreven Willdenow, Link en de Leipziger hoogleraar C.F. Schwaegrichen (1775–1853) de 4e editie, in 6 delen ((1797–1830), die weliswaar de titel en methode van *Species Plantarum* overnam maar voor het overige een nieuwe wereldflora is.

In de loop van 40 jaar maakten studenten van Linnaeus en van zijn opvolgers in Uppsala (Thunberg, Afzelius en Fries) een proefwerk als vereiste voor het verwerven van een academische graad. Tijdens Linnaeus' professoraat werden 186 *dissertationes* gepubliceerd, die daarna verschenen, gebundeld, als *Amoenitates Academicae* (10 delen; 1749–1790). Stearns verhandeling die de facsimile-uitgave van *Species Plantarum* vergezelt (1957: 313–64), bevat de lijst van titels, auteurs en heruitgaven en vermeldt bovendien de redenen waarom zij niet als werk van de op de titelpagina genoemde auteur mogen gelden, maar in feite Linnaeus moeten worden toegerekend. Hij schreef ze zelf geheel of grotendeels. De betrokken student las zo'n opstel voor en toonde daarbij zijn bekwaamheid als Latinist en door het beantwoorden van tegenwerpingen zijn bekwaamheid als botanicus.

De *Amoenitates* (Academische Bekoorlijkheden) zijn gebundeld weliswaar een herdruk van de oorspronkelijke *theses*, maar dikwijls is de tekst veranderd of verbeterd. P. Camper zorgde in 1749 voor een ongewijzigde hereditie van 19 tussen 1743 en 1748 verschenen dissertaties. Voor informatie over de talrijke heruitgaven verwijs ik naar Stearn (1957).

Sachs' kritiek op Linnaeus (1875) 'die nimmer een belangrijke ontdekking deed welke iets over het wezen van het plantenrijk ophelderde', steunde op argumenten die Sachs

opsomde, onder meer: hij ordende slechts datgene wat voorgangers gevonden en verricht hadden. Dit geldt evenzeer voor Darwin, die Sachs bewonderde, en Sachs' beoordelingen zijn in beide gevallen voos. Wetenschap komt steeds uit synthese voort, na analyse. Het geheel is meer dan de bestanddelen en Sachs zou zijn inzicht verdiept hebben als hij aandachtig naar Aristoteles zou hebben willen luisteren. De ongeëvenaarde invloed van Linnaeus' werk komt voort uit zijn kwaliteit, en deze stoelt op zijn meesterlijke samenvatting van en keuze uit het vroeger bereikte, op zijn gave trefwoorden te kiezen en raak te formuleren, op zijn intuïtie en techniek die zijn uitzonderlijk onderscheidingsvermogen leidden en op zijn werkkracht en enthousiasme, een constellatie van eigenschappen die, zo hoog ontwikkeld, slechts zeer zelden in de historie van de biologie aangetroffen wordt. En wat het 'wezen' van het plantenrijk aangaat, mag worden opgemerkt dat, evenmin als anderen, Sachs nooit verduidelijkt heeft wat dit 'wezen' nu eigenlijk precies is, zodat men nimmer kan vaststellen wat nu wel en wat niet tot de kennis van dat wezenlijke bijdraagt, en dat Linnaeus door zijn systematiek althans een architectuur ontwierp om dat geheimzinnige 'wezen' te kunnen huisvesten.

Naast de hier besproken systemen (*methodi*) maakte Linnaeus systemen voor het dierenrijk, de mineralen, de ziekten van de mens en van de plantkundigen. Stuk voor stuk kunnen zij uitgangspunt zijn voor studies van natuur- en cultuurhistorisch belang, maar zij hebben op de ontwikkeling van de natuurwetenschap veel minder invloed gehad dan zijn botanische werk.

20. Franse systematiek van Magnol tot De Jussieu

Tijdens zijn bezoek in 1664 aan Montpellier ontmoette Ray de hoogleraar voor de plantkunde, directeur van de Botanische tuin, Pierre Magnol (1638, Montpellier - 1715, ibid.). Hij trof een warm in systematiek geïnteresseerd man aan die, zoals hijzelf, zocht naar een natuurlijke orde, op Cesalpino's wijze: niet scheiden wat bijeen hoort. Als we, betoogde Magnol, de peuldragers (Leguminosae) zouden behandelen zoals Theofrastos wilde, en houtige planten van kruidachtige zouden scheiden, dan ontstaat een onnatuurlijke splijting in die plantenfamilie. Magnols opmerking kan Ray bewogen hebben om in zijn latere werken hout/kruidachtig als eerste scheidslijn los te laten (X.11). Eerst publiceerde Magnol wat kleiner werk, namelijk *Botanicon Monspeliense* (1686) en *Hortus Regius Monspeliensis* (1687), een geïllustreerde catalogus waarin een aantal planten voor het eerst beschreven werden. Daarna kwam een klein formaat boek van de pers, *Prodromus Historiae Plantarum in quo Familiae Plantarum per Tabulas Disponuntur* (1689), hetgeen de belofte inhield dat de plantenfamilies aan de hand van platen zouden worden toegelicht.

Deze toezegging werd gestand gedaan door middel van 75 etsen vergezeld door 2000 plantbeschrijvingen terwijl de ordening een natuurlijke bedoelde te zijn. Magnol belooft dat niet alleen de kenmerken ontleend aan de fructificerende organen, maar dat alle waarneembare eigenschappen van bladeren, stengel, wortel en vooral van zaadlobben als een totaal, een *compositio* zullen dienen, telkens een groep, een *familia* omgrenzen. Dit is echter te eenvoudig voorgesteld: saamhorigheid is iets dat zich niet met woorden laat vangen, waarschuwde Magnol, het is iets dat men gewaarwordt (sentir). Bloemen, vruchten en bladeren van *Agrimonia* en *Potentilla* zijn verschillend, maar elke botanicus ziet dadelijk dat zij verwant zijn. Kiemplanten tonen eveneens familieverwantschap. Het woord *familia*

vertolkt herkenbaarheid en verwantschap en daarom heeft hij die groepsnaam verkozen (*ideo nomine familiae quod cognationem et affinitatem includit usus sum*). De families kregen elk een naam en soms een korte toevoeging, twee of drie beschrijvende woorden.

De families die Magnol onderscheidde zijn min of meer vergelijkbaar met de huidige, zoals Malvaceae, Ranunculaceae, Papaveraceae, Papilionaceae, soms echter pijnlijk verschillend: Liliaceae + Orchidaceae. Hij heeft de term *familia* in de systematiek ingevoerd en een inhoud gegeven die bestendig bleek, terwijl de formeel-logische positie van *familia*, één niveau hoger dan genus binnen Linnaeus' systematiek, werd vastgesteld en daarna gehandhaafd bleef.

In 1720 publiceerde Pierre's zoon Antoine, president van de universiteit van Montpellier, *Novus Character Plantarum*. Deze verhandeling baseert zich op De Tourneforts systematiek (deze komt hierna aan de orde) en bepleit een wijziging. De Tournefort stelde zijn systeem volgens bloemkroonkenmerken op, maar de bloemkroon is vergankelijk en ontbreekt zelfs niet zelden geheel en al. Veel belangrijker voor het ontwerpen van een systeem is de kelk, die gewoonlijk blijvend is en nooit ontbreekt. Als de verhandeling inderdaad door Pierre geschreven is – naar beweerd werd – dan zou hij in zijn laatste jaren zijn voorkeur voor de *compositio* van veel kenmerken ter onderscheiding gewijzigd hebben in een keuze van weinig kenmerken aanwezig in één orgaan. Hij zou volgens spraakgebruik, het zoeken naar een natuurlijk systeem opgegeven hebben en zich met een kunstmatig systeem hebben beziggehouden, essentialist zijn geworden. Het is niettemin moeilijk te begrijpen waarom geschiedschrijvers van de plantkunde eendrachtig verklaren dat dit 'calycisme' van Magnol een stap terug zou zijn, terwijl dezelfden unisono menen dat De Tourneforts 'corollisme' de aanleiding was voor een forse vooruitgang. In plaats van kritiek op Magnol uit te brengen kan het nuttiger schijnen op te merken dat hij meende dat zijn en Cesalpino's methode niet strijdig waren.

Joseph Pitton de Tournefort (1656, Aix en Provence – 1708, Parijs) stierf 52 jaar oud, getroffen door de disselboom van een kar. Rue Tournefort herinnert in Parijs aan het ongeluk dat een bioloog, die zich levenslang aan de systematische botanie wijdde, daar overkwam.

Geschoold door de jezuïeten (in Lyon) beschikte hij over een degelijke kennis van de klassieke talen, in zijn tijd onmisbaar voor een entrée in de geleerde wereld. Zijn jeugdjaren besteedde hij aan het verzamelen van Provençaalse planten, en hij zette die verzameltochten voort met excursies in de Alpen, Savoye en de Dauphiné.

Sinds 1679 studeerde hij in Montpellier, was goed bevriend met Magnol en vergrootte zijn plantencollectie. In de onherbergzame Centrale Pyreneeën, die nagenoeg onbekend waren en gevaarlijk bracht hij een jaar door, op zoek naar planten. De Tournefort overleefde een overval door zwervende rovers door een list. Zijn renommé maakte dat de lijfarts van Lodewijk XIV, G.C. Fagon (1638–1718) hem in 1683 uitnodigde en hem zijn professoraat aan de Jardin du Roi overliet. Fagon was eveneens een ijverig plantenverzamelaar en verrijkte de Botanische Tuin aanmerkelijk. De Tournefort bereisde in volgende jaren, planten verzamelend en bestuderend, Spanje, Portugal, de Lage Landen (hij wees Hermanns verzoek af hem in Leiden op te volgen) en Engeland. Na in 1691 als lid van de Académie benoemd te zijn, publiceerde De Tournefort in 1694 Élémens de Botanique, met 451 illustraties door C.A. Aubriet (1651–1743), die hem als tekenaar vervolgens naar het Mediterrane Midden-Oosten vergezelde (1700), een reis die meer dan 1000 voorheen onbekende planten opleverde. Door De Tournefort zelf in het Latijn vertaald verscheen Élémens als *Institutiones Rei Herbariae* in 1700; nog 25 platen waren extra

toegevoegd en als inleiding een historie van de botanie gevolgd door een theoretische uiteenzetting: *Isagoge in Rem Herbariam.* In 1957 verscheen een bundel Tournefort-studies, uitgegeven door het Muséum national d'Histoire naturelle in Parijs, waar De Tourneforts herbarium bewaard bleef. De bundel bevat een Franse vertaling (door G. Becker) van de *Isagoge.*

Het resultaat van veel discussie of De Tournefort al dan niet het begrip *genus* in de moderne systematiek heeft ingevoerd, kan als volgt samengevat worden. Hij heeft genus klassiek-wijsgerig geïnterpreteerd: genus is de *essentia* die een groep organismen karakteriseert, organismen die dus een mate van onderlinge gelijkheid vertonen, maar door *differentiae* weer groepsgewijs verschillen. Deze *essentia* is door God (door *Noes*, van nature) ingesteld en mensen kunnen die door analyse en synthese, door bezien en bezinning, opsporen. De levende natuur bestaat uit veel vormen en structuren, dat wil zeggen, uit talrijke verschillende eenheden. Om die reden voelde De Tournefort zich genoodzaakt zijn genera te beschrijven, met woorden te portretteren. Elke plant herbergt de *essentia* van het genus en bovendien de *differentia* die de soort eigen is. Wie met de eigenschappen van de *essentia* bekend is, hoeft nog slechts de *differentia* toe te voegen om elke plant te kunnen identificeren en zijn plaats in het systeem aan te wijzen. De Tournefort onderscheidde omstreeks 700 genera.

Omdat De Tournefort in zijn werken *genus* hanteerde zoals hierboven omschreven, omdat hij zijn genera van namen voorzag en omdat hij consequent de naam en inhoud van genus toepaste op systematische eenheden van dezelfde rangorde, voerde hij het genusconcept in de 18e-eeuwse systematiek in. Linnaeus nam dit concept van De Tournefort over, gaf het met volkomen duidelijkheid zijn hiërarchische plaats en aanvaardde dan ook vanzelfsprekend de begrenzing van talrijke genera volgens De Tournefort.

In het voorbijgaan merk ik op dat Rays genus-diagnosen door vergelijking van soortdiagnosen tot stand komen, een samenvatting zijn van het soortengemeenschappelijke. De Tourneforts genus-diagnosen zijn het woord-portret van een Idee dat zich als varianten, als congenerische soorten manifesteert. Rays systematische denken was centripetaal, De Tourneforts centrifugaal.

Zoals Rivinus had aanbevolen, baseerde De Tournefort zijn rangschikking (na hout- of kruidachtig) op eigenschappen van de bloem, voornamelijk de bloemkroon. Zijn systeem (22 Classes) wordt in hoofdzaken als volgt:

Het plantenrijk bestaat uit kruidachtigen (I) en houtachtigen (II, bomen en struiken). Kruidachtigen zijn bloemloos of dragen bloemen. De bloemlozen (sans fleurs) zijn hetzij bloemloos (klasse 16) hetzij bloem- en vruchtloos (klasse 17). De bloemplanten (kruidachtig) bestaan uit 15 klassen.

De bloemen zijn mèt of zonder bloemkroonbladen, en in het laatste geval 'meeldraadbloemen' (à étamines). Zij zijn klasse 15.

De kruiden met bloemkroon zijn gescheiden-bloemig (simples; 11 klassen) of vergroeidbloemig (Composées; 3 klassen). De drie klassen Composées zijn Flosculeuses (kl. 12), Demi-Flosculeuses (kl. 13) en Radiées (kl. 14).

De gescheiden-bloemigen verdeelde De Tournefort in 4 klassen 'Monopétales' en 7 klassen 'Polypétales'. Zowel de Monopétales en de Polypétales bestaan uit regelmatigen (régulières) en onregelmatigen (irrégulières). De regelmatige monopétales zijn Campaniformes (kl. 1), en Infundibuliformes (kl. 2), terwijl de onregelmatige Personées (kl. 3) en Labiées (kl. 4) zijn. De rangschikking laat dadelijk zien dat De Tournefort met 'régu-

lier' meerzijdig symmetrische en met 'irrégulier' tweezijdig symmetrische bloemen aanduidde.

De regelmatige polypetalen zijn Cruciformes (kl. 5), Rosacées (kl. 6), Ombellifères (kl. 7), Caryophyllées (kl. 8), Liliacées (kl. 9), en de onregelmatige polypetalen zijn Papilionacées (kl. 10) en Anomales (kl. 11).

Groep II, de bomen en struiken, verdeelde De Tournefort evenals de kruidachtigen (I) in bloemkroonlozen en mèt bloemkroon.

De houtige bloemkroonlozen 'Apétales' zijn de klasse Apétales (kl. 18) en de Amentacées (kl. 19). De houtigen mèt bloemkroon zijn weer òf Monopétales òf Polypétales. De Monopétales slechts één klasse (20), en de Polypétales régulières zijn Rosacées (kl. 21) en de Polypétales irrégulières zijn Papilionacées (kl. 22).

Voor dit systeem is een strenge architectuur kenmerkend: steeds tweevoudigheid, dichotomie. Sommige van De Tourneforts Classes hebben een naam die thans aan een plantenfamilie gegeven wordt, zoals Rosaceae, Umbelliferae, Liliaceae. Aan te tekenen dat de Papilionaceae en de Rosaceae zowel tot de kruidachtigen als tot de houtigen gerekend worden en binnen die hoofdgroep elk een klasse vertegenwoordigen. Houtig of niet-houtig is dus zowel een klasseverschil als het eerste *fundamentum divisionis*.

Een- of tweezaadlobbig is bij De Tournefort van weinig belang. De 'Monopétales' heten in de latere systematiek gamopetalen of sympetalen, en de 'Polypétales' werden dialypetalen, in het Nederlands een vergroeidbladige of een losbladige bloemkroon. Vergroeibladige bloemkronen openen bij De Tournefort de rij en Lelieachtigen sluiten aan bij de Anjelieren en de Schermbloemigen. Niet alleen is bij De Tournefort geen spoor van een afstammingsgedachte maar ook de *scala naturae* is in zijn rangschikking niet terug te vinden. Klasse 17 zijn mossen, zwammen en algen.

Lagere eenheden onderscheidde De Tournefort naar de vorm van de bloemkroon, bij voorbeeld klokvormig *campaniformes*, gelipt (*labiati*), en kruisvormig (*cruciformes*). Belangrijk is in verband daarmee een onder- of bovenstandig vruchtbeginsel. De hiërarchie is *Classis, Sectio, Genus, Species*. Vijfde in de rij zou *Individu* kunnen zijn, maar wegens wijsgerige bezwaren wilde De Tournefort *Individu* niet als een rangorde erkennen. Zijn *Institutiones* werd, mede door de duidelijke, gedetailleerde illustraties, het meest gezaghebbende handboek voor de plantensystematiek in de eerste helft van de 18e eeuw (derde druk 1719).

Om bij De Tournefort - die een uitstekende leraar was en vele studenten trok - zijn plantkundestudie voort te zetten kwam Antoine de Jussieu naar Parijs, enkele weken voor De Tournefort verongelukte. Hij was de eerste van vijf De Jussieus, die meer dan een eeuw lang de systematiek in Frankrijk zouden leiden. Antoine (1686-1758) was een zoon van een Lyonnese dokter en farmaceut met 16 kinderen en kreeg een opleiding voor de geestelijke stand, maar de levende natuur boeide hem dermate dat hij bij Magnol in Montpellier ging studeren. In 1708 werd hij arts. Fagon, zojuist genoemd, benoemde hem (1710) als hoogleraar aan de Jardin du Roi (professeur pour l'intérieur des plantes) om De Tourneforts werk voort te zetten.

Antoine zorgde voor de publikatie van de 324 kopergravures (1392 plantafbeeldingen) die pater Barrelier had laten maken (p. 906) en schreef er wat tekst bij, zodat *Icones Plantarum per Galliam, Hispaniam et Italiam Observatae* in 1714 kon verschijnen. Bovendien

maakte Antoine nog in dat zelfde jaar een geschiedenis van de Jardin du Roi en een *Introductio in Historiam Plantarum.*

Vervolgens verzorgde hij een heruitgave van *Institutiones* (met toevoeging van een overzicht van de recente ontwikkelingen van de plantkunde; 1718–1719). Geen reacties wekte zijn *Dissertatio de Analogia inter Plantas et Animalia* (1721).

Voor het overige moest Antoine de Jussieu zijn tijd grotendeels aan een drukke medische praktijk besteden – het salaris voor het professoraat was berekend voor een deeltijdfunctie – en het schijnt onrechtvaardig hem te verwijten dat hij nauwelijks aan eigen onderzoek toekwam. Kleine bijdragen voor de Mémoires zond hij toe aan de Académie, over tropische planten; hij liet voor het eerst bloem en vrucht van de koffieboom afbeelden. Het betrof koffieboompjes die de burgemeester van Amsterdam aan Lodewijk XIV ten geschenke gezonden had (en die naderhand het begin werden van de koffiecultuur in de Franse Antillen). In 1718 en in 1721 tekende en graveerde Simonneau filius een aantal afdrukken van fossiele varenachtigen (Filicules) in stenen uit de streek van Lyon, die Antoine als resten van verdwenen planten in de Mémoires beschreef. Hij stelde in 1728 voor om Fungi en Korstmossen als een aparte klasse te beschouwen: *Plantae Fungosae*: 'De la nécessité d'établir dans la Méthode nouvelle des Plantes, une Classe particulière pour les Fungus à laquelle doivent se rapporter non seulement les Champignons, les Agarics, mais encore les Lichen.'

Om diens gebrekkige opleiding te verbeteren, had Antoine zijn jongere broer Bernard uit Lyon naar Parijs laten komen (1714). Samen met zijn broer maakte Bernard botanische reizen in Normandië, Bretagne, zuidoost Frankrijk, Spanje en Portugal. Bernard besloot botanicus te worden, ofschoon hij zowel in Montpellier als in Parijs als medicus afstudeerde (1720).

Bernard (1699–1777) werd in 1722, na de dood van Vaillant (p. 651), sous-démonstrateur de l'intérieur des plantes in de Jardin du Roi. Met het 'intérieur' worden de geneeskrachtige stoffen bedoeld. Het betrof een kleine baan die Bernard nooit meer opgaf, ook niet toen hem aanmerkelijke promotie werd voorgesteld, want hij was een in zichzelf gekeerde, uiterst bescheiden man, die maatschappelijke glorie gaarne aan anderen overliet als hij zich ongestoord in zijn planten mocht verdiepen. Het belette niet dat hij een voortreffelijke leermeester was: het is nauwelijks mogelijk een 18e-eeuwse plantkundige van verdienste aan te wijzen die niet van Bernards lessen geprofiteerd heeft.

Kleine studies over *Pilularia* (1737), en *Littorella* verschenen van zijn hand en hij was de eerste om de sexuele voortplanting van eendekroos ('Lemma') te beschrijven.

Planten kende hij als geen ander, hetgeen de anekdote aannemelijk maakt (vermoedelijk historisch onjuist) over Linnaeus' bezoek aan Parijs in 1738. Toen Linnaeus in twijfel stond over de identiteit van een plant die hem voorgelegd was, zou hij ten einde raad gezegd hebben: 'of God, of de heer De Jussieu weet het'.

Bernard had in 1725 het boek van De Tournefort over de planten rondom Parijs opnieuw verbeterd uitgegeven en hij was dus de gids bij uitstek om Linnaeus op enige excursies te begeleiden (Meudon, Forêt de Saint-Germain, Fontainebleau, Trianon). Zij bleven in de jaren daarna corresponderen, vol waardering wederzijds, al accepteerde Bernard de systematiek van Linnaeus nimmer.

Tweemaal bezocht hij Engeland om de Jardin du Roi aan te vullen. De indrukwekkende Libanon-ceder (1727 uit Engeland ontvangen) in de Jardin des Plantes, en twee nakomelingen in Versailles herinneren aan Bernards beheer van de botanische tuinen.

Lodewijk XV droeg hem op een botanische tuin bij het kasteel Le Grand Trianon (Ver-

sailles) aan te leggen (1759) en Bernard wilde een deel van de tuin inrichten als een 'école de botanique', alwaar de planten volgens een natuurlijke verwantschap gerangschikt zouden groeien. Hij dicteerde de gegevens voor Claude Richard (1705–1784), tuinbaas in Trianon, Michel Adanson en Monsieur De Bombarde, een welgestelde plantenliefhebber die een fraaie bibliotheek en plantenverzameling bezat.

Die opsomming van de genera, te planten volgens *ordines naturales* (die geen naam kregen), geeft Bernards nieuwe en verreikende inzichten weer. Zij zouden overigens vergeten zijn als Antoine-Laurent de Jussieu de Catalogus (waarin de *Ordines Naturalis* wèl namen dragen die naderhand gegeven zijn) niet bij de inleiding van zijn *Genera Plantarum*, dertig jaar later, gepubliceerd zou hebben (1789).

Noch Adansons meningen, noch De Tourneforts corollisme, noch Linnaeus' meeldradentechniek wilde Bernard aanvaarden: hij wilde opnieuw proberen door vergelijking een natuurlijk systeem af te leiden uit kenmerken van zoveel mogelijk organen, bloem, vrucht en vooral bladeren. Dat levert vier hoofdafdelingen: Acotylédones (Cryptogamen), Monocotylédones, Dicotylédones en ten slotte de Coniferae. Zowel de Mono- als de Dicotylédones zijn samengesteld uit drie groepen: meeldraden onder het ovarium, rondom het ovarium en boven het ovarium aangehecht. Een volgende scheidingslijn ontstaat door het voorkomen van meeldraden en stampers in afzonderlijke bloemen, of in één bloem. Een vergelijkende studie met Rays en met Adansons systemen ligt voor de hand, maar is mij niet bekend.

De Trianon-tuin als systematisch-botanische collectie miste zijn doel. Hij was niet voor publiek toegankelijk en Lodewijk XVI liet, om Marie-Antoinette te plezieren, de aanleg in 1775 vervangen door een zgn. Engelse tuin.

Antoine-Laurent de Jussieu (1748, Lyon – 1836, Verteuil (Ferté-sous-Jouarre)) was de zoon van Christophe de Jussieu (1685–1758), apotheker en botanicus in Lyon, een oudere broer van Bernard. Deze laatste nodigde Antoine-Laurent uit naar Parijs te komen en bij hem zijn intrek te nemen, zodat hij een opleiding als medicus zou kunnen volgen. Antoine-Laurent promoveerde in 1770 in de medische faculteit en had intussen de plantentaxonomie van zijn oom geleerd. Hoogleraar aan de Jardin du Roi was L.G. Lemonnier (1717–1799), hofarts van Lodewijk XV en sinds 1758 opvolger van Antoine. Lemonnier wist van elektriciteit veel en van plantkunde voldoende af om Antoine-Laurent al twee jaar vóór hij promoveerde te vragen het botanisch onderricht van hem over te nemen. Daarmee werd Bernard, zeer tot zijn genoegen, gepasseerd.

De leer van het *corculum* (p. 362) hield Antoine-Laurent in ere: plantembryo's met een hart zoals dieren. Hij verdedigde dit standpunt als onderwerp voor zijn promotie (*An Oeconomicam Animalem inter et Vegetalem Analogia?*; 1770), en hij kon instemmend nog allerlei nieuws meedelen. Acotylen hebben een boezemloos hart zoals 'wormen' en insekten, monocotylen zoals vissen en reptielen (één boezem) en dicotylen zoals vogels en zoogdieren (twee boezems).

De systematiek van Antoine-Laurent, geanalyseerd door bij voorbeeld Daudin en Stafleu, was dualistisch, enerzijds essentialistisch en anderzijds nominalist. Hierna komt dit dualisme nog toegelicht aan de methode gevolgd in *Genera Plantarum* ter sprake. De tweeslachtigheid blijkt al dadelijk uit de Ranunculaceae-monografie die Antoine-Laurent in 1773 de Académie aanbood: hij noemde drie namen als zijn voorbeelden en bronnen bij zijn studie over de 'Ranunculi': Linnaeus, Adanson en Bernard de Jussieu. Kenmerken hebben, meende Antoine-Laurent, verschillende draagkracht en deze zwaarteverschillen moeten leiding geven bij het zoeken naar de meest natuurlijke rangschikking die steeds

op talrijke kenmerken moet steunen (Examen de la Famille de Renoncules).

Het opsporen van kenmerken is een hoogst belangrijke aangelegenheid in de botanie, verklaarde hij, en de natuurlijke methode (méthode naturelle) is dat kenmerken niet afzonderlijk (unité) beschouwd, maar 'elk voor zich naar zijn betrekkelijke waarde geschat moeten worden, zodat één constant kenmerk bij het vergelijkende oordeel dezelfde waarde krijgt toegekend, of beter nog, als van enige variabele kenmerken te zamen.'

Hoe natuurlijk deze methode ook moge zijn, Antoine-Laurent liet deze overweging – die toch een bestaande natuurlijke hiërarchie impliceert – volgen op de opmerking dat de planten op de aarde onderling overeenkomstigheden en verschillen vertonen 'die gebaseerd zijn op la situation, le nombre et la configuration van hun organen.' Daarmee herhaalde hij oude scholastische formules die ik citeer op p. 887: *situs, numerus, modus.*

Vijftien jaar had Antoine-Laurent nodig om *Genera Plantarum* (1789) te schrijven. Voor een uitvoerige bespreking verwijs ik naar de inleiding bij de fascimile-herdruk door Stafleu (1964; en 1971: 321–332). De Jussieu herschikte in *Genera Plantarum* de plantengroepen tot een natuurlijke ordening; in hetzelfde jaar als zijn boek verscheen werd de Bastille bestormd en de samenleving opnieuw geordend.

In *Genera Plantarum* had Antoine-Laurent Commersons schitterende plantencollectie (30 000 exemplaren) en aantekeningen verwerkt (Commerson was in 1773 gestorven), zodat 37 nieuwe genera door Commerson in manuscript voorgesteld, en 15 die Antoine-Laurent zelf in zijn collectie ontdekte, gepubliceerd werden. Overigens had hij de collecties van De Tournefort en van Vaillant ter beschikking en de rijke privé-collecties van de familie De Jussieu. Als leden van de Académie ontvingen zij veel materiaal dat zij in eigendom mochten behouden, terwijl zij veel kochten en een voor die tijd ongewoon grote bibliotheek bijeen hadden gebracht. De bibliotheek van de Jardin du Roi had weinig te betekenen.

In de Exposition d'un Nouvel Ordre de Plantes, verschenen in 1774 en later als inleiding bij *Genera Plantarum* gevoegd, oordeelde Antoine-Laurent het systeem van Bernard het beste te zijn. Het was het systeem dat in de Jardin Royal, die in 1773 vergroot en grotendeels herplant werd, tot uitdrukking was gebracht, een nieuwe rangschikking die de oude, van De Tournefort, verving. Bernards natuurlijke ordening kreeg voorrang boven het kunstmatige systeem van Linnaeus, verklaarde de Antoine-Laurent die overigens de *scala naturae* als de natuurlijke orde bij uitstek beschouwde.

Van het nietigste kruid tot de machtigste boom vormen de planten door kleine verschillen een geleidelijke reeks en zij zijn wederzijds door vele banden verbonden: die de meeste wederzijdse bindingen bezitten behoren het meest nabij elkaar een plaats in de reeks in te nemen. Nooit zal het gelukken alle schijnbare hiaten in de *scala* te dichten, maar dit neemt niet weg dat een klein aantal essentiële kenmerken, algemeen geldige en invariante, uitgangspunten moeten zijn voor de ordening. Deze zijn waarneembaar, met dit voorbehoud dat zij slechts ontdekt kunnen worden door van het bijzondere naar het algemene te gaan, door inductie.

Zeven hoofdfamilies zijn in de natuur voor alle plantkundigen duidelijk zichtbaar aanwezig: grassen, lelies, composieten, schermbloemigen, lipbloemigen, kruisbloemigen en peuldragers. Het zijn de gidsen op de weg naar het natuurlijke systeem. Onderscheidingskenmerken die deze onomstotelijk natuurlijke families zouden splitsen, zijn verwerpelijk (Magnol; De Tournefort), terwijl daarentegen kenmerken die geen van deze natuurlijke families aantasten van de weeromstuit natuurlijke kenmerken zijn.

Een kenmerk dat hier of daar een ontwrichting van dit natuurlijke bestel bewerkstelligt, mag niet als een *universale* beschouwd worden. De methode stelt in staat de draagkracht van een kenmerk te schatten. Composieten hebben zowel tegenoverstaande als afwisselende bladeren, gave maar ook geveerde bladeren, lelies hebben soms knolvormige soms draadvormige wortels: deze en dergelijke kenmerken zijn variabelen.

De fructificatie evenwel is de zetel van weinig of nauwelijks variabele kenmerken en van de *essentiae*. Kelk en kroon variëren binnen de zeven grote families, iet of wat, maar de organen die onmiddellijk betrokken zijn bij de voortplanting - die een ongewijzigde nakomelingschap verzekert - herbergen de constanten en leren ons de prioriteiten. Daarom zijn stamper en meeldraden de essentiële organen. Antoine-Laurents biofilosofie houdt in dat de organen, die de hoogste natuurlijke functie vervullen - handhaving van de *essentiae* in de organismen, voortzetting tot in eeuwigheid van hun onveranderde identiteit - dan ook noodzakelijk de steunpunten moeten zijn voor een natuurlijk systeem. Meer nog: het zaad is boven alles het meest essentiële deel van de planten, want het draagt, behoedt en verschaft de kenmerken van de hoogste orde; het is het fundament van het natuurlijk bestel. Antoine-Laurent verdedigde hier het essentialisme tot in verste consequentie, logisch toegepast volgens Aristotelische beginselen. Cesalpino en Linnaeus hadden, zoals velen, langs dezelfde weg naar *essentialia* gezocht en ze gevonden. Antoine-Laurent was meer consequent (in theorie en in de praktijk) dan alle anderen.

De voornaamste groepen in het plantenrijk, *divisiones* en *classes*, werden door hem volgens deze richtlijnen omgrensd en afgezonderd.

Door aantal, af- en aanwezigheid, wijzen zaadlobben (cotylédones) de eerste grenslijnen aan, juist zoals Cesalpino had geleerd. Vastberaden orthodox besloot Antoine-Laurent, die toch veelzijdige en talrijke kenmerken wilde inzetten om tot een natuurlijk systeem te geraken, voor de hoofdindeling met de solitaire zaadlobeigenschap genoegen te nemen en zo, in de praktijk, het essentialisme rigoureus in te voeren. Ray had erop gewezen hoe het cotylkenmerk niet geïsoleerd maar gekoppeld optreedt, samen met allerlei andere kenmerken (en Antoine-Laurent moet Ray gelezen hebben). Hoe dan ook, na de eerste opstelling in 3 divisiones, acotyledonen, monocotyledonen en dicotyledonen, verdeelde Antoine-Laurent de monocotylen in 3 *classes* en de dicotyledonen in 11 *classes*, zodat het hele plantenrijk (met inbegrip van de acotyledonen die gelijk staan aan één *classis*) uit 15 *classes* bestaat (de Pythagorees-Platonische getallen 3 en 5 beheersen de constructie).

Acotyledones zijn de lagere planten: Cryptogamen (bloemlozen) en De Jussieu vond dat Najasachtigen daartoe behoorden. Voorts voegde hij Cycadaceae en Varens bijeen.

De monocotyle klassen onderscheidt men door een bovenstandig, middenstandig of onderstandig vruchtbeginsel. De dicotyle klassen allereerst, zoals De Tournefort had gedaan, door een afwezige, een vergroeidbladige of een losbladige bloemkroon, en vervolgens door middel van al dan niet vergroeide meeldraden, de stand van het vruchtbeginsel en één- of tweeslachtige bloemen. Van deze *classes* overleefden slechts weinige de latere kritiek.

Om families en genera te onderscheiden koos Antoine-Laurent voor de natuurlijke methode zoals Ray en Magnol die gewild hadden. Van een zo gedetailleerd mogelijk kenmerkenpatroon, een *compositio* aangetroffen bij een groep planten die op het oog suggereren verwant te zijn, onderzoekt men vergelijkenderwijs welke kenmerken constant bij alle groepsleden voorkomen en waar zij komen te ontbreken. Dit toont de groepsgrenzen aan, brengt de karakteriserende *differentiae* aan het licht en onderscheidt ze van *accidentiae*.

Soorten moeten bijeengehouden worden door een redelijk groot aantal overeenkomstige kenmerken ('caractères') aangetroffen bij elk individu, en genera zijn verzamelingen van soorten om dezelfde reden. Vormverwantschappen worden beoordeeld met de constantiegraad van eigenschappen die nooit geheel en al en overal dezelfde is. Als proefobjecten koos Antoine-Laurent genera, die unaniem door systematici als genera aanvaard en herkend waren: waarneming en vergelijking, de inductieve methode maken de genusgrenzen duidelijk en bevestigen die.

Honderd *ordines naturales* (= families) worden in *Genera Plantarum* goed omschreven en komen ongeveer overeen met de tegenwoordig gevolgde familiegrenzen. Samen vormen zij de genoemde 15 *classes*. De 100e familie is Coniferae; zij sluiten de rij.

De natuurlijke ordening van het plantenrijk is, volgens A.-L. de Jussieu, de volgende:

A. Planten zonder zaadlobben (Acotyledones)
B. Planten met één zaadlob (Monocotyledones)
a. meeldraden ingeplant onder het vruchtbeginsel
b. meeldraden ingeplant rondom, te halver hoogte van het vruchtbeginsel
c. meeldraden ingeplant bovenop het vruchtbeginsel
C. Planten met twee zaadlobben (Dicotyledones)
1. zonder bloemkroon (Apetalae); a, b en c zoals B.
2. met een éénbladige (vergroeidbladige) bloemkroon; de bloemkroon onder, te halver hoogte, of boven het vruchtbeginsel aangehecht (Monopetalae)
3. met enige (gescheiden) bloemkroonbladen; a, b en c zoals B. (Polypetalae)
4. éénslachtige bloemen (dikwijls zonder bloemkoon) (*Diclines irregulares*).

Dezelfde opvattingen werden voor het eerst door Lamarck gepresenteerd in Discours Préliminaire als inleiding op het eerste deel van de Encyclopédie Methodique (1783).

Een beschrijving van de families is eveneens te vinden in de eerste twee delen van de Encyclopédie die Lamarck schreef, de families en de genera met beginletters in de twee encyclopediedelen A-Gor. Lamarck geeft De Jussieu op als de auteur en hij adopteert de opstelling van De Jussieu, omdat het de meest natuurlijke indeling is van de planten, naar hij verzekert, 'die men ooit heeft uitgebracht'.

De genera beschreef Lamarck echter zelf en hij plaatste ze in de families van Antoine-Laurent.

De Internationale Code voor wetenschappelijke naamgeving wijst *Genera Plantarum* van Antoine-Laurent de Jussieu als beginpunt aan voor de familienamen, omdat zij goed omschreven zijn en algemeen aanvaard werden. De spelling behoefde echter nog een reglementering. De Jussieu sprak van bij voorbeeld Campanulaceae, Borragineae, Plantagines, zodat besloten werd alle familienamen te laten eindigen in -aceae (de uitgang van de naam is de maatstaf voor het hiërarchische niveau in het systeem; latere verfijningen blijven onbesproken).

Antoine-Laurent koos 11 namen voor zijn families uit publikaties van Linnaeus, 46 nam hij over van Bernard de Jussieu, 6 van Adanson en 34 bedacht hij zelf (Stafleu 1971: 332). Van de thans geconserveerde familienamen zijn 76 afkomstig van De Jussieus *Genera Plantarum*.

R.L. Desfontaines volgde Lemonnier op als hoogleraar in de botanie in 1785, nadat Antoine-Laurent sinds 1770 de hoogleraarstaak naar behoren en genoegen had vervuld. Toen Bernard overleden was, had Antoine-Laurent diens post als sous-démonstrateur aux Ecoles de Botanique du Jardin Royal overgenomen. Stafleu vermoedt dat de lange tijd

van voorbereiding van *Genera Plantarum* de koning deed besluiten de plantencollecties van Dombey (p. 478) ter bewerking aan L'Héritier de Brutelle te doen toekomen.

Goede betrekkingen die Antoine-Laurent met de leidende botanici in Engeland onderhield (Banks, J.E. Smith) leidden tot zijn benoeming als lid van de Linnean Society, hetgeen hem aanleiding gaf zijn positie ten aanzien van Linnaeus' systematiek te bepalen. Stafleu citeerde uit een brief van Antoine-Laurent (20 maart 1789): 'Ik hoop dat de Society mij wil vergeven Linnaeus niet volkomen te willen volgen. Ik heb een andere mening over systematiek dan die grote man, want zijn systematische conclusies schijnen de wetenschap van zijn eigenlijke doel af te houden; daarentegen waardeer ik zijn nomenclatuur, zijn genera en zijn soorten in hoge mate en ik geloof dat hij in dit opzicht de botanie een ware dienst heeft bewezen, ofschoon hij dikwijls van zijn genera de doorslaggevende kenmerken die uit de aanhechting van de organen blijken, niet vermeldt.'

Antoine-Laurent doorstond de Revolutie zonder schade aan lijf of goed; misschien is de hartelijke relatie die hij met Lamarck onderhield, die geestdriftige revolutionair, hem van pas gekomen. Na de verschijning van *Genera Plantarum* heeft Antoine-Laurent zich vooral beziggehouden met het bijwerken van zijn families, met bijdragen aan de Dictionnaire des Sciences Naturelles en het beschrijven en bekend maken van nieuwe genera en soorten. Hij bekleedde enige hoge posities in de medische kringen van het stads- en universiteitsbestuur en stierf bijna blind, in zijn buitenhuis, niet ver van Parijs.

Adrien de Jussieu (1797–1853), de zoon van Antoine-Laurent, werd na zijn medicijnenstudie in 1826 benoemd als hoogleraar voor de Botanique rurale en verbonden aan het Muséum te Parijs waarvan hij in 1831 directeur werd. Hij schreef een Cours Élémentaire de Botanique, die voor onderwijsdoeleinden goed bruikbaar was en ook buiten Frankrijk gewaardeerd werd, een aantal monografieën over plantenfamilies (Euphorbiaceae, 1824; Rutaceae, 1825; Meliaceae, 1830; Malpighiaceae, 1841) naast bijdragen aan de Dictionnaire d'Histoire Naturelle (onder meer een geschiedenis van de systemen). Omdat hij de dynastie van de De Jussieu in Parijs (de vijfde De Jussieu, Joseph, verzamelde naturalia in Zuid-Amerika) afsloot, kreeg hij een plaats in deze paragraaf; nieuwe ontwikkelingen in de systematiek in algemene zin heeft hij niet tot stand gebracht.

21. Adanson, grondlegger van de numerieke taxonomie

Michel Adanson (1727, Aix-en-Provence – 1806, Parijs) werd te Parijs geschoold in de theologie, klassieke talen en filosofie. Zijn hart ging uit naar de systematische plantkunde en de drie vrienden uit zijn jonge jaren, Daubenton (VII.27), De Réaumur (VIII.8) en Bernard de Jussieu, zijn een waarborg voor zijn kwaliteiten. In 1748 vertrok hij naar Senegal in dienst van de Compagnie des Indes. Toen hem werd gevraagd waarom hij voor een werkkring in de tropen West-Afrika gekozen had, het voor blanken meest ongezonde klimaat ter wereld, antwoordde hij dat dit nu juist de reden voor zijn keuze was, want in zo'n land wacht bijzonder veel op ontdekking. Hij bleef er zes jaar, zodat hij in 1754 terugkeerde met de ervaringen die voor biologen van beslissende betekenis zijn, met meer dan 5000 verzamelde planten en dieren en met meer dan genoeg aantekeningen over land, volk en taal om in 1757 Histoire naturelle du Sénégal, Coquillages, te kunnen publiceren. Het boek bevat meer dan alleen een verhandeling over de schelpen; het geeft in het bijzonder informatie over levensgewoonten van de weekdieren. Voor de namen der dieren volgde Anderson de binaire methode die Linnaeus een jaar later in *Systema Naturae* (10e editie)

zou toepassen (het begin van de officiële zoölogische naamgeving). Adansons naamgeving verschilt, omdat hij de eerste soort van een genus de genusnaam geeft (één woord) en de volgend congenerische soorten elk een naam van twee woorden (genusnaam plus zelfstandig naamwoord).

Theoretisch is de weekdierenverhandeling van belang, omdat Adanson aantoont hoe gemakkelijk een systeem aan de hand van één of twee kenmerken gebouwd kan worden en hoe zo'n 'kunstmatig' systeem tot onaanvaardbare groeperingen leidt. Men moet genera en soorten met zoveel mogelijk kenmerken begrenzen: hoe meer hoe beter.

De zes tropenjaren hadden Adanson de vriendschap van Bernard de Jussieu opgeleverd, hetgeen leidde tot de uitnodiging in zijn huis te komen wonen (Rue des Bernardins; de straatnaam doelt niet op Bernard). Adanson had geen inkomen en geen eigen fondsen. Tijdens zijn verblijf in Senegal was Adanson corresponderend lid van de Académie geworden en door de steun van De Réaumur werd hij in 1758 botaniste-adjoint van het illustere gezelschap, hetgeen een heel bescheiden toelage meebracht. Lodewijk XV maakte hem tevens Censeur Royal, een erebaantje dat hem het nog ontbrekende, om in waakzame zuinigheid te kunnen leven, verschafte. Hij werd bevorderd tot Botaniste du Roi en kreeg verlof appartementen in het kasteel Trianon te betrekken. Zijn laatste reis ging naar de Alpen en de Pyreneeën (1779), met het doel de bergflora met die van de tropen te vergelijken. De Revolutie verjoeg hem uit het Trianon en bracht hem tot de bedelstaf. In 1798 werd Adanson gekozen als lid van het Institut de France (de hervormde Académie Royale), hetgeen hem van het dagelijks brood verzekerde.

Gedurende de tien jaar dat hij bij Bernard de Jussieu woonde (tot 1764) schreef hij zijn klassieke Familles des Plantes, waarbij hij ongetwijfeld geïnspireerd werd door het inzicht in de systematische botanie van zijn gastheer. Toen moest hij verhuizen, om plaats te maken voor twee familieleden uit de provincie die Bernard in de gelegenheid wilde stellen te Parijs een opleiding te ontvangen. Het tweede deel van Familles des Plantes verscheen in 1763, het eerste in 1764. Na 1764 schreef Adanson geen boeken meer. Wel zagen ruim 400 artikels in de eerste twee supplementen van Diderots Encyclopédie (VII.11) het licht en er is een monografie over de Baobab, *Adansonia digitata*, die Linnaeus naar hem genoemd had, de meest grillige en omvangrijke boom van Senegal. Als begeleiding van zijn Baobab-studie gaf Adanson een systematisch overzicht van de *Malvales* mee.

Zijn erfenis, een 'ongelofelijke hoeveelheid' manuscripten, geannoteerde boeken en plantencollecties, bleven familiebezit tot 1960. Honderdvijftig jaar is een lange wachttijd – maar in de biologie niet buitensporig lang – die Adanson echter het voorrecht bezorgde dat zijn wetenschappelijke nalatenschap grotendeels eigendom werd van Hunt Botanical Library (Pittsburgh). Hunt draagt nu onder meer zorg voor onverbeterlijke uitgaven van oude botanische boeken en studies ter begeleiding. In 1963 verscheen 'Adanson', door G.H.M. Lawrence geredigeerd, met enige standaardbijdragen van o.a. Nicolas en Stafleu.

Oorzaken voor de veronachtzaming van Adanson, maatschappelijk en als geleerde, zijn onder meer zijn weigering om de Linneaanse nomenclatuur en systeembouw te accepteren, hetgeen zijn Familles des Plantes moeilijk toegankelijk maakte. Daarnaast had hij een talent om tijdgenoten tegen zich in te nemen.

Hij kon foutloos Frans schrijven en was zelfs linguïstisch meer begaafd dan de meeste collega's: zijn brieven bewijzen het. De kanttekeningen die hij in zijn boeken noteerde zijn elliptisch, niet onbeholpen of slecht geformuleerd. Toch wekt de tekst van zijn Familles des Plantes de indruk van een rare kromschrijverij, geen Latijn – zoals gebruikelijk – maar een poppenkast-Frans. Dit moet zijn land- en tijdgenoten, zijn vakbroeders geïrri-

teerd hebben, die de beweegreden van de auteur niet kenden en indien zij die al wisten, afwezen.

In het eerste deel van zijn Familles des Plantes staat een theoretische inleiding, getuigend van een grote literatuurkennis en een zorgvuldige overweging van vroegere systemen.

Over Linnaeus was Adanson – niet geheel en al zonder reden – ontstemd. Diens beoordeling van het werk van voorgangers (*Classes Plantarum*; 1738) hangt af van de mate waarin zij, net als generaal Linnaeus zelf, de *fructificatio* als enige leidraad voor classificatie beschouwden. Nog bedenkelijker is dat Linnaeus beweert dat Cesalpino, Morison, Ray, Knauth en Hermann zich uitsluitend op de *fructificatio* beriepen, maar zij lieten bij hun rangschikking veel kenmerken daarbuiten toe, merkte Adanson terecht op.

Kunstmatige systemen (X.15) zijn aangenaam in het gebruik, kunnen ook wel eens tot goed onderscheiden genera leiden, maar terwijl zij in sommige families met enig succes kunnen worden toegepast, falen zij in andere omdat zij onnatuurlijk en willekeurig zijn.

> 'Boven twijfel is het verheven dat slechts één methode, de natuurlijke, in de plantkunde het bewind moet voeren, de methode die het totaal van alle plantedelen in aanmerking neemt. Het is geboden wortels, stengels, bladeren, bloemen, fructificatie, kortom alle eigenschappen, organen en vermogens van de planten in aanmerking te nemen.'

Is de levende natuur van nature geordend? Dat is waarschijnlijk het geval, maar niet door toedoen van een Schepper. Scheppen (van begrippen, van orde) is de werkzaamheid van de menselijke geest, ratio en verbeeldingskracht (il n'y a que la raison et l'imagination qui créent). Een systeem van hogerhand ingesteld zoals bij voorbeeld Aristotelianen geloofden, is een vergissing. Een levende natuur bestaande uit een onafzienbare, ondeelbare massa individuen, zoals Buffon zich dat voorstelde, zou één almachtige en alomtegenwoordige Maker vereisen. Misschien bestaat zo'n Maker, maar voor ons mensen 'is de natuur een geheel van samenstellende en onderscheidbare groepen en daarmee uit (et cela sufit). Een natuurlijk systeem is het bestel dat de natuur ons voorhoudt'.

Het is de redeneertrant van het schouderophalen die Darwin een eeuw daarna herhaalde. Zinloos is het, zei Darwin, om zich af te vragen waar levende materie vandaan komt, hoe die ontstond. Er is een systeem in de levende natuur, verklaarde Adanson, waar het vandaan komt weten we niet, maar het is er en daarmee basta.

Hoe kunnen we dit systeem ontdekken en beschrijven? Van de organismen moet het geheel, het totaal van eigenschappen, geïnventariseerd worden (Bacon (p. 279, 280), Ray, Magnol). Stuk voor stuk zijn zij onmisbaar en onderling van gelijk gewicht. Door bij dezelfde organen van zeer vele individuen dezelfde kenmerken na te gaan en dan hun staat te vergelijken, blijkt dat sommige kenmerken niet of bijna niet veranderlijk zijn en steevast worden aangetroffen en dat andere variabel zijn of zelfs kunnen ontbreken. Constantie en presentie bepalen achteraf (*a posteriori*) het gewicht van een kenmerk en kenmerken van bij voorbaat (*a priori*) groter gewicht zijn er niet. En steeds moet het totaal van eigenschappen de doorslag geven bij het afzonderen van families of andere groepen. Een fysicus die natuurverschijnselen gebonden aan dode voorwerpen bestudeert kan niet volstaan met een onderzoek van de zwaartekracht. Hij moet alle eigenschappen van het voorwerp in aanmerking nemen en voor een systeembouwende botanicus is het niet anders voorgeschreven. Alle eigenschappen zijn vereist en daarom hebben Linnaeus en Von Haller ongelijk, want zij beweren dat klassekenmerken juist tot de fructificatie beperkt zijn.

De klassen of families die door de natuurlijke methode worden gevonden, zo vervolgt Adanson zijn betoog, zijn niet kunstmatig, want hun grenzen zijn door het totaal van

de kenmerken vastgesteld. Zij zijn duurzaam, want indien al eens, achteraf, een kenmerk toch variabel blijkt te zijn of misschien zelfs eens afwezig is, dan wordt die afwezigheid gecompenseerd door de toevoeging van een ander kenmerk.

Hier paste Adanson dus het model van de budget-leer volgens Aristoteles (die de wet vooral afleidde uit de individuele (embryonale) ontwikkeling) toe op de structuur van een taxon.

Door zulk veelzijdig onderzoek, verklaarde Adanson, komen verwantschappen door overeenstemming van kenmerken aan het licht, wordt de samenhang van en scheiding tussen klassen en families opgehelderd. Uit de studie van alle betrekkingen tussen alle organen zonder ook maar één uitzondering komt de ware wetenschap voort die in staat stelt elke plant zijn natuurlijke en vaste plaats in de juiste familie toe te wijzen. Deze plaats is vast en onveranderlijk, omdat alle mogelijke kenmerken als redenen voor begrenzing en de daaruit volgende toewijzing in aanmerking zijn genomen, microscopische waarnemingen inbegrepen, terwijl niets bij voorbaat uitgesloten werd.

De natuurlijke methode is een inductieve. Het blijkt vervolgens dat na de tweede onderzoeksfase – het vaststellen van de relatieve zwaarte van kenmerken en kenmerkcomplexen – deze relativiteit verbonden aan dezelfde kenmerken in verschillende families verschilt, ook dat hij verschilt op andere niveaus binnen het systeem. 'Wat strekt tot het onderscheiden van genera in sommige families, is ontoereikend in andere.' Soortkenmerken gehoorzamen deze regels: in sommige families zijn zij constant en betrouwbaar en dezelfde kenmerken zijn in andere families meer onzeker.

Buffons leidraad om de natuur in zoveel mogelijk detail te bestuderen 'zonder vooroordeel, niet zonder bedoeling', onderschreef Adanson, maar de idealistische (essentialistische) aanpak van systematische problemen moet strikt vermeden worden. Toch dwingt Adansons natuurlijke methode tot de toelating van een zekere intuïtie 'die botanici eigen is'. Men ziet zich genoodzaakt een plantengroep die zich door zijn uiterlijk als een eenheid aandient, voor onderzoek te kiezen. Blindelings willekeurige planten aan een onderzoek onderwerpen leidt tot niets. De praktijk van systematisch onderzoek volgt op een keuze. Volgens een intuïtie wordt dan een vergelijkende en controlerende studie verricht, hetgeen welbeschouwd een deductieve-inductieve werkwijze is.

De methode die Adanson bepleitte voor biosystematisch onderzoek heeft zich gehandhaafd. De huidige planten- en dierensystematiek volgt Adansons voorschriften, terwijl de onderzoekers zich gedwongen zien ze toe te passen als een materialistisch-morfologisch beleid. Sinds 1763 zijn technische verfijningen beschikbaar gekomen en kenmerken ontleend aan andere disciplines dan de externe morfologie aan het te beoordelen geheel toegevoegd. Het model voor het onderzoek en de besluitvorming heeft zich evenwel niet verder ontwikkeld, met aantekening weliswaar dat fylogenetische overwegingen thans de initiële kenmerkengelijkwaardigheid die Adanson vooropstelde, geweld heeft aangedaan. Een fylogenetische achtergrond prevaleert nu. De logisch-theoretische bezwaren die tegen deze moderne ombuiging van Adansons voorschriften ingebracht kunnen worden, laat ik onbesproken.

Om de *scala naturae* te construeren, schatte Adanson de graad van verwantschap op grond van de veelzijdige affiniteiten tussen de families in de hoop een opgaande ontwikkelingslijn te kunnen aantonen. Daartoe maakte hij een lineaire opstelling van de genera binnen elke familie, van lager naar hoger. Het werd vermeld dat hij zich niet bekommerde over de vraag wie of wat die rechte, opwaartse lijn kon hebben ingesteld.

Een vergroeide bloemkroon (gamopetalie) gold zowel voor De Tournefort als voor De

Jussieu en voor Adanson als een belangrijk taxonomisch kenmerk, maar laatstgenoemde wilde het kenmerk niet boven het familie-niveau hanteren: het is van bescheiden gewicht. Lelieachtigen zijn één familie, maar nu eens hebben zij een vergroeidbladige en dan weer een losbladige bloemkroon. Adansons mening over gamopetalie kreeg in de tweede helft van de 20e eeuw de overhand.

Adanson besloot 58 plantefamilies te onderscheiden; hij omschreef ze nauwkeurig en bijzonder bevredigend. In het algemeen stemmen zij overeen met de families die Bernard de Jussieu en Linnaeus hadden voorgesteld. Zes families omvatten de Coniferae en de Cryptogamen.

De eerste familie der Cryptogamen heet Byssi: het zijn poederige en draadvormige schimmels. De tweede familie is de Fungi. Er zijn zeven groepen en Adanson beschouwde de korstmossen als Fungi (zij waren tot A. de Jussieu (X.20) met de algen verenigd).

Familie 57 heet Les Pins en bestaat uit *Pinus, Abies, Cupressus, Thuya, Taxus, Juniperus, Larix, Ephedra* en ?*Equisetum*. Deze indeling is verre superieur boven die van Linnaeus, die *Pinus* niet van *Abies* onderscheidde en *Thuya* en *Cupressus* als *Monadelphia* samen voegde (1753). A.L. de Jussieu had de Coniferae als 5e orde van de 15e klasse, en hij maakte twee groepen:

- meeldraaddragende kelk (*Ephedra, Casuarina, Taxus*), en
- zonder kelk (*Juniperus, Cupressus, Thuya, Araucaria, Pinus, Abies*).

Een vergelijking van deze drie 18e-eeuwse systemen voor de Coniferae laat zien hoe in 1753, 1763, en 1789 opeenvolgende stappen gezet werden in de richting van de thans prevalerende, (fylogenetische) Coniferae-taxonomie.

Kykas, had Theofrastos vermoed, zou een palm kunnen zijn en misschien was zijn kykas dat inderdaad. Zekerheid over de identiteit van kykas is buiten bereik. Linnaeus noemde een merkwaardige plant uit tropisch Azië *Cycas circinalis* en besloot hem tot de palmen rekenen. Adanson was het daarmee eens. De Jussieu plaatste *Cycas* bij de *Acotyledones* en vervolgens bij de Varens.

Over Adansons ontmoeting met de in zijn dagen snel veld winnende gedachten over afstamming met veranderingen: veranderingen die hij 'mutations' noemde, het volgende. Hij had uiteengezet dat natuurlijke groepen duurzaam zijn en verklaard waarom zij zich onveranderd handhaven, althans, hij had die natuurwet geconstateerd. De fossiele vondsten lieten hem dus onberoerd (men kon er weinig aan zien en niets aan controleren). Door kruising van soorten zouden misschien nieuwe soorten kunnen verschijnen, een mogelijkheid die Adanson schoorvoetend (in 1763) erkend had. Er waren mutations gerapporteerd door J. Marchant (veranderde *Mercurialis*, in 1719) en Linnaeus was niet de enige die zich bezighield (1742) met de wonderlijk afwijkende bloemen van *Linaria*. Tulpnakomelingen zijn veranderd na bestuiving van de ouderlijke plant met stuifmeel van een anders gekleurde tulp. Ingevoerde planten, meerjarig bij aankomst, worden soms éénjarig in het nieuwe klimaat. Buffon had over veranderende soorten geschreven.

Dit alles bracht Adanson ertoe om met tarwe en met gerst te experimenteren. De controles van het nageslacht op afwijkingen werden oorzaak dat hij zijn akkoord met het transformisme van 1763, in 1769 nadrukkelijk introk. Evenmin als diersoorten kunnen plantesoorten zich veranderen. De gevonden afwijkingen vererven niet en ook na kruising komen geen blijvende wijzigingen tot stand.

Utopieën bestuurden Adansons leven en werk. Hij was een dromer, een naïeve idealist, juist zoals vele van zijn tijdgenoten en een ieder op eigen wijze, maar allen overtuigd van de glorieuze vooruitgang die na het verjagen van de kerkvoogdij, het materialisme en de

causaal-mechanistische natuurleer vaart zouden geven; de Revolutie was nog theorie.

Voor Adanson was de oude taal niet goed genoeg. Nieuwe en eigen taalvormen voor een vernieuwd concept van de natuur. En hij werkte, zoals Haller, zoals Linnaeus, zoals veel biologen van zijn tijd, meer dan zestien uur per dag. Slapen was tijdverkwisting.

Een wereldomspannend boek, zoals de Encyclopédie, wilde hij gaan schrijven, over de levende natuur der aarde. De Académie kreeg van hem in 1778 een bericht dat hij voorbereidde 'De Universele Orde van de Natuur of het Natuurlijk Systeem, omvattende alle bekende levende wezens, hun stoffelijke eigenschappen en geestelijke vermogens, in volgorden die de samenhang van hun relaties uitwijst'. Het werk zou 27 delen gaan vullen en 40 000 illustraties moesten de tekst verduidelijken; een algemene woordenlijst voor de natuurlijke historie mocht niet gaan ontbreken.

Deze droom liet zich niet verwezenlijken, ofschoon Lodewijk XVI hem het gebruik van de koninklijke drukkerij had toegestaan.

In zijn laatste jaren verbleef Adanson achter gesloten deuren, in zijn studeervertrek, onbereikbaar, zonder leerlingen, alleen. Hij stierf vereenzaamd (1806). Zijn testament bevatte het verzoek een krans op zijn lijkkist te leggen van bloemen behorende tot de 58 families die hij onderscheiden had, een volkomen bij hem passende wens, vertederend, uitdagend, onuitvoerbaar.

Aan de eenheden die hij wilde omgrenzen gaf Adanson de namen die hem aanstonden, met dien verstande dat als hij in de bestaande literatuur een naam kon vinden voor een groep die met de zijne overeenkwam, hij die voorrang gaf. Indien een keuze tussen enige voorafgaande namen gedaan moest worden, koos hij de oudste, behalve als hij een goede reden meende te hebben dit niet te doen. Het was hetzelfde beleid als dat van Linnaeus. Linnaeus' naamgeving en naamkeuzen werden echter wereldwijd geaccepteerd, om goede redenen, onder meer door zijn zo doeltreffend werkende binomiale soortnamen. Adanson begreep het voor de praktijk onovertrefbare voordeel daarvan niet. Bovendien componeerde hij namen voor genera en voor soorten die bij geen herkenbare taal behoorden aan te sluiten, met gevolg dat niemand de nietszeggende namen in gebruik nam.

Leerzaam is het om een discussie tussen een voorvechter van het natuurlijke systeem, Adanson, en de verpersoonlijking van het essentialisme, Linnaeus, in herinnering terug te roepen.

Alle nieuwe, nog nooit onderzochte planten – bij duizenden kwamen zij uit alle werelddelen naar Europa – zullen ongedwongen in het natuurlijke systeem (Adanson) een plaats vinden, verzekerde Adanson. Nimmer zullen zij dat systeem, vrucht van zo veelzijdig en uitvoerig onderzoek, kunnen ontwortelen, ten hoogste hier of daar een kleine wijziging noodzakelijk maken, want het fundament is breed en hecht. Linnaeus, ging Adanson verder, houdt staande dat de volmaakte klassificatie slechts mogelijk is als alle bestaande soorten volledig onderzocht zijn. Deze erkenning, zegt Adanson met nadruk, is het bewijs dat Linnaeus' systeem te kort schiet.

Adansons kritiek komt voort uit een onvoldoende inzicht in Linnaeus' denktrant. De *essentiae*, belichaamd in de organismen, vullen de schepping. Een *essentia* is in abstracto het eigene, het karakteristieke zowel van het organisme als van de groep waartoe het organisme behoort. De *essentia* 'kat' is hetgene dat alle katachtige dieren kat maakt en het differentieert zich als leeuw, tijger, lynx enzovoorts, katachtige genera en soorten, alle met dezelfde *essentia* en de groepen binnen de *essentia* weer met de groepseigen *essentia*. Die groepen, soorten en genera grenzen aan elkaar – geen leegte in de natuur – langs onregelmatige scheidslijnen, zoals landgrenzen. Welnu, dat natuurlijke, essentialistische systeem

is pas volmaakt bekend als alle soorten en groepen op hun *essentia* onderzocht zullen zijn en de laatste grenslijn nauwkeurig getrokken kan worden.

Noch aan Adanson, noch aan Linnaeus' beschouwingen en onderzoeksmethode kan enig argument ontleend worden ten aanzien van de overeenstemming met de ware staat van zaken in het bestel van de levende natuur. De praktijk van het taxonomisch onderzoek heeft Adansons denkmodel de voorkeur gegeven, een voor de hand liggende ontwikkeling, want het sluit zich aan bij Lamarcks en Darwins afstammingsleer.

22. Buffon, de levende natuur en de taal

Georges Louis Leclerc, graaf de Buffon (1707, Montbard (Bourgogne) - 1788, Parijs) stamde uit een plattelandsfamilie van boeren, dokters en rechtsgeleerden. Hij begon, door de jezuïeten in Dijon opgevoed, een rechtenstudie (1723) die hij voltooide. Daarna studeerde hij medicijnen in Angers, maar wiskunde en de levende natuur hadden zijn voorkeur; in de omgeving ondernam hij vaak excursies om planten en dieren op te sporen. Na een kort verblijf in Zwitserland, ter wille van de wiskunde, keerde hij naar Angers terug. Binnen een maand brak hij zijn studie af nadat hij een duel vanwege een vrouwenkwestie had gewonnen. Hij verhuisde wijselijk naar Nantes. Met een rijke Engelsman en zijn Duitse gouverneur reisde Buffon een half jaar in Zuid-Frankrijk (Bordeaux, Toulouse, Montpellier) en in Italië (1732). De legende wil, terecht, dat hij aan de voet van de Vesuvius aangekomen, waar Plinius stierf, besloot een aardgeschiedenis te schrijven (Histoire de la Terre; XII.27). Nog in 1732 kwam Buffon metterwoon naar Parijs en werd in 1733 als Adjoint-Mécanicien van de Académie gekozen. Dit had hij te danken aan een methode voor waarschijnlijkheidsberekening die hij ontwierp in verband met het dobbelspel. Twee jaar later verscheen La Statique des Végétaux, de Franse vertaling van Hales' klassieke boek (VII.17) en in 1740 nog de vertaling van een verhandeling van Newton over differentiaalrekenen. Intussen had Buffon Engeland bezocht en daar begrepen dat microscopen belangrijke hulpmiddelen zijn bij biologisch onderzoek.

Zijn benoeming als Intendant van de Jardin du Roi in 1739 (het jaar waarin hij associé van de Académie werd) ging vergezeld van een opdracht van minister J.F. Maurepas (1701-1781) om een beschrijving van de in het Cabinet du Roi bewaarde collecties te maken. Deze minister - een luchthartige, zeer intelligente hoveling - viel in 1749 in ongenade door een ondeugend rijmpje over Madame de Pompadour. Hij had toen al de biologie uitstekende diensten bewezen, niet alleen door zijn voortdurende steun aan Buffon, maar ook door de reizen van Maupertuis (VIII.9, XII.27) en La Condamine te financieren.

De Description du Cabinet du Roi kon bedoeld zijn als een voortzetting van Claude Perraults Mémoires (p. 292, 326), maar het Cabinet was Buffon bij lange na niet genoeg. Geen dode collectie maar de levende natuur en die natuur in haar geheel, zoals eens Aristoteles en Plinius ondernamen. Al spoedig nodigde Buffon zijn vriend Daubenton uit de dierenanatomie op zich te nemen, die Perrault zo voorbeeldig beoefend had en die Buffon bepaald niet interesseerde. Daubenton liet zijn artspraktijk in Montbard gaarne varen voor een wetenschappelijke loopbaan in Parijs (1742).

Tien jaar lang (1739-1749) berichtte Buffon de Académie over bosbouw, hout, wiskunde, zwaartekracht, brandspiegels, vuur-eigenschappen en ♀ zaadvloeistof, en bereidde een Histoire Naturelle Générale et Particulière avec la Description du Cabinet du Roy voor. Hij maakte het plan in 1748 (Journal des Savans) bekend. Samen met Daubenton

zal hij dit werk in 15 delen schrijven: om te beginnen 9 delen voor het dierenrijk, deel X–XII gaan over een système de végétation, de landbouw en het règne végétal, deel XIII is voor gesteenten, mineralen en fossielen bestemd, deel XIV voor aardsoorten, halve en ware edelstenen, en deel XV voor zouten, zwavels, bitumen en andere mineralen. Toen Buffon overleed waren 35 delen gepubliceerd en was deel 36 persklaar. Zij bevatten de zoogdieren, de vogels en de mineralen, naast vele artikels over andere onderwerpen.

Toen in 1804 het laatste Supplément (door Lacépède (La Cépède, bijgenaamd 'roi des Serpents') verschenen was, telde de Histoire 44 monumentale delen. Lacépède behandelde eileggende reptielen (viervoeters en slangen, 2 delen, 1788–1789), de vissen (5 delen, 1789–1803) en de walvisachtigen (1 deel, 1804).

Voor de eerste, zeer zeldzaam geworden en indrukwekkende editie maakte Jacques de Sève meer dan 1000 fraaie afbeeldingen, voor de tweede editie tekende Martinet de vogels, niet minder fraai.

Dank zij het verbazende succes van de Histoire Naturelle verschenen nog talrijke verhandelingen als Suites à Buffon. Ontwikkelingen van de systematiek zijn daarin te vinden. Vele auteurs, o.a. Lamarck en Cuvier, schreven met die titel Verhandelingen (bij voorbeeld over Infusoriën, Insekten en zelfs over botanie; Bourdier, 1952: 62).

Het eerste deel begint met een Discours de la manière d'étudier et de traiter l'Histoire Naturelle. Buffon zet hierin uiteen op welke wijze natuurstudies ondernomen en de resultaten bekend gemaakt moeten worden. De benodigde instrumenten zijn de zintuigen, de gedachten en de taal. Het waren meningen die hij al in 1744 op een Académie-vergadering geopperd had.

De biologie (l'histoire naturelle) is universeel, bestaat uit talloze bestanddelen. Al wat kan bestaan is (tout ce qui peut être est). De Schepper riep een *scala naturae* tot aanzijn. Hij vormde een reeks levende wezens, van het meest volmaakte schepsel tot de meest vormloze materie, van het hoogst georganiseerde dier tot het ruwste mineraal, met bijna onmerkbare verschillen (degrées presqu'insensibles) tussen ieder individu.

De visuele werkelijkheid heeft slechts in zoverre betekenis als de mens deze vaststelt, dat is met menselijke, beperkte vermogens, en daarom zullen de eerste oorzaken steeds voor ons verborgen blijven. Algemene wetmatigheden, gevolgen van de eerste oorzaken, zijn even moeilijk kenbaar. Wij kunnen slechts enige bijzondere gevolgen (effets particuliers) waarnemen en al vergelijkend en combinerend daaruit de dingen afleiden die binnen ons begrip komen. Alle feiten samengevoegd, alle gedachten geordend, vrij gebleven van een esprit de système, van elk vooroordeel, verschaffen een natuurgetrouw beeld van de dingen. Onmogelijk is het deze volgens categorieën te rangschikken. Altijd ontdekt men verbindende tussenvormen, zo stelt Buffon. Toch kunnen wel groepen omgrensd worden volgens het totaal van de kenmerken, nooit volgens weinige eigenschappen, zoals Linnaeus dat doet. Hoe dan ook, groepen blijven altijd een willekeurige combinatie, afhankelijk van menselijke voorkeur.

De beschrijving van individuele dieren (le style même de la description) moet eenvoudig, zindelijk, en passend zijn (simple, net et mesurée). De enige sieraden die de stijl mag dragen zijn een edele woordkeus en een zorgvuldig gekozen en gefatsoeneerde terminologie (noblesse dans l'expression, du choix et de la proprieté dans les termes).

Een volledige beschrijving van een viervoeter moet alle waarneembaarheden vermelden over vorm, kleur, gewicht, afmeting, etc. Tevens alle gedragingen en levensgewoonten, de relaties van dieren onderling en met de mens, de voortplanting, voedsel, habitat, jacht en met nadruk moet het nut ter sprake komen. Voor zover de anatomie bij deze gegevens

betrokken is, moet hij ook worden genoteerd.

Zulke beschrijvingen zijn geen soortbeschrijvingen. Soortgrenzen komen aan het licht door de mogelijkheid van voortplanting. Een soort is de gemeenschap van onderling vruchtbare dieren.

De Buffonse beschrijving vereist *'een geestdriftige blik op het grootse geheel'* (les grandes vues d'un genie ardent) en tezelfdertijd 'aandacht voor kleinigheden' (les petits attentions d'un instinct laborieux).

Zo te werk gaande zullen wij, voortbouwend, dat hoge niveau bereiken en daar bijzonderheden herkennen als gevolgen van algemene natuurwetten, een niveau waarop wij de natuur met haarzelf vergelijken kunnen (Discours 1749: 26). Buffon en Newton ontmoeten elkaar op deze plek met dezelfde conclusie, Buffon als bioloog en Newton als fysicus.

Stijl brengt de ordening en de beweging, die het denken van de mens beheersen, tot uitdrukking. De natuur streeft naar eenheid, aansluiting, continuïteit, door wetmatigheden en de harmonisatie met de natuurlijke orde en beweging is het middel om nader te komen tot de natuurwetten. Het doel van de natuurfilosofie moet zijn het 'hoe' te ontdekken, niet het 'waarom' aan te wijzen.

Kortom: Linnaeus probeerde de organismen zo kort mogelijk te karakteriseren en Buffon wilde ze zo beeldend als maar mogelijk beschrijven. Beiden veronachtzaamden zij de anatomie, Linnaeus omdat hij er niets van wist en Buffon omdat hij er zo min mogelijk van wilde weten.

Buffon bekritiseerde Linnaeus op principiële punten. Wel spaart naar Buffons mening de methode van Linnaeus werk en levert geheugensteun. De natuur is echter steeds verschillend, ofschoon zichzelf steeds gelijk (Newton). De kunstgrepen van Linnaeus verbrokkelen de natuurlijke samenhang. Die samenhang kan slechts benaderd worden als men starre en onwrikbare doctrines vermijdt. Van verschillende punten uit bezien zijn dezelfde dingen anders. Als biologen zoeken naar inzicht in het wezen en de kern van al wat leeft, mogen zij wijsbegeerte niet omzeilen. De geleerde wereld zoekt daar gewoonlijk niet naar en richt zich op wat voorgangers dachten. Er is, in plaats van Linnaeus' vakgeleerdheid, een systeem dat door zijn eenvoud door iedereen begrepen kan worden. In het eerste deel van Histoire Naturelle heeft Buffon het uitgelegd.

Noodzakelijk is, om te beginnen, alle vroeger opgedane kennis af te schudden. Daarna neemt men de levende natuur in ogenschouw en ziet toe zoals de mensen eens, in de dageraad van hun bestaan de wereld bezagen, de dieren en de planten.

De natuurmens begon levende en dode materie te scheiden. De levende materie bleek onbezield (de planten) of bezield (de dieren) te zijn. De dieren lieten zich vanzelfsprekend groeperen als land-, lucht-, en waterdieren. Vervolgens heeft men de nuttige landdieren onderscheiden, de huisdieren eerder dan de wilde dieren. Zo beschouwen de onbevooroordeelde natuurmensen hun omgeving en zo zal Buffon zijn natuurlijke historie in harmonie met het natuurbestel gaan inrichten.

Zijn betoog vervolgend, kon Buffon lezers die dorre wetenschap vrezen of verwachten, nog geruststellen. Zij behoeven zich geen zorgen te maken ook al wordt tegenwoordig het aantal wetenschappelijke begrippen en namen tot in het oneindige vergroot en de wetenschappelijke taal daardoor nog moeilijker dan de wetenschap zelf.

> 'Zou het niet eenvoudiger, natuurlijker, waarachtiger zijn een ezel ezel, een kat kat te noemen in plaats van te bepleiten, zonder dat men weet waarom, dat de ezel eigenlijk een paard en een kat eigenlijk een lynx is?'

Een algemene wetenschappelijke methode is de moderne steen der wijzen geworden.

Willekeurig kiezen botanici een plante-eigenschap, verklaren dat deze een kenmerk is en gaan dan, pedant, aan de hand daarvan, een oordeel vellen over het geheel. Dat draait erop uit dat om een boom te herkennen men een microscoop moet meenemen, waarschuwt Buffon. De afmetingen, de vorm, de habitus, de bladeren van een boom helpen ons, zou men haast gaan denken, niet om hem te herkennen. Wie zijn meeldraden niet gezien heeft, heeft niets gezien, als men Linnaeus wil geloven.

Linnaeus blijft het mikpunt. Zelfs al zijn definities (diagnoses) onverbeterlijk nauwkeurig, nooit omvatten zij het gedefinieerde in zijn geheel en in alle bijzonderheden. Slechts een beeldende beschrijving maakt wetenschap, kennis van zaken, mogelijk.

> 'Niets is goed gedefinieerd dat niet goed beschreven is. Welnu, om met nauwkeurigheid te kunnen beschrijven moet de beschrijver het te beschrijven voorwerp gezien, opnieuw bezien en controlerend waargenomen hebben en dit voortdurend zonder vooroordeel, zonder enig idee van een systeem. Als deze voorwaarde ontbreekt mist de beschrijving het merkteken van de waarheid.'

Men moet toezien zoals een naïeve mens (voir presque sans dessein) en het geziene onbeïnvloed en precies vermelden (représenter naïvement et nettement les choses).

Men ordene, zegt Buffon, de planten en de dieren onbevangen, zoals men ze van nature aantreft. Viervoeters, vogels, en vissen in overeenstemming met hun verblijfplaats, land, lucht en water. Planten zijn òf bomen òf kruiden.

Nuttige viervoeters krijgen voorrang (paard, hond, vee). Dan volgen de wilde dieren (levend in hetzelfde klimaat) en ten slotte uitheemse dieren. Het is de weerspiegeling van de belangstelling van de mens. Men bestudeert immers van nature de nuttige dieren het eerst en in de mate waarin zij ons voordeel opleveren, en de dieren die ons het meest vertrouwd zijn weer als eersten. Ongetwijfeld is deze systematiek er een van willekeur, maar elk systeem is willekeurig. Het is toch veel natuurlijker om op het paard (ééntenig, solipède) de hond (meertenig, fissipède), die gewend is achter het paard aan te lopen, te laten volgen en niet de zebra, een tamelijk onbekend dier. Indien we de meertenigen (fissipèdes) zoals de leeuw en de rat, of de ééntenigen (solipèdes) zoals de ezel en de olifant, bijeen zetten, zouden we dan een beter systeem opbouwen? De nauwkeurige beschrijving (description exacte) en het natuurgetrouwe levensbericht (l'histoire fidèle) zijn de enige oogmerken die men na moet streven, want die werkwijze beperkt zich tot de blote feiten. Systematiek is een bedenksel (la classification est une invention de l'esprit).

Aristoteles bezat, nog steeds volgens Buffon, een neiging te filosoferen over de bouw van de levende natuur en Plinius beschikte over een vrijmoedigheid (liberté d'esprit, hardiesse de penser) die de filosofie te boven gaat. De biologen van de Oudheid bekommerden zich waarempel niet om meeldraden van een nutteloos gewas en een insekt was een insekt, meer niet.

De mens is de kern van de kosmos en de maat van alle levende dingen. Onze wetenschap richte zich naar het profijt dat de natuur ons kan verstrekken. Zodoende behoort de natuurwetenschap de mens niet van zijn natuurlijke plaats los te maken en hem aan een bewonderende eerbied voor goddelijke wetmatigheden te onderwerpen, integendeel, natuurwetenschap behoort de mens in zijn menselijkheid te bevestigen, de met rede en zede begaafde mens die uniek en superieur is, dierlijk en verschillend van alle dieren.

Buffon bood door deze redeneringen halverwege de 18e eeuw een vernieuwde biologische methode aan. De individu-beschrijvingen, goed geformuleerd, voldoende gedetailleerd, verkregen door menselijk onderzoek en ten behoeve van mensen zullen de hoogst bereikbare inzichten verschaffen. Deze benadering van de waarheid, van het ware wordt

mogelijk door de kunstgrepen, technieken en woordconstructies, metafysische betogen, weg te vagen, want pas dan kan men de natuur verstaan.

Wiskunde is een stelsel van metafysische abstracties, rustend op willekeurig gekozen uitgangspunten, is nutteloos, maar door dienstbaarheid aan de natuur toch nuttig geworden. De natuurwaarheid (vérité physique) volgt uit een serie overeenstemmende feiten, een herhaling van dikwijls terugkerende verschijnselen, gevolgen van dezelfde gebeurtenissen. Weliswaar is deze waarheid niet meer dan een waarschijnlijkheid, maar deze is gelijkwaardig aan voor mensen geldende zekerheid.

Buffons vernieuwing van de biologie begon met nadruk de plaats van de mens aan te wijzen als centrum en maatstaf van, en rechthebber op de levende natuur waarmee hij onverbrekelijk verbonden is en waarvan hij deel uitmaakt. Vervolgens de afwijzing van elke metafysische of wiskundige suprematie in het biologische overdenken (Descartes heeft ongelijk). Ten slotte dat verzameling en ordening van al wat onze zintuigen ons meedelen alles kenbaar zullen maken wat voor ons van belang kan zijn. Daarbuiten hebben we niets te zoeken en bovendien geen toegang. De leer van Buffon was de essentie van vele idealen van de Verlichting, elegant en krachtig vertolkt in beeldende taal, zodat het nieuwe biologieboek onmiddellijk weerklank vond.

De eerste drie delen (1749) waren in zes weken uitverkocht. Vele herdrukken, min of meer herzien, volgden, van deze en van de volgende delen; er zijn meer dan 250 verkorte en aangepaste edities. Een complete Buffon dateert van 1954 (ed. J. Piveteau). D. Mornet (1911) bestudeerde 500 catalogi van 18e-eeuwse privébibliotheken en stelde vast dat 220 de Histoire Naturelle bevatten, terwijl de tegelijkertijd verschijnende heraut van de Verlichting, de Encyclopédie van d'Alembert en de zijnen, in slechts 82 catalogi te vinden was.

Deel I bevat, behalve het Premier Discours, een geschiedenis van de Jardin en het Cabinet, en de Théorie de la Terre. Deel II onder meer de natuurlijke historie van de mens (eerste stuk). Deel III onder meer het slotstuk van de verhandeling over de mens en een eerste stuk over het Cabinet du Roi door Daubenton.

Sinds 1732 had Intendant C.F. Cisternay du Fay de Jardin du Roi gerehabiliteerd. Bernard de Jussieu bemoeide zich met het Cabinet, maar wilde na 1745 zich uitsluitend met plantkunde bezighouden. Daubenton nam toen de zorg voor het Cabinet over.

De nieuwe Intendant (Buffon in 1739) heeft zich nimmer met wetenschappelijke plantkunde bemoeid. Zijn bestuur van de tuin had echter aanzienlijke uitbreidingen ten gevolge, van het grondoppervlak zowel als van de gebouwen. De collecties in het Cabinet du Roi namen snel toe, in omvang en aantal. Al het materiaal waar hij de hand op kon leggen bracht Buffon naar het Cabinet. De collectie van De Réaumur, per testament aan de Académie nagelaten, gingen niet naar het Louvre, maar naar het Cabinet volgens koninklijke beschikking. In 1760 verkocht Adanson zijn natuurhistorische collecties uit Senegal (X.21) ten behoeve van het Cabinet. Histoire Naturelle stimuleerde de belangstelling zozeer, dat zowel particuliere verzamelaars als vorstelijke personen materiaal stuurden, bij voorbeeld de koningen van Denemarken, Polen, Zweden en Pruisen. Op de lijst van inzenders ontbrak natuurlijk Catharina II van Rusland niet.

De snel groeiende collecties kon Daubenton niet bevredigend plaatsen. Diderot adviseerde in 1751 deze 'chaos waar niets verduidelijkt wordt' op te ruimen, alle schelpen in zee te gooien, de planten als compost te verwerken en de dierenlijken op te ruimen. Ook na 1766, toen Buffon een nieuw gebouw had laten inrichten, bleef het Cabinet rommelig.

De eerste twaalf delen van Histoire Naturelle bevatten Daubentons gegevens over meer dan 1500 opgezette zoogdieren als bijdragen tot de Catalogue du Cabinet du Roi.

Na 1767 ontbreken de anatomische artikels van Daubenton. Tot dat tijdstip was zijn aandeel in het werk aanzienlijk geweest. Van deel I-XV (1749-1767) schreef hij 231 hoofdstukken en Buffon 197. Het abrupte einde van zijn medewerking moet Daubenton gegriefd hebben, menen enige geschiedschrijvers. Dat zal wel, maar ik herinner aan de prospectus van Histoire Naturelle waarin Buffon en Daubenton als gelijkwaardige auteurs worden aangekondigd. Zij zullen een boek in vijftien delen maken. Aan die vijftien delen heeft Daubenton ten volle meegewerkt. Uit heredities schrapte Buffon Daubentons anatomie-artikels, vermoedelijk omdat zonder deze de uitgave goedkoper en de afzet beter werd. Groot was Buffon als bioloog, niet minder groot als zakenman. Daubentons antagonisme ten aanzien van Buffon komt niet voort, dacht ik, uit sociale nijd of vanwege (financiële) nadelen door het schrappen van zijn bijdragen aan de Histoire Naturelle, maar uit de botsing van wetenschappelijke inzichten en wetenschappelijk beleid. Daubenton was een Pietje precies, droog als gort, bevreesd iets te zeggen of te suggereren dat hij niet zelf gezien en gecontroleerd had. Hij wilde zich beperken tot de directe waarneming en visuele feiten, niets meer en niets anders, en wantrouwde iedere beschouwing, afgeleid uit het zichtbare en stoffelijke, omdat direct contact met de feiten dan ontbreekt. Een van zijn biografen zegt dat hij zo verbazend nauwkeurig was, zo volstrekt betrouwbaar in zijn waarnemingen en zo aan de feiten toegewijd, zo volijverig en voorzichtig bezig binnen de grenzen van de empirische gegevens, dat al deze goede eigenschappen samenspanden om zijn verbeeldingskracht (imagination) te doven.

Buffon was niet in de anatomie geïnteresseerd, des te meer in het gedrag van de levende dieren. Hij beschreef zó dat de lezer het beest levend voor zich zag, levend en bewegend. Hij aarzelde niet daar allerlei interpretaties en uitleg aan toe te voegen, ofschoon bewijs in de regel ontbrak, mits het ritme van zijn zinnen, de gang van zijn beschrijving maar meehielpen een woordbeeld van het dier ook voor anderen op te roepen. Daubenton daarentegen beschreef saai, uitvoerig en gedetailleerd wat hij zag en liet met dubbel zoveel woorden als Buffon gebruikte de lezer nog niet half zien wat Buffon anderen, inspirerend, verduidelijkte. Welsprekendheid kon bijdragen tot het overbrengen van wat de auteur belangrijk genoeg achtte om mede te delen. Buffon bewees het.

Als waarschuwing schreef Daubenton: 'men moet op zijn hoede zijn voor geschriften van naturalisten die de magie van de welsprekendheid mengen met de eenvoudige waarheid van de Natuurlijke Historie'. In die uitlating schuilt de *crux rerum*. Voor Daubenton was welsprekendheid magie, onwaar. Voor Buffon is welsprekendheid - dat is de juiste woordkeus in harmonie met de frasering bij de opbouw van het woordbeeld - onmisbaar om voor een ieder de ware staat van zaken bereikbaar te maken, om te leren zien, om zowel begrip van het wezen en als kennis van het uiterlijk van het dier in kwestie aan anderen te leren.

Toen Buffon op 25 augustus 1753 als lid door de Académie ontvangen werd, zei hij in zijn rede: 'Alléén die werken zal het nageslacht behouden, die goed geschreven zijn'. Hij voorspelde dat alle andere studies te gronde zullen gaan, zeker als ze over kleinigheidjes handelen. Dat mocht Daubenton zich voor gezegd houden.

Guéneau de Montbeillard (?-1785) kwam na Daubenton Buffon te hulp (1761-1778). Hij behandelde talrijke vogels - Daubenton had te kennen gegeven niet aan vogels te willen werken - en wilde insekten voor zijn rekening nemen, maar dat voornemen kon hij niet verwezenlijken. Na Guéneau zette de abbé Bexon het werk aan de vogels voort (1776-1784). Hij was een bekwame stilist, die echter jong stierf (1784). Buffon bewerkte zijn teksten en of dit steeds tot verbetering leidde blijft een omstreden vraag.

Gewoonlijk componeerde Buffon zijn te publiceren teksten in zijn grandioze buitenverblijf in Montbard waar hij het grootste deel van het jaar verbleef. Hij had volières en een aantal levende dieren. Beroemd waren zijn tamme langstaartaap en zijn papegaaien.

Bij zonsopgang gewekt hulde hij zich in een zijden sjamberloek, liet zijn secretaris roepen en dicteerde passages voor de Histoire Naturelle. Omdat hij zwakke ogen had, schreef hij niet gaarne zelf en een gebrekkig gezichtsvermogen is misschien de verklaring voor zijn schaarse en slechte microscopische waarnemingen.

Na het ontbijt dicteerde hij nog een uur of wat. Het beheer van zijn landgoed en zijn overige besognes vergden het overige van de dag. Niet onvermeld mag zijn succes blijven met het smelten van ijzererts dat in de streek van Montbard gevonden wordt (ca. 1765). Vuur fascineerde Buffon. Hij was een aanhanger van de flogistontheorie (feu élémentaire, essentiellement volatil). Warmte is het agens bij groei en vorming van levende wezens, en het gieten van vloeibaar ijzer in mallen roept het model van zijn gedachten over groei en vorming dank zij een 'moule intérieur' in herinnering (p. 772).

Buffons zoon (in 1764 geboren: Buffonet) bereisde samen met Lamarck de Lage Landen en een deel van West-Europa (1781); hij was een verkwistende zwierbol. Catharina II nodigde Buffon uit naar St. Petersburg te komen, maar hij zond zijn zoon (1782), die gedurende zijn reis en verblijf evenzeer te kort schoot als tevoren. Vier notarissen legden Buffons laatste wil vast, dat Faujas de Saint-Fond, geoloog en goede vriend van vele jaren die sinds 1787 aan de Jardin du Roi verbonden was, de Histoire Naturelle bij zijn voortzetting zou besturen en dat zijn zoon – die hij als gouverneur van Montbard had laten benoemen – hem als Intendant van de Jardin du Roi zou opvolgen.

Voorts bepaalde hij dat na zijn dood Faujas zijn hart zou ontvangen en zijn zoon zijn hersenen. Toen hij in 1788 overleden was ruilden Faujas en Buffonet, zodat de laatste zijn hart ontving. Buffons hersenen werden in de sokkel van zijn borstbeeld in het Muséum geplaatst.

Enige hoofdzaken uit Histoire de la Terre met betrekking op *generatio spontanea* (XII.27) en op transformisme (XII.28) komen later aan de orde. Hier moet Buffons schermutseling met de theologen aandacht krijgen; hij ontkende in 1749 (Hist. Nat. I–III) de grondslagen van de bijbelse systematiek, in Genesis vastgelegd. Scherp stelden de godgeleerden van de Sorbonne zich te weer. De Jansenisten (XI.27) van Port-Royal zijn furieus; zij willen dat de beul de boeken die de grondslagen van het christendom ondermijnen, in het openbaar zal verbranden (Nouvelles Ecclésiastiques; 1750). Buffon bestrijdt ontegenzeggelijk Genesis in elk opzicht (Véritablement il contredit la Genèse en tout), oordeelde M.P. Voyer d'Argenson (1696–1764), beschermheer van de Encyclopédie.

De reuk van ketterij stijgt duidelijk op uit Buffons opmerking in de Natuurlijke Historie van de Mens (III, 1749):

> 'De Natuur kan alles, met uitzondering van scheppen en vernietigen, twee uitersten die Gode voorbehouden zijn. De Natuur echter richt te gronde, verandert, ontwikkelt, vernieuwt, brengt voort. Alles werd dus geschapen en nog niets is vernietigd. De Natuur beweegt tussen de twee uitersten zonder die ooit te bereiken.'

Deze uitspraak is deïstisch, geheel in de stijl van de 18e-eeuwse Verlichting. In wezen is hij echter een geloofsbelijdenis van het materialisme, want de ontwrichtende Natuur ontbindt de unieke synthese van ziel en lichaam die God schiep. Deze gaat verloren, evenals alle andere geschapen samenhang. De uitspraak is echter volstrekt juist indien hij zich uitsluitend tot materie beperkt. Slechts God kan materie scheppen en vernietigen, en de Natuur houdt zich, tussen dat begin en dat einde, met die materie bezig. Buffon was hier-

mee terug bij Leibniz.

Na anderhalf jaar beraad zond de Sorbonne Buffon een lijst van ontoelaatbare uitingen (1750), waaruit ik koos: 'de watervloeden van de zee hebben de bergen opgeworpen', 'de planeten zouden vroeger deel van de zon zijn geweest', 'de zon zal mogelijk eens uitdoven'. Grote bezwaren ook vanwege Buffons uitlatingen over waarheden die betrekkelijk zouden zijn, ten dele wezenlijk (réelles), ten dele willekeurig (arbitraires), zoals die van de moraal, en dat buiten de wiskunde en de fysica niets zekers voorhanden is, slechts waarschijnlijkheid (vraisemblance) en mogelijkheid (probabilité).

'Pyrrhonisme', schreven de Jansenisten verontwaardigd, en ze protesteerden tegen de leer van de geleidelijkheid in de levende natuur die de mens bij de dieren plaatst, terwijl diens herkomst goddelijk is en hij naar Gods evenbeeld geschapen werd.

Deel IV van Histoire Naturelle (1753) bevat Buffons antwoord, dat hij al in 1751 per brief had gegeven. 'Ik heb niet in het minst de bedoeling gehad om de tekst van de Heilige Schrift te weerspreken. Vast geloof ik alles wat daar over de schepping bericht wordt, zowel wat de perioden (l'ordre des temps) als wat de feitelijke bijzonderheden (les circonstances des faits) betreft, en ik verzaak (abandonne) dat wat in mijn boek over de vorming van de aarde handelt en in het algemeen wat strijdig met het bericht van Mozes zou kunnen zijn, omdat ik mijn hypothese over de vorming van de planeten slechts als een zuiver filosofische veronderstelling (pure supposition philosophique) te berde bracht.'

De Sorbonne berustte, de Jansenisten berustten niet. Zij zetten in 1754 de aanval voort, want zij 'laten zich niet voor het lapje houden zoals de gesorborneerde botterikken (la carcasse sorbonnique)'.

Het Discours sur la Nature des Animaux (Deel IV, 1753) is een nieuwe aanval op de religie, verklaarden de Jansenisten, en zij hadden gelijk. Buffon kwam in 1765 (Deel XIII) terug op de 'absurde verklaring' die hij ten genoege van de Sorbonne had moeten ondertekenen (1779; qu'on me fit signer).

Over Buffons houding mag men zeggen dat hij duidelijk verschilde met die van Galileo, Luther en Servet, maar dat hij aan de jachthonden ontsnapte. Hij merkte op, in later jaren toen hij zijn zondige vertogen had voortgezet en de theologen kalm bleven, dat men in een boek veel dingen kwijt kan die in een brochure aanstoot zouden geven. 'Plat op de grond is bovendien beter dan gehangen' (Il vaut encore mieux être plat que pendu; 1765).

Bij zijn toelating tot de Académie van Dijon in 1773 hield Buffon zijn toespraak, in aansluiting op vroegere beschouwingen over de Natuur (Deel XIII: 372, 434), over époques de la Nature. Vijf jaar later verscheen deze, afgestoft en bijgepoetst, in het 5e supplementdeel (1778; Hist. Nat. XXXIV). Hij had zich kennelijk niet gebeterd en in 1779 leek het hem verstandig geruime tijd in Montbard te blijven. Buffons verhandeling heeft grote invloed op de ontwikkeling van de geologie gehad.

Gaandeweg werd Buffon toch voorzichtiger en hij formuleerde dikwijls even behoedzaam als, een eeuw later, Darwin. 'Zodra men zover gaat om toe te geven dat de ezel tot de familie van het paard zou behoren en niet meer van het paard verschilt dan dat hij gedegenereerd (dégéneré) is, zou men even goed van de aap kunnen zeggen dat hij tot de mensenfamilie behoort, dat hij een gedegenereerde mens is.'

Daarmee is, versluierd door presentatie als een suggestie, bevestigd dat de aap en de mens nauw verwante dieren zijn, want de opmerking is immers zinloos als de auteur die stelling niet zou willen toelaten, maar Buffon was inconsequent. Nu eens was hij materialist en dan weer deïst. 'Weliswaar zijn er uiterlijke kenmerken van mens en aap die min of meer vergelijkbaar zijn, maar die overeenstemming (analogie) is een uitwendige, en

onvoldoende om vast te stellen dat het wezen (la nature) van de mens gelijk aan die van het dier zou zijn. Wat een verschil tussen een Hottentot en een aap. De afstand tussen beide is onmetelijk (immense), want inwendig is er de gedachte en uitwendig het woord. Tussen dieren en mensen is de wet van de geleidelijkheid niet van toepassing. Tussen de menselijke gaven en vermogens en die van het meest volmaakte dier is de afstand oneindig groot.'

'In veel opzichten zijn dieren voortbrengselen van de aarde, de mens daarentegen is door en door een werkstuk van de hemel.' Voor rederijkers zijn zulke uitlatingen altijd aantrekkelijk maar bij 18e-eeuwse biologen en – voor zover zij hem niet vergaten – biologen van volgende eeuwen, bezorgden dergelijke stellingen Buffon de reputatie van een dilettant. Dat oordeel onderschat zijn brede, maatschappelijke invloed en zijn gaven als bioloog.

De wisselwerking tussen De Condillacs en Buffons gedachten mag bij een typering van de 18e-eeuwse natuurbeschouwing in het algemeen en van de taxonomie in het bijzonder niet ongenoemd blijven. E.B. de Condillac (1715–1780) zorgde ervoor (na Voltaire) dat Locke's wijsbegeerte zó snel de Franse biologie binnendrong. Hij schreef over economie, kennistheorie, psychologie, politiek en wiskunde; voor ons zijn Traité des Systèmes (1749) en Traité des Animaux (1755) van belang. Lamarcks afstammingstheorie dankt zeer veel aan De Condillac (en aan Buffon) en Darwins theorieën stemmen dikwijls met die van De Condillac overeen. Een voorbeeld is De Condillacs (en Locke's) stelling van 1777 – terug te vinden bij La Mettrie, Buffon en Darwin – dat de menselijke spraak zich van lieverlede ontwikkelde. God, zo verzekerde De Condillac zijn lezers, leerde Adam en Eva spreken, maar na de zondvloed raakten enige kinderen geïsoleerd, en leerden niet van hun ouders hoe te spreken. Deze kinderen hebben zichzelf spreken aangeleerd, omdat zij met geluiden hun bedoelingen kenbaar maakten. Deze verworven vernieuwing volgde op en begeleidde het gewaarworden van 'désirs', wensen. Het bedenkseltje begeleidde, als ondersteuning, De Condillacs conclusie van 1755, dat dieren géén machines zijn (XI.27).

Merk op dat hiermee de omstreden hapering aan de top van de *scala naturae*, dat is de geïsoleerde positie van de mens, overbrugd werd. Een steeds weer aangevoerd verschil met alle dieren, de spraak, was hiermee langs de lijnen van geleidelijkheid uit de weg geruimd.

Buffons veronachtzaming van de insekten sluit aan bij De Condillacs uitspraak:

> Traité 1755: 64, 65: 'Met degenen die niet anders doen dan insekten bekijken [De Réaumur] moeten we medelijden hebben want een vlieg behoort in de belangstelling van een natuuronderzoeker niet meer plaats in te nemen dan in de Natuur.'

Vermanend zegt De Condillac dat God het universum schiep en de daarbij behorende eeuwige wetgeving, maar zich om de vliegenrepubliek niet al te veel bekommerde. 'Geloof niet dat Hij zich bezighoudt met het opvouwen van de vleugels van een kever. Maak God uw evenbeeld en beschouw Hem als een groot bioloog die kleinigheden verwaarloost, zodat een insekt niet te veel aandacht krijgt.'.

Zo dacht Buffon er ook over, en hij volgde De Condillacs mening dat levensbehoeften dieren in beweging zetten en dat hun pogingen voedsel machtig te worden, te besluipen, zich voort te planten, gewoonten worden en dat gewoonten doen kiezen en oordelen. Twintigste-eeuwers verwonderen zich dat deze uitspraak door de volgende overwegingen niet werd herroepen. De Condillac en Buffon (en Hume) stelden vast dat een geïsoleerde groep mensen door geografische en klimaatverschillen, verschillende milieus, hun be-

hoeften en gedragingen op eigen manier zullen ontwikkelen en daardoor veranderen, lichamelijk en geestelijk. Voor dezelfde functies zijn verschillende lichaamsstructuren mogelijk; orgaanbouw en functie zijn niet strikt gebonden. Inwendige begeerten, de wens te bezitten (désir) en levensbehoeften (les besoins naturels) veroorzaken uitwendige bewegingen, veranderingen. De filosoof en de bioloog zagen de eenvoudige waarheid dat gewoonten kiezen en oordelen bemoeilijken, of dikwijls verhinderen, over het hoofd.

Ch.G. de Lamoignon de Malesherbes (1721-1794), een tolerante, leidende rechtsgeleerde (hij werd in hetzelfde jaar als Lavoisier geguillotineerd), warm geïnteresseerd in de biologie, begroette Buffons Histoire Naturelle koeltjes. Buffon mag dan beweren dat slechts individuele organismen bestaan en de mens genera, orden en klassen heeft bedacht. Een 'méthode naturelle' (natuurlijk systeem) is de zichtbare werkelijkheid. Er zijn groepen dieren die klaarblijkelijk van alle andere groepen verschillen. Ze worden 'natuurlijke families' genoemd, bij voorbeeld de vogelfamilie en de vissenfamilie. Het onderscheiden van deze twee families is niet de opbrengst van de fantasie van een namengever, die besloten zou hebben de naam 'vogels' aan alle gevleugelde dieren te geven en de naam 'vissen' aan alle dieren met vinnen. De natuur zelf heeft de dieren van deze twee families bijeen gebracht, door talrijke overeenkomstigheden, en het totaal van al zulke relaties noemt men de natuurlijke karakteristiek.

Het zou overigens al voldoende geweest zijn op te merken dat de leer van het individu Buffon in het minst niet weerhield om zijn Histoire groepsgewijs in te delen. Hij handhaafde zijn afwijzing van natuurlijke groepen (nominalisme) niet, zeker niet in de praktijk.

Elk soortbegrip bleef voor Buffon toch problematisch. Vervormingen door uitwendige omstandigheden opgeroepen kunnen erfelijk worden, zoals de eeltkussens op de kamelevoet. Ik laat een poging achterwege om deze vreemde keuze van een voorbeeld – Buffon wist immers niets af van kamelevoeten zonder eeltkussens – te interpreteren. Toch zijn er, vervolgt Buffon, constante soorten en varianten ontstaan. Kleine veranderingen in de 'moule intérieur' (IX.18) zijn daar de oorzaak van, maar zulke varianten zijn toch nooit meer dan tussenvormen, geen nieuwe soorten. De ware soorten verschenen in een ver verleden, toen het vuur, de activerende warmte van de aarde, zoveel sterker werkzaam was dan tegenwoordig. Men ziet die afkoeling aangetoond door de verminderde *generatio spontanea* waardoor, zegt Buffon, thans nog slechts heel kleine diertjes die zich snel vermeerderen ontstaan. De 'organische moleculen' bakken nu niet meer zo goed vast en gaan weer spoedig uiteen.

Deze overwegingen stammen uit 1761. Een theorie die Maupertuis, een vriend van Buffon, aan de Histoire Naturelle ontleende (XII.27), behelsde dat alle soorten uit weinig stamvormen zijn voortgekomen (zo dacht Linnaeus op latere leeftijd er ook over). De nieuwe soorten zijn het resultaat van opvolgende variaties, ontstaan door invloeden van hetzij klimaat hetzij van voedsel, in de loop van vele eeuwen. Maupertuis ontweek de moule-intérieur-idee. De variaties zijn, zei Maupertuis, het gevolg van herhaaldelijk opgetreden overschotten van 'particules vivantes' (écarts répétés). Buffon wilde Maupertuis niet volgen; Linnaeus en Darwin, daarentegen, noemden Maupertuis niet maar waren op het stuk van soortvorming zijn geestverwanten.

Het beschrijven van taxa werd door Buffons werkwijze opnieuw een punt van overweging. Hier moet een korte aantekening genoeg zijn.

Systematiek (taxonomie) moet zich van woordformules bedienen om groepen (taxa)

te omgrenzen. Afbeeldingen zijn een hulpmiddel bij identificatie van materiaal en steunen het voorstellingsvermogen. Zij kunnen geen taxon omgrenzen zoals een beschrijving, want een afbeelding betreft een of enige individuen, en een goede beschrijving past op alle individuen van een taxon. De techniek en de kunst van beschrijven zijn voor de systematiek onmisbaar.

Vóór de 16e eeuw waren de beschrijvingen gewoonlijk onbeholpen, onvolledig en dus ondoelmatig omdat zij enerzijds het betreffende taxon niet duidelijk omgrenzen en anderzijds lezers niet in staat stellen het levende wezen waarover de auteur schrijft, met enige zekerheid te herkennen. Sinds Bacon bekend maakte (1620) dat om de natuur te doorgronden men beginnen moet met de opsomming van alle waarneembare feiten (p. 280), zijn de beschrijvingen steeds meer op volledigheid gericht voor zover zij niet door essentialisten gemaakt werden, want die zochten juist naar weinig kenmerken, de essentiële. Zij omschreven niet, zij fixeerden.

M. Jacobs (1980) analyseerde soortbeschrijvingen in de loop der tijden en illustreerde daarmee de regel dat zowel wetenschap als kunst strikt en kenmerkend aan de (Westerse) cultuurfasen gebonden zijn, naar vorm en inhoud daarmee samengaan.

Bacons voorschrift stelt de mens ter zijde op; de beschrijver fungeert als opmerker, verzamelaar van gegevens en als secretaris. Hoe minder zijn oordeel, zijn (onontkoombare) keuze van gegevens en woorden in de beschrijving merkbaar zijn, hoe beter. De beschrijver van de kleuren van een boomkikker die zou vermelden dat de kleuren 'mooi' zijn, maakt een fout, die in plaats daarvan 'opvallend' schrijft, werkt beter, al beweegt hij zich op de rand van het toelaatbare. Wie de kleuren slechts vermeldt met de cijfers van een kleurenkaart heeft het best gewerkt.

Uit de synthese van zo veel mogelijk inventaris-items volgen conclusies. Weliswaar moeten synthese en slotsom door toedoen van de systematicus tot stand komen, maar, opnieuw, hoe meer volgens vaste regels tot stand komt, hoe vrijer het resultaat is van elk onkwantificeerbaar (voor)oordeel, en hoe beter.

Bij verslaglegging over de levende natuur wordt de aanwezigheid van de mens, op wens van Bacon, tot het minst mogelijke beperkt. De wetenschappelijke beschrijvingen van de dingen die samen de levende natuur vormen, moeten ontmenselijkt zijn. Vanzelfsprekend zullen dode organismen het best hanteerbaar zijn, zoals gedroogde planten, vogelhuiden, skeletten, potten met geconserveerd materiaal en microscopische preparaten. Zulke voorwerpen laten zich – veel gemakkelijker dan levende wezens – meten, tellen, wegen, vergelijken en herhaaldelijk controleren. Zij missen weliswaar veel eigenschappen die levende wezens bezitten, maar die zijn voor meetapparatuur nauwelijks of niet toegankelijk en mogen daarom op Bacons complete lijsten ontbreken.

Een taxonbeschrijving volgens Bacons voorschriften is de checklist van eigenschappen die zijn vastgesteld bij dode organismen, met door mensen bedachte hulpmiddelen door mensen gehanteerd en vrij van menselijke beoordeling, maar nimmer vrij van menselijk uitkiezen. Door dode natuurvoorwerpen te onderzoeken zullen wij eens de levende natuur doorgronden. Dit geloof heeft zich in de biologie en in de systematiek krachtig en rechtstreeks ontwikkeld.

Uit de 20e-eeuwse taxonbeschrijving is de mens verbannen (De Wit, 1977: 53). Het directe gevolg is dat niemand zich, met behulp van de dikwijls enige honderden woorden lange opsomming van gegevens, een beeld kan vormen van het beschreven organisme. Daarom is er een nooit aflatende behoefte aan illustraties, als poging om dit tekort aan te vullen.

De bekwaamste analytische beschrijver aller tijden, Linnaeus, hechtte weinig waarde aan afbeeldingen. Zijn boeken zijn bij hoge uitzondering geïllustreerd. Afbeeldingen afkomstig van anderen, gebruikte hij om beschrijvingen van te maken als hij geen gedroogde planten ter beschikking had en hij plakte ze als behangsel op de wanden van zijn studeervertrek. Hij kan begrepen hebben dat de Baconische feitenstroom het kennen, herkennnen en herinneren van het uiterlijk der levende wezens zou belemmeren, terwijl Linnaeus juist het vertrouwd zijn en blijven met de diversiteit als een der voornaamste doeleinden van de systematiek van de levende natuur beschouwde. Daarmee in overeenstemming voerde hij zo goed en zo gaarne termen in, want zo kunnen met één woord veel woorden samengevat worden. Willem van Ockham streefde met zijn *lex parsimoniae* (p. 178) naar het elimineren van alles wat overbodig was tijdens de speurtocht naar natuurlijke waarheden. Ofschoon Willem als nominalist de natuur juist andersom wilde verstaan als Linnaeus, de essentialist, kozen zij beiden hetzelfde beleid.

Linnaeus' vermelden van de *essentiae* van een taxon door een diagnose, kort en krachtig, schept de mogelijkheid zich een voorstelling te maken van hetgeen wordt medegedeeld. Het toekennen van een beeldende soortaanduiding, door een triviale naam die een mate van vrijheid heeft ten aanzien van de *essentiae*, hielp dikwijls mee. *Lutea, riparia, repens* vertellen iets over uiterlijk en levensgewoonten. Linnaeus' triviale namen brengen de beschrijving en de vaktermen dikwijls enigermate terug binnen het bereik van menselijke, niet kwantificeerbare contacten, vergemakkelijken de ontmoeting met het levende organisme dat hij technisch omschreven had.

De steeds uitbreidende kennis van de planten- en dierenwereld vergde de beschrijving van honderd maal zoveel soorten als Linnaeus kende en dit vereist de toevoeging van meer en meer gegevens ter onderscheiding, terwijl latere beschrijvers niet allen het Latijn zo trefzeker als Linnaeus hanteerden.

De moderne taxonomische beschrijving is een specialisme geworden, een in vakjargon gestelde lijst van gegevens, onmisbaar maar vrijwel uitsluitend bruikbaar als middel tot identificatie. Voor de in de levende natuur geïnteresseerde lezer heeft de moderne, Baconische beschrijving dezelfde betekenis als een vingerafdruk voor een politie-ambtenaar.

Naast de essentialistische en de Baconische beschrijvingswijzen werd een derde methode slechts sporadisch beoefend in de systematische wetenschappelijke literatuur. Deze tracht een portret te vormen door middel van woorden, fraseringen en stijlfiguren, door het met taal oproepen van een zintuiglijke impressie van het beschreven organisme levend in zijn natuurlijke staat. Vóór Bacon achten de wetenschapshistorici deze natuurgetrouwe rapportage prijzenswaardig (Fuchs, Rumphius), na Bacon beschouwen zij haar als verouderd of, erger nog, amateuristisch, emotioneel, kortom onwetenschappelijk (Buffon). Zij hebben gelijk noch ongelijk; de beoordeling is afhankelijk van het reeds ingenomen standpunt, het voor-oordeel van de beoordelaar.

Bezwaarlijk is wel, dat de naturistische beschrijvingen taalgebonden zijn, met dien verstande dat het beschrevene slechts voor taalgenoten ten volle bruikbaar is. Aan een herinvoering van het Latijn als voertaal, waardoor dit nadeel zou opgeheven worden, valt niet te denken. Verder is de methode zeer ontvankelijk voor gebruik door ongeschoolden, half deskundigen en vooral weinig begaafden, zodat hij door hen toegepast meer verwarring sticht dan opheldering verstrekt.

In de tweede helft van de 20e eeuw voltrekt zich echter, nog slechts sporadisch, gaandeweg een vernieuwing van de systematische beschrijving van de taxa. Weliswaar floreert de Baconische methode, want deze is een technische noodzaak en na enige scholing bin-

nen het bereik van iedereen. Ook omringt een wolk van min of meer naturistische beschrijvingen degenen die in de levende natuur belang stellen. Die beschrijvingen zijn bekoorlijk, heten 'populair', en hebben natuurwetenschappelijk niet meer draagkracht dan het bevorderen van contacten tussen mensen en de natuur, die Bacon en zijn achterban niettemin niet kunnen verschaffen. Het essentialisme handhaaft zich als 'sleutel' in monografische taxonomische studies.

In onze jaren verschijnen echter zo nu en dan beschrijvende systematische studies die het leven en de vormen van de dieren, planten en mensen verbinden en die in doelmatigheid en nauwkeurigheid niet achterblijven bij de beste 'klassieke' bewerkingen. Nu en dan ontmoeten in de systematiek mens en natuur, natuur en mens, elkaar weer op voet van gelijkheid, beide levend. Geplaatst in zijn tijd is Buffons Histoire Naturelle zo niet een schoon voorbeeld, dan toch een indrukwekkende poging daartoe.

23. Virussen, bacteriën en slijmzwammen

Virussen worden wel eens omschreven als zeer kleine organismen, parasieten die binnen gastheercellen leven. Zij zijn echter geen organismen, zij leven niet en zijn in strikte zin zodoende ook geen parasieten. Darwinisten kleuren virus-definities vrijwel steeds zodanig dat de suggestie gewekt wordt dat zij een tussenfase tussen dode en levende materie zouden kunnen zijn, maar de bezwaren van andersdenkenden bleven tot nog toe een hindernis. Misschien zijn virussen nog het best met excrementen te vergelijken, vrijkomend tijdens ontspoorde levensprocessen of anders met katalytische organische stoffen, resten van parasiterende prokaryoten.

De historie van de virussen heeft daarom slechts zijdelings betrekking op de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie en blijft hier buiten bespreking. Ik noteer dat het smetstoffen zijn, die passeren door filters welke bacteriën tegenhouden (D.I. Ivanowski; 1892) en die M.W. Beijerinck in 1898 *contagium vivum fluidum* noemde, Deze naam suggereert alweer 'leven', ofschoon Beijerinck in later jaren de virussen toch als niet-levende materie wilde beschouwen.

Virussen bestaan uit enkele nucleïnezuurmoleculen die met proteïnen omkleed zijn. Aangeland in de levende gastheercel neemt de hoeveelheid virusmaterie toe, een toeneming die soms met verschijnselen gepaard gaat gelijkend op sommige eigenschappen van levende materie. Een virus is ten hoogste half zo groot als de kleinste levende eencellige, dat wil zeggen een bacterie. Sommige virussen kunnen bacteriën vernietigen (de bacteriofagen). Voor de theoretische biologie zijn virussen uitermate belangwekkend en de moleculaire biologie van de 20e eeuw houdt zich diepgaand bezig met virusonderzoek, want virussen zijn, wereldwijd, een rampzalige bedreiging van alle vormen van leven.

Cryptogamia noemde Linnaeus de planten die Ray (X.13) als *Imperfectae* betiteld had, omdat bloem en vrucht ontbreken. G. Pontedera (1688–1757), hoogleraar-directeur van de Botanische Tuin te Padua, gaf *Incertae* de voorkeur en J.G.H. Kramer, Oostenrijks legerarts, verkoos in zijn *Tentamen Botanicum* (1728; 2e druk 1744) de naam *Incompletae.* Hij maakte een systeem volgens de opvattingen van Rivinus en De Tournefort. Naar Linnaeus' oordeel behoren de *Cryptogamia* als Algae, Fungi, Musci en Filices gerangschikt te worden. Aan het slot van zijn samenvatting van het plantenrijk in 1753 (*Species Plantarum II*) is de volgorde Filices (Varens met inbegrip van *Equisetum*, Paardestaarten), Musci

(Mossen met inbegrip van *Lycopodium*, Wolfsklauwen), Algae (Wieren met inbegrip van de Levermossen, Korstmossen en Sponzen) en de Fungi. Zij vormen Classis XXIV.

A.-L. de Jussieu (X.20) sprak in 1789 van *Acotyledones* te onderscheiden van de Monoen de Dicotyledones. Het was dezelfde Classis (*classe*) als die van Linnaeus maar De Jussieu verwees de (monocotyle) Najasachtigen naar zijn Acotyledones; dat had Linnaeus beter begrepen.

Een indeling volgens de anatomie werd door A.-P. de Candolle in 1813 (Théorie Élémentaire) voorgesteld. De *Plantae cellulares* (*Acotyledones*) bestaan uit niets anders dan onderling weinig verschillende cellen, en de van vaatbundels voorziene gewassen zijn *Plantae vasculares*. Dit had het gevolg dat de Vaatcryptogamen (samen met Najasachtigen) bij de Monocotyledones gevoegd werden. De overige Cryptogamia, Plantae cellulares of Acotyledones, verdeelde De Candolle in twee klassen: *Foliaceae* (de bebladerde of bladvormige Mossen en Levermossen) en *Aphyllae* (Korstmossen, *Hypoxyla*, Fungi en Algae); een onaantrekkelijke onderverdeling die weinig bijval kreeg. De *Hypoxyla* ontmoeten wij later in de gedaante van Marchant's *Lithophyton* (X.15).

Over de Lagere Planten in de pre-Darwinse systemen nog een verwijzing naar S. Endlicher (X.33), die Thallophyta (Regio I) en Cormophyta (Regio II) wilde onderscheiden en die deze twee regio's nader onderverdeelde. Van de Thallophyta zijn wortel en stengel niet verschillend en Endlicher onderscheidde (1836) *Protophyta* en *Hysterophyta*, de eerste zijn Algae en Lichenes, en de laatste de Fungi.

Na 1859 behielden de Lagere Planten een randpositie in het plantenrijk. Vóór de fylogenie de indeling beheerste waren zij geheimzinnige, systematisch vrij onhandelbare levende wezens, aan het lagere uiteinde van de *scala naturae*. Na de komst van de fylogenie werden zij bijzonder belangrijk, want onder hen moesten de stamvormen, de vroegste stamouders gezocht worden: zij bleven dus wel, evenals vroeger, de beginfasen van de levende natuur. Het onderzoek werd gelijktijdig met het verwerven van die nieuwe rol in de 19e eeuw door sterk verbeterde instrumenten en de zich vernieuwende scheikunde snel en doeltreffend aangepakt.

Van Leeuwenhoek vond in 1683 in zijn mond levende wezentjes en vermeldde hun aanwezigheid; hij had overigens zulke diertgens al eerder gezien (p. 315-316). Bij zijn verbaasde mededeling en een paar tekeningetjes, krabbeltjes, moest het blijven, zowel voor hem als voor andere nieuwsgierigen in volgende jaren. De dänische Fürst mikroskopischer Forschung, O.F. Müller (1730-1784), hoogleraar in Kopenhagen, publiceerde, na enige vroegere artikels, zijn *Zoologica Danica* (1776) en die bevatte wat meer gegevens over eencelligen. In 1786 verbeterde zijn *Animalcula Infusoria* de kennis van de bacteriën aanmerkelijk; Müller spreekt van Afgietseldiertjes (Infusoria). Hij onderscheidde in het vormenrijke gezelschap eencelligen de genera *Monas* en *Vibrio*.

De naam *Infusoria* had M.F. Ledermüller (1719-1769), Justizrath en volijverig verzorger van het fürstliche Naturalienkabinett in Bayreuth, en bekwaam microscopist, bedacht (Mikroskopische Gemueths- und Augen-Ergoetzingen, 3e deel; 1763).

Daarna nam C.G. Ehrenberg de microbiologie ter hand die zich snel ontplooide. Ehrenberg (1795, Delitsch (Leipzig) - 1876, Berlijn) studeerde theologie en medicijnen in Leipzig en Berlijn waar hij in 1818 promoveerde. Van 1820-1825 bereisde hij het Midden Oosten (Egypte tot Syrië) en onderzocht vervolgens zijn vondsten - dieren, planten en fossielen - in Berlijn. Hij werd daar hoogleraar bij de Akademie van Wetenschappen (1827) en bezocht in 1829 (met A. von Humboldt) de Oeral en het Altaigebergte. Zijn collecties (pre-

paraten van microfossielen) bleven in het Zoölogisches Museum van Berlijn bewaard.

Dieren verplaatsen zich en kunnen zich delen, maar planten groeien door celstrekking en vermeerderen zich door knopvorming, verklaarde Ehrenberg. Hoewel sommige eencelligen zich plantgewijs vermeerderen behoren bacteriën tot de afgietsel-'diertjes'. In 1838 kon Ehrenberg drie families onderscheiden, *Monadina*, *Cryptomonadina* (met *Ophidomonas*) en *Vibrionia*, en hierin vier bacterie-genera: *Bacterium*, *Vibrio*, *Spirillum* en *Spirochaete*. Aan Müllers *Monas* voegde Ehrenberg zweepdiertjes (Flagellatae) toe. Omdat hij dacht dat de celinhoud organen bevatte gelijkwaardig aan die van hogere dieren, moesten de bacteriën als *Polygastria* opgevat worden: diertjes met micromaagjes met verschillend gekleurde inhoud. Hij zag hoe bacteriën zich rondom organisch voedsel verdrongen en werd de ontdekker van chemotaxie (Die Infusionsthierchen als Vollkommene Organismen; 1838). Van grote historische betekenis werd Mikrogeologie (2 delen; 1854–1856). De opbouw van de aardkorst zou grotendeels door de levensactiviteiten van micro-organismen tot stand gekomen zijn. Infusoria ontstaan zeker niet door *generatio spontanea*, zoals men tot dusverre vrij algemeen had geloofd.

De eerste waarneming van de bevruchting bij Fungi, de conjugatie van myceliumdraden van *Sporodinia* (een 'broodschimmel' die Ehrenberg *Syzygites* doopte) danken wij aan Ehrenberg (*Mycetogenesis*; 1829). Terwijl Darwin aan Ehrenbergs mededelingen over het indrukwekkende vermogen van micro-organismen zich getalmatig te vermeerderen inspiratie ontleende voor het uitwerken van zijn overlevingstheorieën, keerde Ehrenberg zich na 1859 nadrukkelijk tegen Darwins leer: die is 'op zijn best een boeiende roman'.

F. Cohn (1828, Breslau – 1898, ibid.) schaarde zich onder de studenten van Nees ab Esenbeck toen hij in zijn vaderstad natuurwetenschappen ging studeren (1842–1846). Na zijn promotie in Berlijn (1847) keerde hij naar de Breslauer universiteit terug, waar hij van 1849 af tot zijn dood werkzaam bleef, hoogleraar voor de plantkunde en directeur van de Botanische Tuin sinds 1872. Zijn bekendste werk werd de reeks Untersuchungen über Bacterien (1872–1876), die hij opnam in het tijdschrift dat hij begon (Beiträge zur Biologie der Pflanzen; 1872).

Bacteriën, zei Cohn, zijn plantaardig, niet dierlijk en gaf ze de naam *Schizomycetes*, omdat hij verwantschap met Fungi vermoedde (1853). Een verwantschap met blauwalgen ligt ook voor de hand, dacht Cohn, en zijn meningen bleven gehandhaafd. Evenals hogere planten laten bacteriën zich als genera en soorten rangschikken. Vier *tribus* moet men onderscheiden: *Sphaerobacteria* (kogelronde cellen), *Microbacteria* (staafjes), draadvormige *Desmobacteria* en *Spirobacteria* (spiraalvormig).

Belangrijke kenmerken zijn in de tril- of zweepharen te vinden, die Ehrenberg ook al had waargenomen, maar die niet besluiten kon of het voortbewegings- of voedingsorganen waren. Cohn – van betere microscopen voorzien – begreep de haren beter (1872) en toen de kleurtechniek voldoende ontwikkeld was (de meest toegepaste methode door F. Löffler (1852–1915) in 1889 bedacht) werden ze gidsorganen voor bacteriologen.

Dwarsdeling zou de enige vermeerderingswijze van bacteriën zijn (Cohn in 1872). In 1875 ontdekte Cohn korreltjes in lebferment nadat het door koken geen levende bacteriën meer bevatte. De korreltjes werden levende bacteriën en Cohn veronderstelde terecht dat zij bacterie-sporen zouden zijn, sporen die hogere temperaturen verdragen dan actief levende bacteriecellen. Hij ontdekte andere gevallen van hittebestendige bacterie-sporen. Sporen van *Bacterium subtilis*, de hooibacil, bewezen Cohn afdoende dat de verschijning van levende bacteriën in voedingsoplossingen na koken aan hittebestendige sporen te wij-

ten is (1876). De toepassing van steriele voedingsbodems voor bacterie-culturen hebben wij aan Cohn te danken.

Cohns mening dat bacteriën als zwammen beschouwd mogen worden, werd in de 20e eeuw nog wat aangevuld met de gedachte dat de zweepharen (Geiszeln) van veel bacteriën op verwantschap met sommige Flagellaten zou wijzen (Migula, 1900; Warming, 1929). Schizophyceae zouden dan na het verdwijnen van de zweepharen en het verwerven van chlorophyl uit Schizomycetes (Bacteriën) zijn ontstaan; het zijn voor de hand liggende, onbewezen vermoedens die al spoedig uit de belangstelling verdwenen.

De bacteriënsystematiek volgens Cohn steunde op vormvastheid; de vorm van de cellen, en dus van de soorten, is constant. Een stroming in de bacteriologie van de late 19e eeuw verdedigde de polymorfie van bacteriën. FW. Zopf (1846–1919), hoogleraar in Halle, stelde in 1884 een systeem op dat 4 families omvatte die slechts zeer ten dele aan vorm gebonden zijn:

- Coccaceae (uitsluitend kogelrond),
- Bacteriaceae (kogelrond, staafjes (korte en lange) en snoeren),
- Leptotricheae (alle vormen van (2) en bovendien spiralen),
- Cladotricheae (zoals (3) en bovendien gaffelvormend).

Na enig succes raakte Zopfs systeem in vergetelheid.

Andere systemen volgden en hierbij was de manier van sporevorming leidraad (De Bary, 1884). F. Hueppe, bacterioloog in Praag, bracht deze aanpak tot uitdrukking in een veel verder gedetailleerd systeem (1886). W. Migula (1894, 1900), Ph. van Tieghem (1891) en A. Fischer (1895) ontwierpen systemen gebaseerd op celvorm, sporevorming en zweephaarkenmerken.

Fysiologische eigenschappen eisten meer aandacht bij elke nieuwe systematische rangschikking naarmate de morfologie voor de rangschikking van bacteriën ontoereikend bleek en vooral nadat bacteriën als veroorzakers van ziekten bij mensen, dieren en planten opgespoord werden. Misschien was T.J. Burrill, hoogleraar in de plantkunde aan de universiteit van Illinois, de eerste onderzoeker die bacteriën als ziekteverwekkers bij planten aanwees (vruchtbomen beschadiging; 1878). Een ander voorbeeld van bacteriële planteziekte was de vergeling van hyacinthen die *Xanthosoma hyacinthi* veroorzaakt. J.H. Wakker bewees het (1883–1884).

R. Koch (1843–1910) studeerde medicijnen, wiskunde en natuurwetenschappen in Göttingen waar hij in 1868 de doctorshoed ontving. Als legerarts nam hij deel aan de Frans-Duitse oorlog (1870–1871), waarna hij in Wollstein (dicht bij Poznan, Polen) praktizeerde. Nadat C. Davaine in 1850 al *bacteridia* in het bloed van miltvuurslachtoffers had waargenomen, bewees Koch dat de verwekker van de gevreesde veeziekte *Bacillus anthrax* is (1876). Collega Cohns reputatie bracht hem naar Breslau en Cohn publiceerde in zijn Beiträge Kochs grote ontdekking en de eerste foto's van bacteriën (1877).

Koch werd in 1885 hoogleraar aan de universiteit van Berlijn en bestuurde als directeur (1891–1904) het Institut für Infektionskrankheiten, dat hij oprichtte als tegenhanger van het Institut Pasteur te Parijs. Intussen had Koch ter bestrijding van infectieziekten de gehele wereld bereisd met uitzondering van Amerika. Zijn voortreffelijke onderzoek – hij ontdekte de tuberkelbacterie (*Mycobacterium tuberculosis*) in 1882 en in 1883 de cholera-verwekker (*Vibrio cholerae* = *Vibrio comma*) – en zijn inspirerende voorbeeld maakten hem in het Duitse taalgebied de evenknie van zijn tijdgenoot Pasteur.

Wereldwijd en in ijltempo ontwikkelde zich de bacteriologie, de kennis van de Schizomycetes, daartoe in staat gesteld door nieuwe kunstgrepen tijdens de tweede helft van de

19e eeuw.

Zo dateert het experimenteel te hanteren kleurverschilkenmerk, gram-positief en gram-negatief, uit 1884, toen de Deense medicus H.C. Gram (1853–1938) door kleurdifferentiaties bacteriën in weefselpreparaten zichtbaar maakte. De studie van bacteriecelvormen en -vormingen profiteerde verbazingwekkend veel van de verbeteringen in de optische technieken, onder meer door Abbe en Leitz. De derde impuls was de vondst van de doktersvrouw F. Hesse (1850–1934), die vele methoden probeerde om bacteriën te kweken. Zij probeerde agar-agar-gel en deze kweekbodem bleek voor bacterieculturen zoveel beter dan alle andere media, dat hij tot op de huidige dag nog overal wordt toegepast. In dezelfde periode bedacht Petri, assistent in het laboratorium van R. Koch, de methode van de platte, omsluitende glasschaaltjes, die voor 'reinculturen' even eenvoudig als doeltreffend bevonden werd (1887).

S.N. Vinogradskij (1856–1934) studeerde na een universitaire opleiding in Rusland (Kiew) in Straatsburg (bij de Bary; 1885). Met hulp van Pasteur richtte hij het bacteriologisch laboratorium in van het Institut de France. In 1891 gaf hij zijn werkkring als hoogleraar te Parijs op om in het keizerlijke instituut voor experimentele geneeskunde te St. Petersburg zijn onderzoekingen voort te zetten. In 1922 keerde hij naar Parijs terug waar hij tot zijn dood werkzaam bleef.

Hij bewees in 1888 dat ijzerbacteriën (Cohn had ze in 1875 ontdekt) aan ijzer(zouten) zuurstof kunnen toevoegen en daarmee energie opdoen voor koolzuurassimilatie. Purperbacteriën verwerken op overeenkomstige wijze zwavelwaterstof (1889), zodat zwavel vrijkomt; een afdoend bewijs leverde P.A. Dangeard (1862–1947) in 1911. Vinogradskij onderscheidde zeven genera zwavelbacteriën.

De kringloop van de elementen in de levende en dode natuur vereist een zodanige chemische binding van atmosferische stikstof dat opneming door planten mogelijk wordt. Nadat het onderzoek van de fotosynthese de zuurstofproduktie en koolstofbinding verduidelijkt had (VII.19), bleef de stikstofbinding een onbekend proces.

Experimenten in Duitsland (Liebig), Frankrijk (Boussingault) en Engeland (Lawes en Gilbert) hadden allerlei resultaten opgeleverd, maar geen duidelijk antwoord verschaft. M.P.L. Berthelot (1827–1907), chemicus, had betoogd dat bacteriën de gezochte stikstofbinders zijn en A. Kossowitz, hoogleraar aan de Technische Hogeschool in Wenen, meende dat een symbiose van groene algen en bacteriën het gezochte levensproces is. Toch bleef het Vinogradskij voorbehouden de ware gang van zaken aan te tonen. In 1895 maakte hij bekend dat twee draadvormende bacteriën en een (anaërobe) *Clostridium* (een staafjesbacil) samenwerkend stikstof uit de atmosfeer binden via ammoniak. De omzetting van ammoniak in nitriet geschiedt door *Nitrosomonas europaea* en nitriet wordt vervolgens in nitraat omgezet door een bacterie die later *Nitrosomonas winogradskyi* kwam te heten. Bacteriën nemen een sleutelpositie in bij het voortbestaan van de levende natuur. Hier kon Beijerinck in 1901 nog aan toevoegen dat *Azotobacter* en de blauwalgen *Nostoc* en *Anabaena* eveneens vrij levende stikstofbinders zijn. De vondst was van direct belang voor de bacteriënsystematiek omdat fysiologische processen in de levencyclus van bacteriën als onderscheidingskenmerken meer en meer van tenminste even grote betekenis bleken te zijn als morfologische eigenschappen.

Nadat Malpighi wortelknolletjes bij Vlinderbloemigen (*Vicia faba* en *Cicer arietinum*) gesignaleerd en onderzocht had (p. 298) bleef hun aard onzeker, want ofschoon Malpighi meende dat zij gallen zouden kunnen zijn, merkte hij op dat hij toch nimmer inwonende

diertjes aangetroffen had. Langzamerhand begreep men dat de aanwezigheid van wortelknolletjes karakteristiek voor Vlinderbloemigen is en in 1858 kwam vast te staan door het onderzoek van J. Lachmann (1832–1860), dat bacterie-achtige organismen in de knolletjes huizen en dat dit verband zou kunnen houden met het verschijnsel dat Vlinderbloemigen op arme bodems goed gedijen. Boussingault bewees dat lupinecultuur het stikstofgehalte van de bodem verhoogt, maar hij weigerde te besluiten dat die stikstof aan de atmosferische lucht onttrokken wordt. Proefondervindelijk werd niettemin het effect van Vlinderbloemigen op de bodem vele malen bevestigd. H. Marshall-Ward (1854–1906), hoogleraar-directeur van de Botanische Tuin in Cambridge, kon aantonen dat organismen de wortelharen binnendringen en celwoekering volgt (1884–1886). Opheldering verschafte Beijerinck.

M.W. Beijerinck (1851–1931), die in Delft van 1869–1872 scheikunde en plantkunde studeerde, zette zijn studie in Leiden voort terwijl hij achtereenvolgens als leraar in Warffum en Utrecht werkzaam was. Aan de Rijkslandbouwschool in Wageningen onderzocht hij van 1876 tot 1884 de kruisingsmogelijkheden van granen. In 1885 bracht hij werkbezoeken aan Straatsburg en Kopenhagen. Sinds 1887 was hij verbonden als bacterioloog aan de Gist- en spiritusfabriek te Delft en als hoogleraar aan de Technische Hogeschool (tot 1921). Zijn verzameld werk verscheen in 6 delen (1921–1940).

Het gelukte Beijerinck de indringer in de wortelharen van Vlinderbloemigen te isoleren en te kweken, vervolgens met zijn culturen opnieuw de wortels van *Vicia faba* te infecteren en tot knolvorming te brengen (1888). Beijerinck noemde de bacterie *Bacterium radicicola*, een naam die A.B. Frank (1839–1900), hoogleraar aan de Landbouwhogeschool in Berlijn, verving door *Rhizobium 'leguminosarum'* in zijn monografie over stikstofbinding (1888). Experimenteel werd daarna, omtrent de eeuwwisseling, door een reeks onderzoekers aangetoond dat *Rhizobium* luchtstikstof vastlegt in voor planten opneembare verbindingen, en dat elke Vlinderbloemigengroep de bijpassende *Rhizobium*-soort herbergt.

Andere hogere planten leven eveneens met wortelknolbacteriën samen, zoals *Alnus* (Els). Reeds in 1866 werden ze door M.S. Voronin (1838–1903) beschreven. Voronin studeerde in St. Petersburg, Heidelberg, Freiburg en Frankrijk (Antibes), en deed in samenwerking met De Bary uitstekend werk over Fungi. Onderzoek in de 20e eeuw wees uit dat de elzeknolletjes dezelfde functie hebben als de vlinderbloemknolletjes, maar dat in dit geval Actinomyceten de stikstofbinders zijn. Verder komen knolletjes voor bij o.a. *Myrica*, *Elaeagnus*, *Hippophaë*, *Podocarpus* en bovendien treft men stikstofbinders aan op en in allerlei bladeren van tropische (regenbos)gewassen.

De vrijwel talloze studies over bacteriën en hun relaties met andere levende wezens moeten onbesproken blijven. Ik maak nog een uitzondering voor *Micrococcus prodigiosus*, die een bloedrode kleurstof produceren kan en die na perioden van rust opnieuw actief geworden dikwijls de indruk kan hebben gewekt dat relikwieën of bewaarde hostiën op gezette tijden zouden bloeden.

De systematiek steunt op de synthese van hierboven genoemde eigenschappen. Men onderscheidt kokken (bolletjes), bacillen (cilindervormige staafjes), kommavormige vibrionen, en spiralende spirillen en spirochaeten. Bacteriën kunnen solitair leven, of groepjes van 2 of 4, of ketens vormen (streptokokken), en ook wel celpakketjes (*sarcina*) of druivetrosvormig zijn (stafylococcen). Een nog vrij algemeen gebruikt systeem bestaat uit 7 orden:

- Actinomycetales,
- Chlamydobacteriales,
- Caulobacteriales,
- Thiobacteriales,
- Myxobacteriales,
- Eubacteriales,
- Spirochaetales.

In de tweede helft van de 20e eeuw zijn bacteriën een hoofdonderwerp voor microbiologen en moleculairbiologen geworden, mede door hun bijna onbeperkte levensvatbaarheid. Het gelukte uit meer dan dertig eeuwen oude Egyptische tempelstenen levende bacteriën te kweken. Dombrowski verkreeg uit 200 miljoen jaar oud steenzout (Bad Nauheim, Hessen) bacteriën en zelfs uit meer dan 300 miljoen jaar oud steenzout uit Canada (Saskatchewan) kon hij ze kweken. In meterorieten zouden levensvatbare bacteriesporen aangetroffen zijn. Fossiele bacteriën zijn weliswaar niet steeds met zekerheid herkenbaar, maar in bij voorbeeld vóór-Cambrische gesteenten (Zuid-Afrika) zou *Eobacterium isolatum* meer dan drie miljard jaar bewaard zijn gebleven.

De 8e editie van D.H. Bergeys Manual of Determinative Bacteriology (1974) bevat de tegenwoordig veel gevolgde rangschikking in 19 groepen. Sommige van deze zijn in orden verdeeld, sommige moeten nadere studies afwachten. Als gidseigenschappen dienen ontvankelijkheid voor kleuring, celvorm en celvorming, en verder fysiologische en ziekteverwekkende eigenschappen.

Als prokaryoten (X.23) behoren bacteriën en blauwgroene algen bijeen, omdat bij hen de ware celkern – voorzien van een kernmembraan – ontbreekt. De chromosomen ontbreken dus ook, zij het dat dikwijls enige nucleïnezuurverdichtingen in het celplasma *nucleoïde* heten, omdat zulke verschijnselen enigermate vergelijkbaar zijn met een celkern.

Misschien verdient het in de toekomst de voorkeur, overweegt Bergey, om blauwgroene algen en bacteriën samen als blauwgroene fotobacteriën in één divisie te plaatsen. Zij stemmen onderling veel meer overeen dan zij verschillen. De rode en de groene fotobacteriën zijn dan twee klassen die met de klasse van de blauwgroene gedrieën de lichtontvankelijke divisie van de fotobacteriën zullen vormen. De prokaryoten die niet op licht reageren kunnen dan opnieuw onderverdeeld worden.

Het onderzoek is in volle gang. Nog enige bijzonderheden over bacteriën staan vermeld in XII, in verband met evolutievraagstukken. De wetenschappelijke benaming voor bacteriën gehoorzaamt sinds 1958 aan vastgestelde regels; de Code voor Bacteriën dateert van 1976.

Analoog met de bacteriofagen breken de Myxobacteriaceae celwanden, cellulose en in het algemeen organische resten af. Het zijn in en op de bodem kruipende 'cellen' die een goed herkenbare celwand gewoonlijk missen. Deze voor de natuurlijke kringloop zeer belangrijke organismen als prokaryoten bij de blauwwieren gevoegd heten soms Myxomoneren, een naam die aan Haeckel herinnert en hun onzekere systematische positie aanduidt. Twee orden daarvan worden soms onderscheiden: Myxobacterales (met fructificaties) en Cytophagales (Vinogradskij onderscheidde het genus *Cytophaga*).

Na een opmerking van Della Porta (1588), die hoogstwaarschijnlijk op slijmzwammen doelt, was Micheli (p. 997) de eerste om het plasmodium van de Myxomycetes te beschrijven. Hij maakte goede afbeeldingen en sprak van *Lycogala* en *Mucilago*. Twee jaar tevoren had J. Marchant de beschrijving van *Fuligo septica* (de runbloei) gepubliceerd (1727); hij

beschouwde de stevige, half-bolle kluitjes als sponzen.

Linnaeus wist geen raad met deze levende wezens, maar onderscheidde zeven soorten die hij in verschillende fungi-genera plaatste. Zijn voorbeeld werd gevolgd door Persoon in 1797, die de eerste geslaagde tekeningen van de verrassend fraai gebouwde sporedragers maakte (*Tentamen dispositionis methodicae fungorum*). E.M. Fries verwees ze, zoals zijn voorgangers naar de Buikzwammen (Gasteromycetes, onderorde Myxogasteres; 1829).

De kruipende, langzaam voortbewegende slijmmassa's, voorafgaande aan de verstarring en vorming van sporen, onderzocht De Bary, anatomisch en microscopisch, en hij besloot dat deze *Mesentericae* levend protoplasma zijn, niet verschillend van dierlijk protoplasma. Deze sarcoden (p. 557) moeten dan ook tot het dierenrijk gerekend worden: het zijn *Mycetozoa*, zwamachtige dieren (Zeitschrift für Zoologie; 1859). In 1863 voerde de Poolse hoogleraar L. von Cienkowski (1822–1887) de term *plasmodium* in voor de slijmige levensfase; deze ontstaat na versmelting van twee, uit de sporen voortgekomen, (myx)amoeben. De Bary bleef zijn oordeel over de slijmzwammen trouw en achtte het aannemelijk dat de scheidslijn tussen planten- en dierenrijk getrokken zou moeten worden tussen de ware Fungi en de slijmzwammen (1884).

O. Bredfeld (1839–1925), die plantkunde doceerde in Berlijn, Eberswalde, Münster en Breslau, plaatste de slijmzwammen opnieuw in het plantenrijk en dit besluit bleef vrij algemeen gehandhaafd, terwijl daarna nog verschillende onderverdelingen voorgesteld werden, (zie Möbius 1937: 74–75). A. Lister (1830–1908) vervaardigde samen met zijn dochter een geïllustreerde verhandeling die drie edities beleefde (Monograph of *Mycetozoa*; 1894, 1911, 1925).

De verwantschappen zowel van de Myxobacteriales als van de Myxomyceten (een naam die van Wallroth (*Flora Cryptogamica Germaniae;* 1833) stamt en die tegenwoordig dikwijls door Myxophyta vervangen wordt) zijn in discussie. Sommige groepen behoren tot de prokaryoten, andere schijnen verwant aan Protozoën (Rhizopoden) en aan sommige algen. Aristoteles heeft de Myxomyceten niet gekend, maar zij beantwoorden aan zijn concept van de *zoophyta*.

24. Algen

Algen of Wieren worden nagenoeg sinds het geschreven begin van de biologie vermeld; zij zijn algemeen in de doorzichtige wateren van de Middellandse-Zeekust. *Alga* is een oud-Latijns woord voor zeegras en voor Romeinen een minderwaardig veevoer. Onder Grieken was in de Oudheid *fykos* de naam voor 'zeewier'. Dat woord bleef als deel van samengestelde namen in gebruik, maar voor de algen in het algemeen voerde A.W. Roth in 1797 de klassenaam *Algae* in, een benaming die in omloop bleef. Daarna maakte Wallroth *Phykea* en vervolgens verschenen nog enige namen. Tegenwoordig is er de keuze tussen Algae en Phycophyta, de laatstgenoemde naam voor de *divisio* en met meer wetenschappelijke status. Een historie van de Algologie vereist zeer veel meer ruimte dan hier beschikbaar is en mijn samenvatting in deze paragraaf blijft beperkt tot enige hoofdzaken en eindigt met de 19e eeuw.

Theofrastos schreef een zo fraai opstel over wieren, dat een overzicht noodzakelijk is (*Peri Fytoon Historias* IV, vi). Bomen en op bomen gelijkende (kruidachtige) gewassen zijn weliswaar diepgaand verschillend van aard (*fysis*), zegt hij, maar planten zowel als dieren zijn nu eens land- en dan weer waterbewoners. In moerassen, meren en rivieren

en ook in zee groeien boomachtige planten en in de oceaan zelfs bomen.

Fykos en *bryon* behoren tot de meest verspreide en algemeen voorkomende waterplanten. Men noemt ze op sommige plaatsen spar, vijg, eik, winde (*ampelos*) of palm. Nu eens staan enige dicht bij de kust, maar andere staan in diep water, weer andere op beide plaatsen. Er zijn er die veelvormig zijn en andere zijn uiterlijk steeds dezelfde. Bij voorbeeld een breedbladig zeewier, zoals een lint en groen, dat wel groenwier (*prason*) of ook gordelwier (*zostera*) genoemd wordt [*Posidonia oceanica*].

Een wier met haarfijne bladeren zoals venkel [*Cystoseira foeniculosa*] is niet grasgroen maar bleekgeel en stengelloos (*oudè kaulon*), en het groeit op eigen kracht recht omhoog, aan oesterschelpen en aan rotsen bevestigd, niet in de bodem zoals de andere, ofschoon ze beide kustplanten zijn. De haarfijne groeit dicht bij de wal en wordt soms ternauwernood door de zee overspoeld, terwijl de andere verder in zee wordt aangetroffen.

Voorts is er een soort in de oceaan, bij de zuilen van Herakles, die naar men zegt verbazingwekkende afmetingen heeft, met bladeren die wat meer dan handbreed zijn [*Laminaria saccharina*]. De stroom van de oceaan naar de binnenzee voert het mee en het wordt lintwier genoemd. In deze zee groeit het hier en daar hoger dan de navel. Men zegt dat het éénjarig is, aan het eind van de lente ontspruit, op zijn best in de zomer is, terwijl het in de herfst verschrompelt en in de winter sterft en aanspoelt [*Zostera marina*]. Het wier van de open zee (*Pontion fykos*) wordt door sponsvissers opgedoken.

Theofrastos vervolgt zijn verslag waaruit blijkt dat groeiplaats en vorm zijn systematiek beheersen; hij beschouwde *Posidonia*, *Cymodocea*, *Zostera*, *Ruppia*, *Roccella* (korstmos) alle als *fykos*, wier. Dat verhindert niet dat hij de vormen en groeiplaatsen van de wieren goed heeft genoteerd, terwijl hij de kleur van de wieren vermeldde (groen, geel of rood). Zwellingen in de blaasjeswieren, van de zee-eik en de zee-den [*Fucus*-soorten], heeft hij nieuwsgierig doorgesneden. Zijn *bryon* is zo goed beschreven dat *Ulva lactuca* met zekerheid herkenbaar is (Lenz 1859: 749–751).

Plinius verminkte Theofrastos gegevens en kon niets van enigerlei waarde toevoegen.

Tweeduizend jaar na Theofrastos vorderde de algenkunde niet noemenswaard. Daarna wekte Linnaeus' systematiek-methode de vraag of bij zoöfyten, bij voorbeeld de bloemloze algen, sexuele voortplanting voorkomt. Donati dacht van wel.

V. Donati (1717, Padua – 1762, op de Indische Oceaan) was hoogleraar in Turijn, groot reiziger en natuuronderzoeker, en schreef in 1750 over de natuurlijke historie van de Adriatische Zee (Della Storia Naturale Marina dell'Adriatico). Hij bepleitte een netvormige verwantschap van levende wezens, geen opvolgende reeks. Dit verklaart zijn neiging om te verwachten dat de voortplanting van zoöfyten niet werkelijk van die van planten en dieren zal verschillen. Celdraadjes in de conceptacula van *Fucus* hield hij zodoende voor ♂ organen. Ginnani daarentegen (1755, 1759) en S.G. Gmelin (1743–1774) ontkenden, in het voetspoor van Linnaeus, een sexuele voortplanting van algen (*Historia Fucorum*; 1768).

De algensystematiek stond halverwege de 18e eeuw op het peil van de Oudheid. Linnaeus somde in zijn klasse *Cryptogamia* weliswaar 27 soorten *Fucus* op en negen soorten *Ulva*, 21 soorten *Conferva* en 12 soorten *Byssus*, maar dit verhinderde niet dat hij leveren korstmossen, sponzen en fungi naar dezelfde onderklasse *Cryptogamia Algae* verwees (*Species Plantarum*:1131–1171;1753).

De dorpsarts in Vegesack (bij Bremen), A.W. Roth (1757–1834) was een toegewijde natuuronderzoeker. Zijn ontdekking dat ook in Europa insektenetende planten voorkomen (van insectivore planten uit Amerika, *Dionaea muscipela*, was men sedert John Ellis en

Linnaeus op de hoogte) trok de aandacht. Roth ontdekte in 1779 dat Zonnedauwblaadjes (*Drosera rotundifolia*) insektjes vasthouden en verteren (publicatie 1782).

Roth was sterk in waterplanten, wieren, geïnteresseerd. In 1797 gaf hij de naam Algae aan een taxon Lagere Planten dat zijn omgrenzing sindsdien vrijwel behield. Het bijzondere van Roths Algae is, dat zij overblijven na het opruimen van Linnaeus' rommelzolder: de *Cryptogamia Algae*. Hun natuurlijke samenhang blijkt niet uit het bezit, maar uit het ontbreken van eigenschappen (daarom ontsnapten ze aan Linnaeus' greep; ze bezitten geen duidelijke *essentia*).

Algen of Wieren zijn sedert Roth vaatloze gewassen (een echte stengel, wortel en blad ontbreken) die uit een of meer cellen bestaan. De cellen bevatten bladgroen (chlorofyl) of andere aan chlorofyl verwante kleurstoffen zodat zij zichzelf kunnen voeden (in zonlicht). Ook ontbreken ♀ geslachtsorganen en de sporen ontwikkelen zich nimmer beschut of beschermd door steriele cellen.

In latere jaren werden nog enige andere namen voor Algae voorgesteld en daarvan is in de tegenwoordige systematiek de naam Phycophyta vrij algemeen in gebruik voor dit fylum (of afdeling, of divisie) van het plantenrijk.

Met de 19e eeuw begon de snelle ontwikkeling van de algologie. In hoog tempo verschenen algenstudies. Tot de eerste en meest opzienbarende behoorde J.P. Vauchers Histoire des Conferves d'Eau Douce (1803). Vaucher (1763–1841), geestelijke in Genève, had de algen van Genève bestudeerd, en bij de *Ectospermes* vond hij zowel ♂ als ♀ cellen. Het betrof een buisvormige, drijvende, geelgroene alg, die later door zijn stadgenoot De Candolle *Vaucheria* werd genoemd (thans gerekend tot de Xanthophyta). Vaucher kon zelfs de conjugatie van *Spirogyra*- en *Zygnema*-draden afbeelden en dat verschijnsel als bevruchting interpreteren ('de gevormde 'eieren' kiemen').

In Engeland schreef L.W. Dillwyn (1778–1855), werkzaam in Swansea, British Confervae (1802–1807), en D. Turner (1775–1858). De laatste was een biologisch geïnteresseerde bankier in Yarmouth, die met Dillwyn samenwerkte: British Fuci (1802) en Fuci (1808–1819). A.W. Roth ondernam in 1806 een rangschikking van de Confervae (Draadalgen), gesteund door zelf gemaakte, goede illustraties. De naam Conferva komt al bij Morison voor, werd door Dillenius en Linnaeus overgenomen en zij duidden er alle drie een ratjetoe mee aan.

In Frankrijk verrichtte de hoogleraar te Caen, J.V.F. Lamouroux (1779–1825), baanbrekend algologisch onderzoek aan zeewieren, want hij paste in relatie met de kleur van de thalli kenmerken ontleend aan de sexuele voortplanting toe voor een rangschikking en na inleidende studies verdeelde hij de *Thalassiophytes* non-articulées (1813) in zes orden:
- Fucaceae,
- Florideae,
- Dictyotaceae,
- Ulvaceae,
- Alcyonidiaceae en
- Spongioideae.

De twee laatste orden trok hij later terug. Aan de Dictionnaire Classique d'Histoire Naturelle (verschenen van 1822–1831, onder leiding van Bory de Saint-Vincent) droeg Lamouroux artikels over wieren bij, beschreef veel nieuwe genera en preciseerde Linneaanse gissingen, bij voorbeeld door *Delesseria sanguinea*, en welbekend roodwier zijn systematische plaats te wijzen. Het eerste ontwerp voor een wereldwijde geografie van de wieren staat op naam van Lamouroux.

Het Franse onderzoek aan algen werd voorgezet door J. Decaisne. Decaisne (1807–1882) beproefde zijn talent als schilder, maar werd assistent in het Muséum, vervolgens hoogleraar aldaar (1848) en hoogleraar verbonden aan de Jardin des Plantes in 1851. Hij was een veelzijdige taxonoom, bewerkte hogere (tropische) planten en droeg aanmerkelijk bij tot de algologie. Op basis van anatomische bevindingen en de bouw van de voortplantingsorganen ontwierp hij een herzien systeem.

De klasse der Algen moet uit vier onderklassen samengesteld worden: Zoosporées (blauw- en groenwieren), Synsporées (Conjugaten), Aplosporées (vele Bruinwieren) en Choristosporées (Roodwieren). Ofschoon zijn microscopisch onderzoek veel belangrijke nieuwe gegevens aandroeg kon zijn systeem zich niet staande houden, want hij had de onvolledig bekende levenscycli van enige groepen verkeerd begrepen. Hij meende bij voorbeeld dat aan de zoösporen van groene algen zweepharen ontbraken (de techniek ze zichtbaar te maken schoot nog te kort). Hij wist niet dat de carposporen van Roodwieren zich na bevruchting vormen en beschouwde ze als *propagula*, asexuele thalluskorrels. Om deze en andere redenen moest zijn systematiek weldra vastlopen.

De 18e-eeuwse studies van verkalkte zeebewoners hadden doen besluiten dat zij dierlijk zouden zijn (p. 925) en daarom beschouwde Lamouroux kalkalgen als dieren: Polypiers calcifères. Hij beschreef talrijke nieuwe genera, zoals *Halimeda*, die ketens steenharde schijven vormt en dan ook *Halimeda opuntia* (L.) Lamouroux gedoopt werd. Decaisne kon echter in 1842 bewijzen dat vele zgn. koraalachtigen (Corallines) geen polypiers, maar planten zijn, algen, want zij vermeerderen zich op voor algen karakteristieke manier. Sommige polypiers zijn groen- en andere roodwieren. De opvolger van Lamouroux aan de universiteit van Caen, Chaurion, publiceerde dezelfde ontdekking terzelfdertijd.

Terwijl Lamouroux zijn algengeografie voorbereidde, vervaardigde C.M. d'Orbigny (1770–1856) een regionale wierecologie (1820; Essai sur les Plantes Marines des Côtes du Golfe de Gascogne), waarin hij de zonering van de wierbegroeiing in verband met de getijden en de diepte toelichtte.

Bory de Saint-Vincent (1780–1846), auteur van de in 1829 verschenen Histoire des Hydrophytes du Voyage de la 'Coquille' en fameus ontdekkingsreiziger (p. 648), wilde de wieren noch als planten noch als dieren beschouwen, maar voor hen een 'Règne psychomédiaire' reserveren (*psyche* (ziel), médiaire (halverwege)). Het waren welbegrepen levende wezens die enerzijds zoals planten zich niet zelf van hun standplaats kunnen verwijderen en die zich anderzijds toch actief kunnen voortbewegen, dank zij de voortzwemmende zoösporen.

Zijn onderzoek van de Microscopiques (= Infusoria) leidde tot zijn systematiek voor de algen: Eencelligen en Kolonievormers (*Volvox*). Eencelligen zijn Flagellaten en Ciliaten, en hij voegt er Métazoaires bij (raderdiertjes enz.). Ook rekent hij nog de dierlijke spermatozoïden tot de Microscopiques, een haast Naturphilosophische gedachtesprong, en zo werden de Microscopiques een snel vergeten allegaartje. De fraaie algcollecties die Bory bijeenbracht behielden echter hun waarde.

In Zweden was C.A. Agardh (1785–1859) de voorman van de Naturphilosophie. In Lund geschoold werd hij hoogleraar aldaar voor de botanie, terwijl hij tevens naam maakte als wiskundige en econoom, politicus en theoloog. Zijn carrière sloot hij af als bisschop van Wemland (Karlstadt). Terwille van zijn studie bezocht hij Duitsland herhaaldelijk en dit bracht hem in de kring van bewonderaars van Schelling. Het eerste stuk van zijn handboek voor de plantkunde (1828–1832) droeg hij op aan die onstuimige ziener. Hoewel hij zelf veel bedachtzamer te werk ging, liet hij zich toch verleiden tot opzienbarende uit-

spraken over overeenstemmingen in de ontwikkelingsfasen van planten en dieren. Bij voorbeeld het hoofd van de mens is vergelijkbaar met een tussen twee bladeren (arm en handen) geplaatste knop. Zulke conclusies legden de nadruk op zijn overtuiging dat een grenslijn tussen hogere en lagere planten, planten en dieren, niet nauwkeurig aanwijsbaar is. Een *Species Algarum* (2 delen; 1823–1828) vestigde zijn reputatie als algoloog.

Reeds in 1817 (*Synopsis Algarum Scandinaviae*) aanvaardde Agardh het standpunt van Lamouroux, dat de thalluskleur een onderscheidingskenmerk van zeer groot gewicht is. Met uitzondering van de kiezelwieren echter. In dat zelfde jaar begon C.L. Nitzsch (1782–1837) met zijn Beitrag zur Infusorienkunde het onderzoek van die uitzonderlijke groep eencelligen. Hij sprak van 'Bacillarien', omdat hij uitging van *Bacillaria paradoxa*. J.F. Gmelin (1748–1804), medicus-hoogleraar in Göttingen, had die soort in de 13e editie van Linnaeus' *Systema Naturae* gepubliceerd; het zijn ketens van van rechte, staafvormige celletjes die zowel in zoet- als in zoutwater leven.

Agardh gaf in 1824 de voorkeur aan de naam *Diatomeae* voor deze groep geelgroene of bruingele algjes met hun twee-schalige pantsers, een naam die algemeen in omloop kwam, ofschoon F. Schütt in zijn revisie van 1896 (Nat. Pflz.Fam. I.ib) nog *Bacillariaceae* gebruikte. Van *Bacillaria* afgeleide namen veroorzaken verwarring met Bacillen (beide namen stammen van het Griekse *baktèr*: stokje of staafje), maar tegenwoordig heten de Kiezelwieren toch, in de regel, Bacillariophyta.

De verassend mooi geornamenteerde en gevormde, kiezelzuurhoudende pantsers hebben veel algologen ertoe gebracht zich te specialiseren. In 1830 had Agardh zijn *Conspectus Criticus Diatomacearum* voltooid en een systematische rangschikking bedacht, maar zijn richtlijnen – vorm en celaanhechting – bleken veel minder aantrekkelijk dan die van Kützing. Deze koos de schaalornamenten als gidsen en onderscheidde *striatae*, *vittatae* en *arceolatae*. Nadere studies van een dozijn onderzoekers van de snel groeiende collecties (ook microfossiele) mondden uit in de huidige eerste scheiding: Centrales en Pennales, dat wil zeggen veelzijdig symmetrische, niet-beweeglijke en tweezijdig symmetrische, bewegende diatomeeën. Agardh had voor deze opvatting de grondslag gelegd in weerwil van zijn misvatting over de celstructuur.

Beroemde identificatieboeken uit de 19e eeuw zijn A Synopsis of the British Diatomaceae (1853–1856) door W. Smith (1808–1857), geestelijke en hoogleraar voor de natuurlijke historie in Cork, en T. West (1823–1891), die tekende. Verder het plaatwerk dat H. van Heurck (1830–1909), hoogleraar en directeur van de Botanische Tuin te Antwerpen, samen met Grünow publiceerde, Synopsis des Diatomées de Belgique. Van Heurck liet nog een A Treatise on the Diatomaceae volgen (1897).

Niet onvermeld mag de ontdekking van G.R. Milne Murray (1858–1911) blijven, die in 1895 de 'mikrosporen' (van *Coscinodiscus*) onder ogen kreeg. Murray was Keeper van de plantaardige collecties in het Brits Museum (1895–1905). Het vóórkomen van microsporen betekende dat sexuele voortplanting van Diatomeeën optreedt en zij zich niet alleen door celsplijting vermeerderen. De vondst werd aanleiding tot een ingrijpende vernieuwing van de kiezelwierensystematiek.

Agardh zette het onderzoek van de Kranswieren in gang toen hij in 1824 het genus *Nitella* onderscheidde, hetgeen een nadere studie van de bouw van *Chara*-achtigen en van hun voortplantingsorganen vergde.

Kranswieren lijken op ondergedoken groeiende *Equisetum* en *Hippuris*, zodat nog in de 17e eeuw alom deze drie gelijkgesteld werden. Afgaande op de geur kan men daarom denken dat Mattioli in de 16e eeuw (p. 201) en K. Bauhin in zijn *Pinax* (1623) met *Equise-*

tum foetidum sub aqua repens een kranswier bedoelden, te weten *Chara foetida*, een boven water onaangenaam ruikende ondergedoken groeiende waterplant. Zo dacht althans Vaillant er in 1719 over toen hij *Chara vulgaris foetida* beschreef en afbeeldde (Caractères de quatorze genres...) en Linnaeus viel hem bij en doopte de soort *Chara vulgaris*. Van Nitella, vijf jaar na Vaillants *Chara* beschreven, wilde Linnaeus niets weten.

J.C.D. Schreber (1739–1810), een toegewijde leerling van Linnaeus die echter de microscoop als een hoogst waardevol instrument beschouwde en het Lagere Plantenonderzoek krachtig bevorderde (Hedwig), zag de antheridiën. Zij zijn dan ook met het blote oog in het voorjaar, als *Chara* fructificeert, gemakkelijk waarneembaar. Schreber zou zijn leermeester verloochend hebben als hij ze niet als bloemen zou hebben opgevat. Het was steun voor A.L. de Jussieu (X.20), die terecht de Kranswieren in de *Monoecia monandria* had opgenomen, vond Schreber. Het zijn geen *Cryptogamia*. En zodoende besloot L. Cl. Richard (1754–1821) in 1815 deze toch wel bijzondere groep als een familie, Characeae, af te zonderen.

Een inleiding op de historie van de bevruchting bij Characeae, hoe deze stap voor stap opgehelderd werd, gaf Möbius (1968: 85) en W. Migula deed verslag van de kranswiergeschiedenis in de tweede editie van Rabenhorsts Kryptogamenflora von Deutschland, het vijfde deel (1890).

Agardhs onderscheiding van *Nitella* in 1824 bood A. Braun een houvast voor zijn splitsing van de Characeae in *Nitelleae* en *Chareae*. Hij bestudeerde de Characeae nauwkeurig (onder meer de stroming van de celinhoud die Corti ontdekt had (p. 557)) en zijn rangschikking van 1849 bleef staande, ofschoon eenstemmigheid uitbleef over de ware plaats van de Characeae in het plantenrijk. Zijn zij het best te beschouwen als de divisie *Charaphyta*, of als een klasse Charaphyceae, of als een orde Charales (binnen de *Chlorophyta*, de Groenalgen)?

De eerste beschrijving van de door spiralen wimperharen omcirkelde antherozoïden van Characeae maakte G. A. Thuret (1817, Parijs–1875, Nice), terwijl hij vermeldde hoe zij van twee zweepharen voorzien uit de antheridiën ontsnapten (1840). Decaisne (p. 986), werkzaam in Parijs, poogde een algensystematiek op te bouwen (Essai... Algues). Hij was bijzonder ingenomen met de waarnemingen van de jonge algoloog en probeerde samen met hem de overeenkomstige bevruchtende cellen bij *Fucus* op te sporen nu onomstotelijk gebleken was dat *Chara* tot de algen behoorde. De Parijse handelaars in 'fruits de mer' plegen hun oesters in *Fucus* gebed te koop aan te bieden, maar dat verpakkingsmateriaal bracht geen opheldering. Zij besloten in Normandië *Fucus* ter plaatse levend te gaan onderzoeken. Op 11 november 1844 berichtten zij de Académie dat bij *Fucus* inderdaad antherozoïden worden aangetroffen, deze echter met twee verschillend lange zweepharen en een rode korrel in de celinhoud (stigma), de basis van de langste zweephaar. De antherozoïde beweegt zich voorwaarts met behulp van de kortste zweephaar gehecht aan de smalle celtop.

De Parijse Académie besloot de prijsvraag voor 1847 aan de algologie te wijden en vroeg een studie over de bewegingen van algsporen en, bovendien, over de inhoud van de antheridiën der Cryptogamen. In de Annales van 1850 verscheen de eerste bekroonde verhandeling, door Thuret (Recherches sur les Zoospores des Algues et les Anthéridies des Cryptogames) en in 1856 de tweede bekroonde studie, door A. Derbès (†1894), hoogleraar in Marseille en zijn stadgenoot A.J.J. Solier (1792–1851). Laatstgenoemde, Capitaine du Génie en retraite, was intussen al overleden.

Het werk van de drie algologen opende wijde perspectieven voor het wierenonderzoek

van de Middellandse Zee; het bevat dozijnen nieuwe waarnemingen en leidde zodoende direct tot vernieuwingen in de systematiek. De 'Zoosporées' die Decaisne had omschreven, bestaan afgaande op de kleur en de bouw van de zoösporen of antherozoïden klaarblijkelijk uit twee, duidelijk gescheiden groepen: groene Chlorosporées en bruine Phaeosporées.

Thuret, een vermogend man, liet een diplomatencarrière varen en vestigde zich in Cherbourg (1852) om zich ongestoord aan de algologie te kunnen wijden. Hij nam een zeer talentvolle tekenaar (A. Riocreux) in dienst.

Te Cherbourg bestudeerde Thuret de bevruchting bij *Fucus* nader en met geslaagde kruisingen bracht hij de functie van de antherozoïden aan het licht (1854). Hoe verloopt de bevruchting van de Roodwieren? Lamouroux had ze in 1813 Florideae genoemd en in 1817 nam Agardh die naam over. Hij begreep dat de orde gekarakteriseerd was door twee alternatieve manieren van voortplanting, hetzij door kapsels hetzij door solitaire sporen (tetrasporen) en dat bij sommige roodwieren beide en bij andere een van beide voortplantingswijzen optraden. Al in 1757 zouden J. Ellis, de Londense koopman die met Linnaeus correspondeerde (p. 995), en J. Lightfoot (1735–1788), geestelijke in Gotham (Engeland), goed begrepen hebben dat de kapsels antheridiën, ♂ geslachtsorganen zijn, dacht Agardh en nog in 1828 verdedigde hij deze vergissing. Het werd er in 1861 bepaald niet beter op toen Naegeli besloot dat de tetrasporen met eieren te vergelijken waren, het gevolg van bevruchting door ♂ geslachtscellen, en dat de karposporen (kapsels) broedknoppen zouden zijn, ongeslachtelijke celpakketjes die zich tot nieuwe thalli kunnen ontwikkelen. Niettemin ontdekte Naegeli dat, voorafgaande aan karposporevorming, een trichofoor zich ontwikkelde, een cel met een of meer staartvormige uitsteeksel(tje)s. Deze waarneming werd niet in verband met bevruchting gebracht, omdat de tetrasporen nu eenmaal algemeen als ♀ orgaan golden. Decaisne's systeem steunde op die opvatting.

Intussen had Thuret zich van de medewerking van Bornet (1828–1911) verzekerd nadat hij hem, op aanbeveling van Decaisne, naar Cherbourg uitgenodigd had. In 1866 hadden Thuret en Bornet vastgesteld dat de ♂ cellen ('pollinides' die later spermatiën kwamen te heten) aan de 'trichogyne' vastkleefden en zo in de draagcel de bevruchting tot stand brachten. In een carpogonium bevindt zich een ♀ cel en de bewegingloze spermatiën worden door waterstromingen aangevoerd en kleven aan de trichogyne.

In 1867 vestigde Thuret zich in Cap d' Antibes om zich daar in de mediterrane algologie te kunnen verdiepen. Twee prachtig uitgevoerde boeken, met kopergravures van Riocreux geïllustreerd, verschenen na Thurets overlijden (Etudes Phycologiques; 1878 en Notes Algologiques; 1876–1880) door toedoen van Bornet die het werk van Thuret op hetzelfde hoge niveau voortzette.

Vanwege de kleur sprak W.H. Harvey (1811–1866), hoogleraar in Dublin, die hogere planten uit Zuid-Afrika beschreef en vele publikaties over wieren het licht deed zien (o.a. A Manual of British Algae (1841) en *Phycologia Britannica* (1846–1851)), van Rhodosporeae. Wegens de twee wijzen van vruchtzetting gaf Kützing in 1848 (*Species Algarum*) de roodwieren de naam *Heterocarpeae*, en Ruprecht bedacht (*Algae Ochotenses*) Rhodophyceae (1855); zij zijn hetzij Endosporeae (met door het thallus omsloten tetrasporen), hetzij Exosporeae (aan de buitenzijde gehechte tetrasporen).

De revisie verschenen in 1897 (Nat. Pflzfam. I.2) door F. Schmitz (1850–1895), P. Hauptfleisch en P. Falkenberg (Schmitz was hoogleraar in Greifswald) handhaafde *Rhodophyceae*, een klasse die uit Bangiales en Florideae bestaat. De *Rhodophyta* (of de klasse *Rhodophyceae*) bleven in eerste aanleg gerangschikt zoals Schmitz voorstelde. Het is de

enige groep algen met goed ontwikkelde celkernen waarvan de cellen in alle fasen van de levenscyclus zweepharen ontberen. G.B. de Toni, de volijverige hoogleraar voor de plantkunde in Parma en daarna in Modena (1864–1924), stelde van 1889–1924 een zesdelige *Sylloge Algarum Omnium* samen, een register op alle algnamen, de literatuur en de verspreiding, en hij telde al meer dan 3000 soorten roodwieren omstreeks de eeuwwisseling.

J.B.E. Bornet werd na medicijnenstudie in Parijs, tijdens zijn samenwerking met Thuret, hoogleraar in Cherbourg. Hij zette het onderzoek van Thuret voort in de stijl van zijn leermeester en wendde zich tot de blauwalgen. Zij vermeerderen zich slechts door sporen of door celdeling, of door fragmentatie van celsnoeren.

Blauw(groene) algen noemde K.F.W. Wallroth (1779–1847) *Myxophyceae* (de verwante Slijmzwammen, Myxomyceten, zijn zwammen, Fungi, geen wieren). Wallroth was dokter in Nordhausen (ten O. van Göttingen) en schreef *Flora Cryptogamica Germaniae* (1833). Hij was de eerste die blauwalgen als groep onderscheidde en bestudeerde. Sachs gaf ze in 1874 de naam die ze nadien behielden: Cyanophyceae; het is de vertaling in het Grieks van 'blauwgroene algen'.

Hiervoor werd al even vermeld hoe Cohn in 1879 de Schizophyta wilde indelen als Schizomyceten (Bacteriën) en Schizophyceae (Blauwalgen). Nog andere namen werden voorgesteld, toespelingen op kleur of voortplanting, maar Kützing zinspeelde met Gloeosipheae op de slijmlaag rondom de cellen. Zij vullen de eerste twee delen van zijn 20-delige *Tabulae Phycologicae* (1845–1852), samen een reeks van 2000 uitmuntende tekeningen.

F.T. Kützing (1807–1893) was als leraar werkzaam in de Realschule van Nordhausen, illustreerde zijn studies zelf en was een van de vooraanstaande algologen van de 19e eeuw. Hij bewerkte een groot aantal uitheemse wieren die S.R. Lenormand (1796–1871) uit zijn beroemde verzameling koos en hem toezond. Kützings *Species Algarum* dateert van 1849 en zijn *Phycologia generalis* van 1843. Hij was de eerste bioloog die begreep dat de celinhoud, de 'inwendige huid' van wiercellen (*Fucus*), onmisbaar is voor de levensverrichtingen (1841) en constateerde dat die 'amylidzellen' door fijne draadjes met de celinhoud van de buurcellen verbonden zijn, dwars door de celwand heen.

Bornet onderzocht, samen met Ch. Flahault (1852–1935), hoogleraar in Montpellier (1883–1915) en in Straatsburg, de *Nostocaceae* met heterocystenvorming (4 afleveringen; 1886–1888) en samen met M.A. Gomont de *Nostocaceae* zonder heterocysten (3 afleveringen, 1892–1893). Gomont (1839–1909) was préparateur aan het Parijse Muséum. Samen zijn deze publikaties een Monographie des Oscillariées en zijn kwaliteit maakte hem tot het beginpunt van de wetenschappelijke naamgeving aan de blauwalgen (1 januari 1892 voor die geen, en 1 januari 1886 voor die wèl heterocysten vormen). De naam Oscillariacées is een verwijzing naar het karakteristieke, langzaam draaiende en wuivende bewegen van de celdraden. Adanson en Corti hadden het opgemerkt, Kützing schreef het bewegen toe aan het groeien van de draden – dat was fout – en Bornet kon het vraagstuk evenmin oplossen. Pas in 1897 kon Correns bewijzen dat het trage bewegen een gevolg is van golvingen in de slijmlaag of -rand rondom de cellen.

Over het Zweedse bruinwierenonderzoek van de 19e eeuw nog een aantekening. Ter gelegenheid van een fraaie histologische studie had Agardh het genus *Macrocystis* onderscheiden (1829). Het zijn verbazingwekkende bruinwieren, die met een aan rotsen gehecht stengelvormig thallusdeel soms 300 meter lang kunnen worden. Agardh constateerde dat het gelede thallus zich door celdeling uit vegetatiepunten boomvormig vergroot, een parafrase

op het bouw- en groeiritme van hogere (vaat)planten (Theofrastos, p. 984).

J.G. Agardh (1813–1901) volgde zijn vader in Lund op en zette diens werk, hem waardig, voort. Hij kon in 1867 de 'bladval' van de grote Laminariaceae verklaren na nadere studie van de vegetatiepunten. Van 1892–1902 verschenen zijn artikels over de voortplanting van (rood)wieren die dank zij zijn waarnemingen en beschrijvingen de systematiek verbeterden. *Species, Genera et Ordines Algarum* (1898–1901) is de bekwame uitwerking van de richtlijnen en grondslagen door Agardh senior gegeven.

Het bruinwiergenus *Sargassum*, dat hij in 1889 omschreef en tenminste 150 soorten omvat, komt voor in alle warme wereldzeeën. Hij verdeelde het in vijf ondergenera (12 secties) en zijn systeem werd ongewijzigd aanvaard door F.R. Kjellman die de gehele klasse der Phaeophyceae in 1897 behandelde (Nat. Pflz. fam. I.2). Kjellman (1846–1907) was hoogleraar voor de plantkunde in Uppsala (1883–1889).

F. Dujardin (1801–1860), wiens werk over de levende celinhoud ter sprake kwam (p. 557), kantte zich tegen Ehrenbergs theorie over de vergelijkbaarheid van de bouw der in water levende Eencelligen (de zogenaamde Protisten). Hij beschreef enige nieuwe genera van met zweepharen voorziene levende cellen in zoetwater, gewoonlijk met een wereldwijde verspreiding. Ze heetten dan ook in de regel Flagellatae, die Van Leeuwenhoek hoogstwaarschijnlijk het eerst onder ogen heeft gekregen toen hij de darmflora van dieren onderzocht. Ehrenberg ontdekte dozijnen nieuwe genera (1838).

Of zij plantaardig zijn (groen gekleurd) of dierlijk (zichzelf voortbewegend) bleef omstreden. Ehrenberg onderscheidde in 1830 de Peridineae, gepantserde, gegroefde, en gewimperde, solitair levende cellen met twee verschillende zweepharen, de ene een borstel of haar en de andere lintvormig. Twee zoölogen - E. Clarapède (1832–1871) en F.J. Lachmann (1832–1861) - wilden ze Cilioflagellatae noemen (in 1859). De hoogleraar voor de zoölogie in Praag, F. von Stein (1818–1885), zonderde in 1878 en 1883 weer talrijke nieuwe genera af. Tevoren had J.E.B. Warming (1841–1924), Deens onderzoeker, die van 1882–1885 in Stockholm doceerde en na 1885 als hoogleraar-directeur van de Botanische Tuin in Kopenhagen werkzaam was, het pigment in de flagellaatcellen onderzocht (1873). Hij constateerde dat dit met in erkend plantaardige organismen voorkomende pigmenten overeenstemt (chlorophyl). De pantsering van veel groepen bestaat uit cellulose en is niet kiezelzuurhoudend.

Weliswaar had de zoöloog K.Th. E. von Siebold in 1846 de Peridinäen nadrukkelijk tot dieren verklaard, maar anderzijds in 1844 toch de kolonievormende, met zweepharen toegeruste cellen van de *Volvox*-achtigen als plantaardig erkend. Cohn voegde daar in 1850 aan toe dat de rode *Protococcus* en *Haematococcus* (bloedsneeuw)-soorten eencelligen zijn, die tot de groene algen gerekend moeten worden ofschoon de cellen met rood pigment gevuld zijn.

In Duitsland onderzocht N. Pringsheim de voortplanting van zowel zoutwater- als zoetwateralgen (VIII.19). Zijn theorie dat *Coleochaete*, een groenwiertje van het zoetwater, de schakel tussen algen en mossen zou zijn (1860), vond heel weinig steun en Pringsheim bracht geen wijzigingen in de wiersystematiek teweeg.

G. Klebs deed uitstekend onderzoek over lagere planten en vond in 1883 dat Cilioflagellaat-cellen niet, zoals men dacht, door middel van een golvende reeks wimperharen voortbewegen, maar door een enkele, wervelend golvende zweephaar, met het directe gevolg dat Bütschli hun naam in *Dinoflagellatae* veranderde (*dinos* (Gr.): omwenteling). Bütschli was hoogleraar voor de dierkunde in Heidelberg en schreef Die Protozoën, het eerste deel van Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreiches (1883–1885), een beroemd

handboek. Tegelijkertijd publiceerde G. Pouchet (XII.14) zijn reeks artikels over de zoutwaterflagellaten (Contributions à l'Histoire des Peridiniens; 1883–1894). Een zeer merkwaardig gebouwde mediterrane soort, *Pouchetia fusus* Schütt, herinnert aan zijn waardevolle werk.

Door stromingen in slijmdraadjes verplaatsen de Desmidiaceae zich, bewees Klebs in 1885; een ware ontdekking, want niemand twijfelde of de fraai gevormde, eencellige organismen moesten als planten worden begrepen, als groenwieren. Het criterium dat bewegen aan dieren voorbehouden is, bleek onhoudbaar. De (cel)bouw en de chemische samenstelling (cellulose, suikers, voedselopneming) moeten dan maar de doorslag geven.

Het is tot op heden niet gelukt om alle eencellige organismen met zekerheid in plantaardige en dierlijke groepen te scheiden, misschien omdat deze scheiding een onnatuurlijke is. Vooral door de onderzoekingen en overwegingen van Klebs bereikten de biologen een grote mate van eenstemmigheid om enige groepen flagellaten als plantaardig te aanvaarden.

De vangstmethode die J. Müller bij Helgoland toepaste (1845) om stekelhuidigenlarven in handen te krijgen, had rijkdommen aan microscopisch kleine wezentjes, – grotendeels flagellaten – binnen bereik van onderzoekers gebracht. De ronddrijvende planten en dieren kregen de verzamelnaam 'plankton' (afgeleid van *planao* (Gr.): ronddwalen, dezelfde stam als van planeet = dwaalster). V. Hensen, fysioloog te Kiel, bedacht de term (1887).

Begrip was ontstaan van de mondiale en verreikende betekenis van die groep levende wezens en de talrijke natuurhistorische expedities van de 19e eeuw gaven hem alle aandacht.

Aan de Duitse Valdivia-expeditie voor het onderzoek van flora en fauna der zee (1898–1899) nam F. Schütt deel. Hij deed verslag over het verzamelde plankton in 1893. Schütt (1859–1921) had in Heidelberg gestudeerd (1883) en werd hoogleraar voor de botanie in Greifswald in 1895. Zijn keurige revisie van de plantaardige flagellaten in 1896 werd de grondslag voor het 20e-eeuwse onderzoek, als aanloop naar de Flagellatamonografie door G. Senn (Nat. Pflz. Fam. I. 1a, b). Senn paste zijn werkstuk (1900) aan bij de richtlijnen die Klebs gegeven had.

De algologie in het algemeen en de flagellatenstudie in het bijzonder zijn schoolvoorbeelden van de opbouw van een systeem, dat is een zich wijzigende rangschikking met corresponderende groepsgrenzen en naamgeving in samenhang met een groeiende morfologische, chemische en fysiologische kennis.

De plantaardige eencelligen (infusoriën) worden tegenwoordig als Pyrrophyta samengevat, maar deze divisie (afdeling) bestaat toch weer uit circa 20 wezenlijk verschillende groepen, zodat bij voorbeeld ook drie divisies verondersteld mogen worden.

Een overzicht van de 20e-eeuwse algologie valt buiten het bestek van dit boek. Over de huidige rangschikking van de algen bestaat geen eenstemmigheid. Voor veel groepen rust de toepassing van Darwinistische (transformistische) redeneringen – meer nog dan bij de hogere planten en dieren – op hypothese, want fossiele resten ontbreken dikwijls, of zijn schaars of onzeker.

Hier volgt een voorbeeld van een modern systeem voor de Phycophyta: tien klassen of een niveau hoger, afdelingen of divisiones. Naar keuze.

I. *Cyanophyta.* Blauw(groene) algen, waarschijnlijk beter (ten dele) in de Prokaryoten geplaatst en dan niet als Phycophyta te beschouwen (zie hiervoor).
II. *Chlorophyta.* Groene algen, circa 20 orden, o.a. de Charales (Kranswieren).

III. *Xanthophyta* (Heterokonta). Geelgroene algen. Een half dozijn orden.
IV. *Chrysophyta*. Goudalgen, zeven tot tien orden. Over de rangschikking van de goudalgen verschillen alle specialisten van mening. Sommigen willen de Diatomeeën als Chrysophyta (orde Diatomales of Bacillariales) beschouwen en anderen menen dat zij een eigen klasse Bacillariophyta (Bacillariophyceae) vertegenwoordigen. Vrij algemeen onderscheidt men binnen de Diatomeeën Centrales en Pennales.
V. *Pyrr(h)ophyta* (Dinophyceae en Cryptophyceae). Acht orden. Vele eencellige dinoflagellaten behoren tot het plankton en worden ook wel als 'protozoën' uit de algen en het plantenrijk verbannen. Tot de meest recente opvattingen behoort de suggestie dat de Cryptophyceae uit de Pyrrophyta verwijderd moeten worden (als Cryptophyta, een klasse of afdeling) en dat deze bovendien ten dele dierlijk zijn.
VI. *Euglenophyta*. Alle zes orden worden soms als dierlijk (met 1–3 zweepharen voorziene Protozoën) opgevat.
VII. *Phaeophyta* (Bruinwieren). Meer dan een dozijn orden, de meeste zeeplanten.
VIII. *Rhodophyta* (Roodwieren). Een dozijn orden, meestal zeebewoners. Alle specialisten verschillen van mening over de beste indeling.
Voor twee bijzondere groepen, IX. *Prasinophyta* en X. *Chloromonadales* zijn de systematische positie en status nog volstrekt onzeker.

25. Paddestoelen, zwammen en schimmels: de Fungi

Theofrastos bracht o.a. *mykes* ter sprake als voorbeeld van uitzonderlijke planten (p. 70). Het schijnt dat M.J. Berkeley (1803–1889) de eerste was die het woord *mykes* benutte als naam voor de wetenschap van de mycologie (1836), de leer van de schimmels of de zwammen. Het woord *fungus* is een Romeinse term voor het Griekse *mykes* en daarom heeft fungologie dezelfde betekenis als mycologie. Nikandros (p. 82) kan als eerste het woord *fungus* gebruikt te hebben voor paddestoelen die, naar hij meedeelt, kwaadsappige aardprodukten zijn (ca. 185 v. Chr.).

Plinius kon in de eerste eeuw berichten over *tubera* die zonder wortel zo maar in de bodem verschijnen, dat zij inwendig van kleur verschillen. Men zegt dat zij na regen en onweer verschijnen (*Nat. Hist.* XIX, xi en xiii). Daar wilde Ploetarchos een verklaring voor geven (*Symp.* IV.2). Vlammen in natte nevels en dondergeluiden in zachte wolken veroorzaken dat als de bliksem de aarde treft truffels ontstaan. Kennelijk wilde Ploetarchos het ontstaan toeschrijven aan een dramatisch samentreffen van de vier elementen. Onweer als de maker van zwammen is overigens wereldwijd een bestanddeel van de folklore.

Gedachten van Bock over zwammen die niets van belang aan de sterotiepe Middeleeuwse beweringen toevoegden zijn vermeld op p. 185. Ruellius verzweeg echter (in 1543) toch niet dat heel wat auteurs zeggen dat truffels uit *sementica* ontstaan, een zaadmaterie. Men liet het daarbij. Cesalpino (IV.20, X.8) wist in 1583 niets meer of beters dan Theofrastos (en Aristoteles) mee te delen: Zwammen verdienen nauwelijks erkenning als planten, zijn zaadloos, kunnen zichzelf niet vermeerderen (kenmerkend voor levende wezens door *generatio spontanea* ontstaan) en lijken op *zoophyta*, want ze zijn een tussenvorm van de dode (zielloze) dingen en planten.

Della Porta (p. 216) daarentegen behoorde tot de dissidenten waar Ruellius op gezinspeeld had. De mystieke biologie van Della Porta leidde hem tot de ontdekking van de voortplanting van de fungi, die raadselachtige wezens.

Della Porta heeft de *sementica* gezien en begrepen. Het volgt uit het citaat dat G.C. Ainsworth in een fraaie historische studie (Introduction... Mycology; 1976: 14) gaf, en dat hier ten dele volgt.

> *Phytognomonica* 1588: 240: 'Ik slaagde erin het zaad van fungi in te zamelen, dat heel fijnkorrelig en zwart is, verborgen ligt in lange, smalle cellen of groeven die zich van de steel tot aan de rand (van de hoed) uitstrekken, en voornamelijk van fungi die op rotsen groeien waar, als zij omvallen, het zaad gezaaid wordt en uitspruit met een eeuwigdurende vruchtbaarheid. Ten onrechte heeft Porfyrios dus beweerd dat fungi kinderen van de Goden zijn, omdat zij niet uit zaad voortkomen. In truffels is ook een zwarte zaadmassa verborgen.'

Het was een belangrijke ontdekking: paddestoelen vermeerderen zich door een zwarte materie. Vrijwel niemand nam enige notitie en algemeen handhaafde men de voorchristelijke mystiek (bij voorbeeld Gaspard Bauhin, 1623). J. Goedart (1620–1668), een Hollandse schoolmeester, bestudeerde in 1662 *Cyathus*, de vogelnestzwam die Clusius in 1601 beschreven had. Hij kreeg sporelichaampjes [peridiola] te zien toen hij de levensloop van spinnen bestudeerde (*Metamorphosis... Insectorum*), ronde korrels ter grootte van radijszaadjes en kristalhelder. Terecht gekomen in aardspleetjes krijgen zij pootjes en ze ontwikkelen zich tot volkomen zwammen na drie jaar. Goedart probeerde het en slaagde twee achtereenvolgende jaren.

Terwijl Hooke daarna in zijn *Micrographia* (1665) verklaarde dat schimmels en paddestoelen (moulds en mushrooms) dezelfde groep organismen zijn, herhaalde hij dat zwammen niet uit zaad voortkomen, maar uit allerlei rottende plantaardige of dierlijke materie, in elk seizoen, als vochtigheid en temperatuur gunstig zijn. Hooke kon nimmer iets ontdekken – hij heeft er naar gezocht – dat als zwamzaad zou kunnen worden beschouwd, en de herkomst van fungi schreef hij toe aan *generatio spontanea*. Malpighi echter schreef in 1679 zonder voorbehoud dat fungi (en mossen) zich door zaad soortecht kunnen vermeerderen.

Een jaar eerder had J. Marchant père op een vergadering van de Académie gedemonstreerd dat paddestoelen gekweekt konden worden in paardemest waarin witte draadjes zichtbaar waren. De Tournefort sloot daar in 1707 op aan door een kweekwijze van champignons in het groot te beschrijven, waarbij hij als zijn mening te kennen gaf dat onzichtbare zaden of kiemen van de paddestoelen in de mest aanwezig zijn.

Het geloof aan *generatio spontanea* behield de overhand. In 1714 verscheen een speciale studie over fungus-voortplanting door L.F. Marsigli (1658–1730), een in Bologna geboren en gestorven officier die geograaf, oceanograaf en plantkundige werd. Vergezeld van een commentaar door G.M. Lancisi (1654–1720), een aan het Vaticaan verbonden geleerde, ter ondersteuning, schreef Marsigli een verhandeling (Dissertatio de Generatione Fungorum) en deelde mee dat de witte schimmeldraden uit rottend materiaal ontstonden en dat daarna paddestoelen zich uit de draden vormden. Het was zoiets als een metamorfose na *generatio spontanea*.

Men heeft recht op verbazing over de hardnekkigheid waarmee vooraanstaande geleerden vasthielden aan de door Della Porta, Goedart en Malpighi ontzenuwde legende. F.C. Medicus (1736–1808), directeur van de Botanische Tuin in Mannheim, vergeleek fungi met kristalvormen; zij waren uit slijm ontstaan van ontbindend blad na inwerking van warmte en vocht (1788). J.S.T. Frenzel (1740–1807) geloofde dat vallende sterren (Sternschnuppen) fungi aan de aarde ontlokten.

Spallanzani bewees in 1776 experimenteel (Opuscoli di Fisica Animale e Vegetabile, 2

delen) dat mycelium van *Rhizopus stolonifer* in relatie met de luchttemperatuur en luchtvochtigheid zich ontwikkelt, dat schimmeldraden niet op zwaartekracht en op lichtstralen reageren en dat zij uit sporen ontstaan.

Vijftig jaar later (1827) berichtte J.J. Schilling over het verschijnen van schimmel uit zaden (Samen) en hoe hij van 9 uur 's ochtends, 20 maart 1826, tot 8 uur 's avonds op 22 maart, in zijn microscoop turend de kieming van *Aspergillus niger* had gadegeslagen, en hoe hij daarna aan het nieuwe mycelium nieuwe sporen had zien verschijnen. Zowel Spallanzani als Schilling maakten keurige tekeningen van hun waarnemingen. Ook al herhaalden Gleditsch (1740) en anderen Micheli's proeven (p. 997) en bevestigden zij zijn waarnemingen, het baatte niet. Velen bleven fungi beschouwen als gevolgen van *generatio spontanea*; misschien niet alle fungi ontstaan op die manier, maar dan toch talrijke. Voorbeelden van die hardnekkigheid zijn Persoon, Rudolphi (1807; VII.24), Link, Nees, Unger (1833), zelfs Naegeli (1842) en E.M. Fries.

Ik laat het hierbij, maar mag het merkwaardige intermezzo waar Lütjeharms (1936) en Ramsbottom (1941) over schreven niet achterwege laten: Linnaeus bepleitte een wisselwerking tussen het planten- en dierenrijk, een relatie van sporen met *animalcula*.

Linnaeus gaf een van zijn studenten, J.C. Roos, opdracht de voortplanting van fungi te onderzoeken. Het resultaat verscheen in de reeks *Amoenitates Academicae* met de titel *Mundus Invisibilis* (1767). Roos verwees naar Baron Otto von Münchhausen (1716–1774; niet te verwarren met de verteller K.F.H. von Münchhausen), die bij sterke vergroting sporen van stuifzwammen in water had bekeken (1766) en bekend maakte dat het kleine diertjes zijn, want zij zwellen op en bewegen. De witte draden die men, zei Von Münchhausen, voor wortels houdt, zijn buisjes waarin de poliepjes heen en weer bewegen. Roos kon ter aanvulling vermelden dat de wormpjes een uiterst fijn web weven, en uit het web groeien weer zwammen.

Prompt trok Linnaeus zijn conclusie. Nog in hetzelfde jaar, in de 12e editie van *Systema Naturae*, verscheen het genus *Chaos* (1767: 1356) behorende tot de *Vermes* (Wormen) en Linnaeus kan zes soorten *Chaos* signaleren o.a. *Chaos ustilago* (brandzwammen) en *Chaos fungorum* (van allerlei, zoals sporen van *Lycoperdon, Agaricus, Mucor* enz.). Door een zwart poeder – dat *ustilago* zal heten – uit tarwe- en gerstearen te schudden en in lauw water te laten staan, 'krijgt men duizenden wormpjes te zien'. Linnaeus berichtte een Ierse koopman en amateur-natuuronderzoeker, John Ellis (ca. 1710–1776) die in Londen woonde en veel Amerikaanse relaties had, over de verrassende ontdekking. Zij wisselden jarenlang brieven en Ellis schreef Linnaeus bij voorbeeld over *Dionaea*, het vliegevangende plantje dat hij levend uit Amerika ontvangen had. Een plant die zich met dieren voedde (1770). Een de eerste goede studies over koralen had Ellis in 1755 gepubliceerd (Essay Towards a Natural History of Corallines).

Linnaeus lichtte Ellis dus in over planten die diertjes voortbrengen, de fungi. Hij schreef niet over de consequenties van de waarneming: de verwerkelijking van het aloude ideaal van de continuïteit in de levende natuur, een nu gevonden missing link in de *scala naturae* en dit in harmonie met Trembleys zoetwaterpoliepexperimenten. Over deze aspecten van Von Münchhausens en Roos' bevindingen repte Linnaeus niet, misschien omdat hij zich van theoretische biologie verre wilde houden.

Maar Ellis wilde niets van wormpjes uit fungus-'zaden' weten. Het zijn *animalcula infusoria*, infuusdiertjes die niets met fungi hebben uit te staan. Linnaeus hield voet bij stuk. Zulke wezentjes verschijnen in peper-infuus en niemand heeft ooit hun herkomst goed kunnen verklaren. Als men nu bedenkt dat vochtige peper weldra beschimmelt, dan

is de verschijning van de wormpjes in peperwater verklaard. Ofschoon niet erg duidelijk, Linnaeus kon de wormpjes uit ustilago-poeder nu met het blote oog zien.

Geen sprake van, hield Ellis vol. Zaden van Fungi zijn levenloos. Zij bewegen niet. In de natuur zijn eieren van *animalcula infusoria* overal in water aanwezig en als zij met voedsel in aanraking komen groeien ze en vermeerderen ze zich. De leer van de doorluchte Baron, dat plantaardig in dierlijk en dierlijk in plantaardig zou kunnen overgaan is belachelijk, een voorbeeld van taai volgehouden, overgeleverde misvattingen, verklaarde Ellis. Linnaeus deed er het zwijgen toe; zijn tijdgenoot Diderot zou Ellis hebben terecht gewezen (p. 466–472).

Pogingen om een systeem voor Fungi te vinden deden Ray, Magnol en De Tournefort al in de 17e eeuw. Ray onderscheidde Fungi naar de groeiplaats:
- op de bodem,
- op bomen,
- onderaards.

Magnol componeerde zijn derde *familia* (*Prodromus*; 1689) uit mossen, varens, wieren en koralen. De eerste onderverdeling van de Fungi bleef in overeenstemming met Rays opvatting en vervolgens onderscheidde Magnol Hoedzwammen (onder te verdelen in plaatjes- en gaatjeszwammen), voorts gegroefde en gevingerde zwammen.

Twee genusnamen waren voor de Fungi tot 1694 beschikbaar, *Fungus* en *Tuber* (Ray, J. Bauhin). G. Bauhin voegde als derde *Agaricus* daarbij. De Tournefort maakte (Elémens) van de 'Herbes dont on ne connoît ordinairement ni les grains ni les fleurs', de Classe XVII, en wel *Muscus* (mossen) en zes genera: *Fungus, Boletus, Agaricus, Lycoperdon, Coralloides* en *Tubera*. In 1700 (*Institutiones*) voegde hij een zevende zwammengenus erbij, *Fungoides* (bekerzwammen).

Ecologie was voor Ray, evenals voor de andere biologen die in de 16e en 17e eeuw over ordening nadachten, zowel voor dieren als voor planten, een leidraad van de eerste rang. J.J. Dillen (1687, Darmstadt – 1747, Oxford) kwam door toedoen van Sherard (X.9) naar Engeland (1721) om mee te werken aan een herziening van de *Pinax* (X.8). Hij had een ecologische rangschikking voorgesteld in zijn met kopergravures geïllustreerde streekflora (*Catalogus... circa Gissam* [Gieszen] *nascentium*; 1719). Hij behandelde daarin 160 fungi (8 genera) voor de maanden oktober en november. December en januari waren gereserveerd voor de mossen en korstmossen.

Vervolgens zette Dillen de Fungi met hoed en die zonder hoed bijeen. De Hoedzwammen werden weer gesplitst in die met plaatjes (*Amanita*) of zonder deze. Verder onderscheidde Dillen zwammen met stekels op de hoedonderzijde, zoals van een egel, en noemde ze dan ook *Erinaceus,* die met gegroefde hoed werden *Morcella* en die met gaatjes in de hoedonderzijde *Boletus.* Hoedloze zwammen zijn stengelachtig, zoals *Fungoïdes* (geweizwammen) of stengelloos, en wel *Agaricus* (elfenbankjes), *Peziza* (bekerzwammen) en *Bovista* (stuifzwammen, truffels enz.).

Als kenmerken van de laagste rang golden giftig of eetbaar, en al dan niet op de bodem groeiend.

Voor de derde editie van Rays Synopsis (1690; X.12) verzorgde Dillen het hoofdstuk over de Fungi (1724). Meer dan 60 nieuwe soorten voegde hij toe samen met belangrijke waarnemingen over de sporevorming van de roestzwammen. Hij kon bovendien 91 verschillende korstmossen onderscheiden en maakte de eerste monografische studie over bladmossen in 1741 (*Historia Muscorum...*), nadat in 1732 zijn rijk geïllustreerde *Hortus Elthamensis* (2 delen) verscheen. De collectie gedroogd materiaal bleef in Oxford bewaard.

Voor Vaillant was ecologie geen richtsnoer. De volgorde van de genera in zijn streekflora van Parijs (*Botanicon Parisiense* ou Dénombrement des Plantes qui se Trouvent aux Environs de Paris; 1727) bevat 78 fraaie fungi-tekeningen van C. Aubriet. Het afbeelden van Fungi stond sinds De Tournefort (1694) en P. Boccone (Museo di Piante Rare; 1697) op hoog niveau.

Vaillant zette zijn genera in alfabetische volgorde, zodat de Fungi niet bijeen stonden, maar dit verhinderde niet dat er belangrijke verbeteringen waren. Acht fungi-genera worden erkend, zeven zoals De Tournefort voorstelde, maar diens *Coralloides* verdeelt Vaillant in gevorkte (De Tournefortse Coralloides) en ongevorkte (*Clavaria*). Vaillants Clavaria hebben moderne mycologen in kleinere genera verdeeld. Voor het genus Fungus ontwierp Vaillant een systeem ter plaatsing van de 108 soorten (onder meer volgens families). Onderscheidingskenmerken voor het eerst toegepast, zijn een gevulde of holle steel en de aan- of afwezigheid van een *annulus*.

Ainsworth – wiens boek over de geschiedenis van de kennis der fungi (1976) ik dikwijls benutte – zegt dat met Micheli de wetenschappelijke mycologie begonnen is.
P.A. Micheli (1679, Florence – 1737, ibid.) was arm, had nauwelijks een schoolopleiding ontvangen, maar zijn ouders wilden dat hij bij een boekverkoper in de leer zou gaan; het kan erop wijzen dat zij zijn aanleg hadden begrepen. Hij leerde zichzelf Latijn en werd, op voorspraak, plantkundige in de hofhouding van Cosimo III, groothertog van Toscane, de op een na laatste van de De Medici's die sinds de 15e eeuw biologisch onderzoek hadden gesteund (p. 286, 390). Micheli moest de zorg voor de stadsparken van Florence en de botanische-tuincollecties op zich nemen. In de herfst van 1736 werd hij op een van zijn verzamelreizen ziek en hij keerde uit Noord-Italië naar Florence terug waar hij 2 januari 1737 overleed, een geleerde van hoge reputatie en ware verdienste.

Voor de indeling van zijn meesterwerk, *Nova Genera Plantarum*, verwees Micheli naar De Tournefort wiens systeem en werkwijze hem ten voorbeeld hadden gestrekt. De driedelige *Institutiones* had Micheli in 1700 van de groothertog ten geschenke gekregen. *Nova Genera Plantarum*, in 1729 verschenen, bevat de beschrijving van 1900 taxa, waarvan ongeveer 1400 voor het eerst bekend gemaakt werden. Negenhonderd genera vertegenwoordigen de fungi; zeer vele staan op 40 pagina's kopergravures afgebeeld (het boek bevat 108 pagina's afbeeldingen).

Nieuwbenaamde fungus-genera zijn o.a. *Aspergillus, Botrytis, Clathrus, Geaster* en *Polyporus*. Tomaso Puccini – een Florentijnse anatoom – bleef in herinnering door *Puccinia*, de genusnaam voor talrijke graanroestzwammen. Van alle grote fungus-groepen vond, beschreef en tekende Micheli de sporen; hij noemde ze zaadkorrels. Hij zag de plaatsing bij vieren op de basidiën van Basidiomyceten en maakte de eerste beschrijving van een *ascus*. Hij kweekte (in 1718) een netwerk van schimmeldraden uit sporen en bracht het tot fructificatie. Van *Cyathus* zag hij de *peridiola* en noemde ze vruchten, terwijl hij ook 'zaden' aantrof op de beide oppervlakken van de bladeren (hoedlamellen) van *Agaricus*. Micheli meende niet alleen vrucht en zaad van de vaatplanten, maar ook de bloem – slechts door één meeldraad die de zaden voortbrengt vertegenwoordigd – aan te treffen bij de paddestoelen.

Met bijzondere aandacht schreef hij over *Carex* (Cyperaceae), mossen en levermossen.

Twee jaar na Vaillant publiceerde Micheli zijn systeem van de korstmossen en de fungi die hij als een samenhangende groep behandelde (voor een facsimile van het schema, zie Ainsworth 1976: [249]).

Korstmossen (*Lichen, Lichen-agaricus* en *Lichenoides*) zijn de eerste groep. De tweede

is uiterst eenvoudige planten met bloembladloze bloemen, bestaande uit één meeldraad waarvan de zaden zich losmaken. De derde groep is, in tegenstelling met de vorige, regelmatig van vorm en de zaden ontstaan afzonderlijk. De vierde groep is gewoonlijk hoedloos en heeft de zaden op het buitenoppervlak, en de vijfde groep heeft inwendige zaden. Evenals Vaillant benutte Micheli de *annulus* als kenmerk, maar een al dan niet massieve steel bleef buiten beschouwing. Het systeem is strikt morfologisch, slechts voor de laatste splitsing is de kleur beslissend.

C.A. Targioni-Tozzetti (1672–1748) en zijn zoon Giovanni (1712–1783; p. 288) kochten na Micheli's dood zijn boeken, herbarium, manuscripten en fossielen, zodat door hun tussenkomst in 1748 *Catalogus Plantarum Horti Caesarii Florentini* verscheen. De nalatenschap bleef in de Targioni-Tozzetti-familie totdat laat in de 19e eeuw vier en zeventig delen Micheli in het Herbarium van Florence een wat veiliger onderkomen vonden.

Vroege werken van belang voor de mycologie zijn de Italiaanse uitgave *Fungorum Agri Ariminensis Historia* (1755) door G.A. Battara (1714–1789) en het Zuidduitse vierdelige plaatwerk *Fungorum qui in Bavaria... Icones* (1762–1764) door J.C. Schaeffer (1718–1790), levenswerk van een dominee uit Regensburg, verder het Schotse An History of Funguses Growing about Halifax, naar de natuur geïllustreerd, en het Engelse Coloured Figures of English Fungi or Mushrooms (1797–1815) door James Sowerby (1757–1822). Hij vervaardigde zeer vele afbeeldingen voor verschillende wetenschappelijke botanische publikaties in Engeland en werd de stamvader van vier latere, tekenende Sowerbys.

J.B.F. (Pierre) Bulliard (1742, Aubepierre-sur-Aube – 1793, Parijs) kreeg als jongeman levensonderhoud en een onderkomen in de Abdij van Clairvaux. Hij ging in 1763 (?) naar Parijs om zijn medicijnenstudie te voltooien. Sinds zijn jongensjaren had hij zich in de levende natuur verdiept; hij werd een volgeling van J.J. Rousseau en stelde evenals zijn leidsman een woordenboek voor de plantkunde samen, met dit verschil dat het zijne zeer veel beter uitviel. Dictionnaire Élémentaire (1783) beleefde zeven herdrukken in vijf en twintig jaar, de opvolgende edities werden door medewerkers voortdurend van meer commentaar en verbeteringen voorzien. Zijn eerste pennevrucht echter was een jagersboek, Aviceptologie Françoise, de kunst om vogels te vangen. Hij maakte beschrijvende floristische studies van de flora rondom Parijs, publiceerde zes deeltjes (1776–1780(3)) met de verzamelnaam *Flora Parisiensis* en tekende illustraties bij de tekst.

Sinds 1781 waren dertien folio-afleveringen verschenen van zijn Herbier de la France toen hij, 41 jaar oud, tijdens een jachtpartij verongelukte, waarschijnlijk vermoord.

Het Herbier was gewijd aan gifplanten, geneeskruiden en aan paddestoelen en het bestond uit 602 platen met beschrijvingen, vele gekleurd. Bulliards Herbier was een van de eerste botanische werken met gekleurde platen. De reproductie had plaats met allerlei technieken die Bulliard zelf bedacht en toepaste. Platen uit het Herbier werden met gewijzigde tekst uitgegeven als Histoire des Plantes Vénéneuses... (1784) en als vier delen Histoire des Champignons de la France (1791–1812). Ruim tweehonderd platen van het Herbier zijn aan hogere planten gewijd en bijna vierhonderd aan zwammen, voornamelijk paddestoelen. Deze laatste vestigden Bulliards naam als een der eerste mycologen. Zijn tekeningen zijn bijzonder goed en met de toelichtingen bleef Bulliards Champignons een nog altijd geraadpleegd, gezaghebbend werk. Misschien is het mede aan Rousseaus invloed te danken dat hij ook een der eerste Franse plantkundigen werd die Linnaeus' sexuele systeem verdedigden (al kon hij dit op zijn paddestoelen niet toepassen).

Een leeftijdgenoot, J.J. Paulet (1740–1826), onderscheidde zich voornamelijk door het schrijven van een historische mycologie ter inleiding van zijn Traité des Champignons (2 delen; 1790–1793). Hij begon met het eerste begin en probeerde de in de oude literatuur vermelde zwammen te identificeren. Zijn goede smaak en belangstelling bewees hij met een Flore et Fauna de Virgile (p. 92) en ook, maar veel minder overtuigend, met voorschriften hoe giftige paddestoelen toe te bereiden om ze zonder nadeel te kunnen eten. Leveillé schreef in 1822 nog teksten bij Paulets afbeeldingen.

Linnaeus gaf de 24e klasse van het Plantenrijk de (nieuwe) naam *Cryptogamia* en hiertoe behoorde de orde van de Fungi. Zij moeten als negen genera gerangschikt worden (1735; *Systema*), maar Linnaus was er allesbehalve tevreden mee. De orde van de Fungi, verklaarde hij in 1750 (*Philosophia*, Aph. 240), is een smet op de systematiek. Soorten en variëteiten kan geen botanicus hier onderscheiden. Toen in 1753 (*Species Plantarum*) alle plantengenera opgesomd werden, kon Linnaeus tien Fungi-genera in beschouwing nemen, maar later zou blijken dat nog twee genera, die hij tot de Algen rekende, schuilgingen in een allegaartje van wieren, lichenen, slijmzwammen en schimmels. Micheli stond bij Linnaeus slecht aangeschreven, begrijpelijk, want Micheli herkende 'bloemen' in fungi en hij keek voortdurend door zijn microscoop. Linnaeus, zo zegt Ainsworth (1976: 251), onderscheidde minder dan een tiende van het aantal soorten dat Micheli aangewezen had in 1729. Agaricus, waarmee de vroegere onderzoekers vrijwel uitsluitend elfenbankjessoorten, hoedloze gaatjeszwammen, hadden aangeduid, werd bij Linnaeus de genusnaam voor plaatjeszwammen, de groep Hymenomyceten. Dillenius' egeltje (*Erinaceus*) werd nu *Hydnum* (Theofrastos bedoelde met *hydnon* truffels).

In hetzelfde jaar als *Species Plantarum* verscheen *Methodus Fungorum* door J.G. Gleditsch (VIII.12). Die had een systeem bedacht om aan 'de zwakte van het blote oog' te ontsnappen door een opstelling van de elf genera die hij wilde aanvaarden zodanig dat zij aan hun uiterlijk herkenbaar zijn.

De *fructificatio* – aloude term voor de bloeiende planten – is allereerst open of gesloten. Buiten sporen vormende Fungi (*Phallus*), dragen deze oppervlakkig of in karakteristieke reservoirs. Het zijn enerzijds de vezelige *Byssus*, knotsvormige of gevorkte *Clavaria*, of verschillend gerimpelde, komvormige *Elvela*. Anderzijds zijn het zwammen met een netvormig gerichelde gezwollen top (*Phallus*), of hoedzwammen die aan de onderzijde gaatjes (*Boletus*), of plaatjes (*Agaricus*) hebben. Fungi die in gesloten holten sporen vormen zijn klokvormig (*Peziza*), of hetzij tolvormig of knolvormig (*Clathrus, Stemonitis, Lycoperdon* en *Mucor*). Het is een veel beter systeem dan Linnaeus' compilatie.

Haller introduceerde in 1742, in zijn studie van de Zwiterse flora, als soortkenmerk de kleur van de plaatjes (eigenlijk van de sporen); een vernieuwing die gehandhaafd bleef.

Adanson plaatste de fungi (1763) in feite in zijn eerste twee familles. De eerste familie die Adanson echter niet als fungi beschouwde bestond uit poeder- en draadvormige *Byssus* (thans *Aspergillus* en *Botrytis*). De tweede familie kwam Fungi te heten, de Champignons. Hij onderscheidde zeven groepen:
- sporevormend op het hele oppervlak,
- op een netwerk van richels,
- op de wanden van zakjes,
- van buisjes,
- van groeven, en
- op plaatjes (lamellen) en de zevende groep zijn de korstmossen.

C.H. Persoon (1763, Kaapstad - 1836, Parijs), de zoon van een Oostduitse handelaar en een welgestelde Boer-dogter, werd met zijn twee zusjes in het weeshuis van Kaapstad opgenomen. Zijn moeder was enige weken na de bevalling overleden. Zijn vader hertrouwde, verdiende veel geld met de handel in bier, linnengoed en slaven, maar de fondsen die hij voor zijn zoon had toevertrouwd aan de Weeskamer werden na zijn dood verduisterd. Persoon die een jaar daarvoor naar Europa was vertrokken (1775) om daar zijn opleiding te ontvangen zou zonder een bescheiden toelage van de Amsterdamse Kamer van de Oostindische Compagnie in de grootste moeilijkheden zijn geraakt. In 1783 ging hij in Halle theologie studeren, vervolgens medicijnen in Leiden (1786) en na een jaar trok hij naar Göttingen ter wille van de botanie aldaar. De doctorsgraad ontving hij van de Academie voor Natuuronderzoek (Leopoldina) in Erlangen. In 1803 vestigde hij zich in Parijs waar hij dertig jaar bleef wonen in een vergeten straatje, zes hoog. Een voorrecht bij de studie van de fungi, verklaarde hij, is dat zij in een gewoon vertrek in alle eenzaamheid onderzocht kunnen worden.

Zijn afgelegen werkkamer werd niettemin een centrum voor de mycologie. Hij bleef omdat hij dat zo wilde, ambteloos, leefde uiterst zuinig van een erfenisje, maar omdat hij zonder inkomen was, verviel hij steeds meer in armoede. Giften weigerde hij en hij zag zich gedwongen zijn herbarium aan de Nederlandse regering te verkopen hetgeen hem van een jaarlijkse toelage van Fl. 800,- verzekerde (1825). Zijn collectie bleef in het Rijksherbarium (sinds 1829) bewaard, samen met het grootste deel van zijn bibliotheek, terwijl zijn nagelaten brieven in de Leidse universiteitsbibliotheek belandden.

Tijdens zijn leven werd hij als een leidende mycoloog in heel Europa erkend, maar zijn armoede en zijn kluizenaarsbestaan gaven aanleiding tot legenden, zo bij voorbeeld dat zijn moeder een Hottentot geweest zou zijn.

Persoons werk over fungi begon in 1794 met Neuer Versuch einer systematischen Eintheilung der Schwämme (Römer's Neues Magaz. Bot. 1: 63–128), en werd met *Observationes Mycologicae* (2 delen; 1796–1799) voortgezet. In *Tentamen Dispositionis*... (1797) werkte hij verder aan een systeem voor de Fungi bedoeld om een natuurlijk systeem te ontwerpen. Ofschoon hij Linnaeus' systeem voor de bloemplanten was toegedaan, vond hij diens werk over de fungi al te gebrekkig. In *Synopsis Methodica Fungorum* (1801) besloot hij tot een ver uitgewerkte rangschikking.

Van zijn talrijke publikaties noem ik nog zijn *Synopsis Plantarum* (2 delen; 1805–1807) die in feite een herziene Species Plantarum bedoelde te zijn. Het zijn klein-formaat boekjes, 1200 bladzijden bedrukt met minuscule lettertjes, zo weinig presentabel en toegankelijk dat de reuzenarbeid erin gestoken onvoldoende gewaardeerd werd. Daarna begon Persoon nog een *Mycologia Europaea*, waarvan drie delen gereed kwamen (1822–1828).

Voor de fungi wilde Persoon twee klassen (1801), de *Angiocarpi* (met gesloten vruchtlichamen) en de *Gymnocarpi* (open vruchtlichamen). De sporen, (*semina*, zegt Persoon), ontwikkelen op een aan de oppervlakte liggend vlies (*hymenium*). Beide klassen in drie orden te verdelen.

Angiospermae en Gymnospermae bij de bloemdragende planten, en overeenkomstige groepen bij de fungi. De overeenstemming is niet toevallig, maar wordt hier niet verder toegelicht. Tegen enige bijzonderheden in de algemene ordening hebben latere mycologen bezwaren ingebracht, maar vrijwel alle genera die Persoon nieuw onderscheidde (bijna honderd) bleven aanvaard. Hij was de eerste om de Gasteromyceten, de Roest-, en de Slijmzwammen goed te onderscheiden.

Het Internationale Botanisch Congres in Brussel (1910) besloot dat de geldige naamge-

ving voor Buikzwammen (*Gasteromycetes*), Brandzwammen (*Ustilaginales*) en Roestzwammen (*Uredinales*) begint met de Synopsis van Persoon (1801).

Elias Magnus Fries (1794, Femsjö (Småland) - 1878, Uppsala) was van jongs af aan geboeid door zwammen, begon botanie te studeren in Lund (1811) en werd na enige universitaire posities in Uppsala (1814-1835) daar hoogleraar in de botanie. Hij was de eerste van de reeks Friesen die belangrijk onderzoek over Lagere Planten verrichtten (zijn zoon Th.M. Fries (1832-1913; korstmossen), zijn kleinzoon R.E. Fries (1876-1966; slijmzwammen) en ten slotte zijn achterneef N.Th.E. Fries (fungus-fysiologie)). Hier zal slechts aan het leven en onderzoek van Elias Magnus worden herinnerd.

Evenals zijn landgenoot Linnaeus bezocht Fries het Växjö-gymnasium (tot 1811) en stierf hij als hoogleraar in Uppsala. Een verschil tussen beiden, dat bij nader inzien veel minder groot is dan het schijnt, was dat Fries zich bij de romantische biologie aansloot, de Naturphilosophie (p. 1040).

In Lund leerde hij de systematiek van de fungi onder leiding van A.J. Retzius. Na 1812 van C.A. Agardh. Verder had hij hulp van de *Conspectus Fungorum*, een samenvatting die J.B. de Albertini (1769-1831) en L.D. von Schweinitz (1780-1834) hadden gepubliceerd (1805).

Fries reisde in Skandinavië en Noord-Duitsland (Berlijn, 1828), maar beschreef niettemin toch talrijke fungi uit veel verder gelegen streken. Hij bouwde een wereldwijde reputatie op door zich onvermoeibaar aan zijn specialismen, fungi en korstmossen, te wijden.

Agardh, algoloog, opvolger van Retzius, was de Naturphilosophie toegedaan en *Das System der Pilze und Schwämme* van de romanticus Nees von Esenbeck (1816) kunnen samen Fries overtuigd hebben van de realiteit van een Natuur begrepen als een mystiek bewegen tussen tegenpolen, een kosmisch samenspel van ontwikkelingen die het schouwende geestesoog kan bevroeden. Een natuurlijk systeem zal de afspiegeling zijn van die eeuwige uitwisseling in verandering.

Standaardwerken en talrijke kleinere publikaties verschaften Fries een blijvende reputatie in de historie van de biologie, als een grondlegger van de mycologie. Eerste plaatsen bezetten *Observationes Mycologiae* (2 delen, 1815-1818), *Systema Mycologicum* (3 delen, 1821, 1822-1823, 1829-1832, met een supplement *Elenchus Fungorum*, 1828). *Lichenographia Europaea Reformata* (1831) vertegenwoordigt zijn korstmossenstudie.

In Systema (1821) kondigde hij aan dat water en aarde kosmisch gedreven de plantengroei beheersen. Een *nisus reproductivus* (vermeerderingsdrift) roept fungi tot leven uit die twee elementen, en als lucht en vuur (warmte en licht) zich hierbij voegen geraken de verschillende fungi-vormen tot volle wasdom. Dit leidt tot vier klassen.

De inwerking van *nisus* alleen op aarde en water doet *Coniomycetes* ontstaan. Als lucht een bijdrage levert verschijnen *Hyphomycetes*, komt daar nog warmte bij *Gasteromycetes* en bovendien nog licht dan ontwikkelen zich *Hymenomycetes*.

Coniomycetes zijn sporevormende plantjes zonder vruchtlichaam, Hyphomycetes sporevormend op een vlokkig weefsel, Gasteromycetes hebben vruchtlichamen met interne sporevorming en Hymenomycetes met externe. Natuurlijk wilde Fries de kosmische harmonie in zijn systeem tot uiting brengen en dus werd elke klasse weer in vier orden verdeeld, en daarna elke orde in vier hoofdgroepen, genera.

In elk genus laten zich drie *radii* onderscheiden, uitstralingen van het *centrum* dat het genus bij uitstek karakteriseert, zodat elk genus weer uit vier componenten is samengesteld. De *radii* zijn toenaderingen tot de *radii* van andere hoofdgroepen of genera (in de-

zelfde of in andere orden). Het systeem van de Fungi is dientengevolge een door Fries zorgvuldig onderzochte en uitgewerkte samenhang van verwantschappen, kristalzuiver symmetrisch gebouwd. Met affiniteit bedoelt Fries verwantschap binnen een genus en met analogie overeenstemming, convergentie, met andere groepen.

Het systeem van Fries is een parafrase van een Darwinistische systematiek, een concept dat echter transformisme afwijst (Fries verzette zich levenslang tegen Darwinistische theorieën). De levende natuur moet vitalistisch en mechano-materialistisch begrepen worden (*generatio spontanea*) en tegelijkertijd spiritueel.

Gaandeweg wijzigde Fries zijn eerste systeem en richtte het meer naar empirische bevindingen dan naar idealistische bespiegelingen. Aan de vier klassen werden twee nieuwe toegevoegd (*Epicrisis Systematis Mycologiae*; 1836–1838), mede een gevolg van Persoons inzichten. Ainsworth, wiens samenvatting van Fries' werk mij zeer van pas kwam, wees erop dat Fries zijn blijvende verdienste vooral rust op het werk over Hymenomyceten. Zijn feitenkennis stelde hem in staat in *Systema* en *Elenchus* bijna vijfduizend soorten fungi kort en goed te omschrijven. De kleur van de sporen paste Fries toe als een belangrijke richtlijn voor de afzondering van reeksen soorten (van *Agaricus*).

Hymenomycetes Europaei (1874) bevat de beschrijving van 1860 soorten (20 genera) en een voorbericht dat Fries op zijn tachtigste verjaardag schreef. De internationaal erkende wetenschappelijke naamgeving aan alle Fungi voor zover die niet op Persoons werk steunt begint met Systema I, op 1 januari 1821, de voor dat boek gekozen verschijningsdatum. De fundamentele scheiding tussen Basidio- en Ascomyceten die Leveillé aanwees, heeft Fries niet erkend.

J.H. Leveillé (1796, Crux-la-Ville (Nièvre) – 1870, Parijs), zoon van een legerarts, werd hoogleraar in de medicijnen in Parijs. Geen 19e-eeuwer hanteerde – na Micheli – de microscoop bij het onderzoek van de Fungi zo bekwaam als hij.

Zijn Recherches sur l'Hymenium des Champignons mocht pas na goedkeuring door een commissie (Brongniart, Guillemin en Decaisne) in de Annales des Sciences naturelles (Botanique) worden afgedrukt (1837); er waren in dat artikel verdacht veel vernieuwingen. De term basidium, waar de Basidiomyceten hun naam aan ontlenen, werd ingevoerd voor een kenmerk van de eerste rang. Drie hoofdafdelingen onderscheidt men: die met basidiën, die met asci en de groep die deze organen beide mist. De derde groep omvat zwammen met 'clinodes', organen die uitwendig sporen vormen maar géén basidiën zijn, en zwammen met cysten, inwendig sporevormend maar niet in asci.

Considérations mycologiques (1846) bevat Leveillé's conclusies over de systematiek van de Fungi, de verder gedetailleerde uitwerking van zijn aanloop van 1837. Vooreerst de Basidiosporés (waar de Slijmzwammen ook toe gerekend worden) en de Thécosporés (de *Ascomycetes* van tegenwoordig; Leveillé noemde de asci *thecae*). De derde klasse is Clinosporés, dit zijn fungi met gebundelde zwamdraden (clinodes) die op de uiteinden sporen dragen. Tot de Clinosporés behoren onder meer de brandzwammen en de roesten. De vierde klasse is Cystosporés (de Mucor-achtigen, sporen in kapsels aan de top van zwamdraden), de vijfde klasse is Trichosporés (sporen uitwendig aan zwamdraden) en de zesde klasse Arthrosporés (sporen in snoeren; *Aspergillus, Penicillium* en verwanten).

Voor het merendeel hebben Leveillé's onderscheidingscriteria zich tot in onze dagen gehandhaafd. Morfologie en levenscyclus zijn de grondslagen voor Leveillés systeem. Na Darwins Origin leiden gedachten over fylogenie elke rangschikking en die systemen blijven hier buiten bespreking.

A.K.J. Corda (1809–1849) was wees voor hij een jaar oud werd en ontving een wisselvallige scholing, waarna hij door Von Sternbergs (XII.31) voorspraak Kustos aan het Boheemse Nationale Museum werd (1835). Zowel aan de paleontologie als aan de mycologie heeft Corda bijgedragen: *Icones Fungorum*, een zesdelig plaatwerk en Prachtflora der Europäischer Schimmelbildungen (1839). Het zijn studies van meestal nieuw ontdekte soorten. Begaafd was Corda zeker, zowel als tekenaar en als onderzoeker, maar naar de mening van sommigen liet hij zich soms te gewillig door zijn fantasie leiden. Nog slechts veertig jaar oud verongelukte Corda tijdens een schipbreuk in de Golf van Mexico.

De gebroeders Tulasne, Louis René (1815, Azay-le-Rideau – 1885, Hyères) en Charles (1817, Azay-le-Rideau – 1884, Hyères) behoren in een samenvatting van de mycologie tot Darwin vermeld te worden. L.R. studeerde rechten in Poitiers, Ch. medicijnen in Parijs. Zij waren in goede doen en werkten samen, aan fungi en aan lichenen, sinds 1839 in Parijs, L.R. als aide-naturaliste aan het Muséum en, zo verzekert M. Chadefaud in zijn overzicht van de Franse mycologie (Hist. Bot. France, Davy de Virville; 1954: 225):' tous les deux demeurèrent célibataires, partageant leur vie entre la science, la réligion chrétienne et la charité'.

Terwijl hij deelnam aan het onderzoek dat Louis René verrichtte, illustreerde Charles. Het zijn tekeningen die nauwkeurig afbeelden en tegelijk de verwondering over het leven dat fungi eigen is, overbrengen.

De Tulasnes stelden de scheidingslijn tussen Basidiomycetes en Ascomycetes, die Leveillé aangewezen had, op de proef. Truffels (*Tuberaceae*) bezitten bijzonder gebouwde basidia, constateerden de broeders (1851), en we moeten daarom deze Thecasporés van de Basidiosporés afzonderen (*Fungi hypogaei*). Deze aanzet werkte L.R. Tulasne verder uit door de vondst dat de basidiën van Trilzwammen (Trémellinées) weer anders gebouwd zijn (1853) en met deze gegevens als uitgangspunt kon N.T. Patouillard (1854–1926) de Basidiomyceten indelen als Heterobasidio- en Homobasidiomycetes (Les Hyménomycètes; 1887).

Baanbrekend onderzoek verrichtte L.R. Tulasne ter ontwikkeling van Persoons grotendeels intuïtieve besluit, dat drie verschillende genera, *Puccinia, Uredo* en *Aecidium*, tot één groep organismen behoorden, de *Uredineae*. Het gelukte Tulasne experimenteel aan te tonen dat zogenaamde *Puccinia*-soorten en *Uredo*-soorten fasen zijn in de levenscyclus van één roestzwam en dat *Aecidium* en *Aecidiolum* in dezelfde soortrelatie staan. Deze ontdekkingen stelden H.A. de Bary (1831–1888) later (1866) in staat te bewijzen dat alle vier genera fasen gepaard aan gastheerwisseling van dezelfde parasiet zijn, één mycelium in vier levensvormen.

De microscoop werd in handen van de Tulasnes een instrument dat de weg naar fundamentele ontdekkingen baande;het werd bevestigd door hun bijdragen aan de kennis van de lichenen.

Na Darwin en met De Bary begon de moderne, systematische mycologie. Overzichten schreef, behalve de reeds genoemden, P. Vuillemin (1861–1932), hoogleraar te Nancy. Hij analyseerde de historie van de fungi scherpzinnig (Les Champignons, Essai de Classification; 1912), terwijl, van zijn hand een opmerkelijke reeks korte artikels verscheen in Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde (1965–1975). G. Lindau et P. Sydow compileerden *Thesaurus Litteraturae Mycologicae et Lichenologicae* in 5 delen tussen 1905–1915, voortgezet met een vierdelig '*Supplementum*' 1911–1930 door R. Ciferri, dat pas verscheen van 1957–1960. Tenslotte noem ik van G.C. Ainsworth zijn Introduction to the History of Mycology (1976) als een gemakkelijk bereikbare, rijke bron van informatie.

26. Korstmossen

A.L. von Krempelhuber (1813–1882), königlicher Salinen- und Forstmeister te München, schreef over de korstmossen van Beieren en van de Stille Zuidzee en een driedelig Geschichte und Litteratur der Lichenologie (1867, 1869, 1872). Hij onderscheidde zeven perioden in de geschiedenis van de korstmossen. Evenals A.L. Smith (1854–1937), die als medewerkster in de botanische afdeling van het Britse Museum in 1921 een uitstekende monografie over Lichens publiceerde (herdruk in 1975), noteer ik hoofdzaken volgens die rangschikking (met minder voorkeur voor de Britse onderzoekers). Vooraf wijs ik nog op V.J. Grummann (1898–1967), die met zijn Biographisches-bibliographisches Handbuch der Lichenologie (1974) de lichenenliteratuur volstrekt toegankelijk maakte.

Naar korstmossen verwees Theofrastos, die verklaarde (*Peri Fytoon Historias* III, viii 6): 'alleen Aigiloops [*Quercus cerris*, Moseik] draagt wat sommigen *faskon* noemen. Het lijkt op vodden, is grijs, ruig (*trachu*), hangt omlaag, een halve meter lang, zoals een sliert linnen. Dit groeit uit de schors (*ek to floiou*) en niet uit de knop vanwaar de eikel (*balanos*) ontspringt, en het groeit ook niet uit een okselknop maar het hangt aan de zijden van de hogere takken. De zee-eik [Haliphloios,? *Quercus coccifera*] draagt het ook, 'maar dit is zwartachtig en gedrongen.'

Niets pleit tegen de opvatting dat Theofrastos *Usnea barbata* en een *Parmelia*-soort bedoelde. *Faskon* kreeg geen toegang tot de wetenschappelijke botanie en *leichèn* – een woord dat hij elders in zijn geschriften gebruikte en zowel mos als korstmos kan betekenen – daarentegen wel. Het werd het stamwoord voor wetenschap der korstmossen, lichenologie. Historisch werd de voorkeur voor leichèn bevestigd, want tot de 17e eeuw werden korstmossen, bladmossen en levermossen niet of nauwelijks onderscheiden. Het lakmoes-korstmos, *Roccella tinctoria*, vermeldt Theofrastos als *pontion fykos* (*Peri Fytoon Hist.* IV, vi 5); hij kende het van de rotsen in het noorden van Kreta.

Dikwijls vermeldde Plinius *sphagnos* en *bryon* die aan eikebomen gehecht zijn. Sommige worden wegens hun weldadige geur in zalven verwerkt en terwijl zij zelf een boomschurft (*scabies*) zijn, hebben ze geneeskracht. Tegen de huidziekte die lichen heet is het gelijknamige lichen het beste middel. De Grieken, zegt Plinius, noemen een verontreiniging op de schors van pruimebomen (*limus arborum*) lichen en voor hem zijn *sphagnos*, *sphacos*, *bryon* en *lichen* één groep, begroeiingen van schors en rotsen. Voor Dioskorides zijn *splachnon* en *lichen* gelijk (*Peri Hyles Iatr.*; II.16, IV.10). Unaniem houden de Griekse en Romeinse auteurs *Roccella* voor een (zee)wier; begrijpelijk, want dit korstmos heeft een wierachtig uiterlijk en het groeit vlak aan zee op niet zelden overspoelde rotsen.

Medisch nut had in de 16e eeuw aanleiding gegeven voor enige aandacht aan korstmossen. *Usnea* heet in de jaren dertig *Muscus arborum*, boommos (niet baardmos). Weldra waren overal in de kruidboeken verwijzingen te vinden naar bij voorbeeld *Sticta* 'pulmonaria', *Cladonia*, *Lobaria*, *Evernia* en *Cetraria*, o.a. bij Jean du Ruel (1479–1537), lijfarts van Frans I. In zijn *De Natura Stirpium Libri Tres* (1536) toonde hij zich een kenner van Dioskorides en vatte hij de plantkunde overzichtelijk samen met behulp van ruim 700 plantesoorten waartussen enige korstmossen. Van de vakbroeders in de 16e en 17e eeuw hebben sommigen wat meer aan lichenen gedacht dan anderen: op het vasteland De l'Obel, Dodoens, Colonna en de Bauhins, in Engeland Parkinson (Herball). Hij noteerde *Lichen arborum sive pulmonaria*, *Lichen petraeus tinctorius (Roccella)*, *Muscus arboreus (Usnea)*, *Corallina montana* en *Muscus pixoides* (1640).

De inval van Morison, om de korstmossen met *Musco-fungus* aan te duiden ter onder-

scheiding van algen, levermossen en bladmossen (1699), verdient zeker aandacht. De tweede editie van Rays *Synopsis* (1696) was voorzien van een *Appendix*, bestemd voor de cryptogamen, die Samuel Doody, apotheker-beheerder van de geneeskruidentuin in Chelsea, samengesteld had. Doody vermeldde een aantal korstmossen.

Hans Sloane (1660–1753), een Ierse leerling van De Tournefort werd in Frankrijk arts na studie in Montpellier en begon onmiddellijk daarna (1684) in Londen samen met Sydenham een medische praktijk. Als lijfarts begeleidde hij de gouverneur van Jamaica naar de Antillen en reisde daar als verzamelaar (1688–1689). Later, na zijn dood, werden zijn natuurhistorische kabinet en boekerij in 1759 het begin van het Brits Museum. Het verslag van zijn reis naar Jamaica – het eerste belangrijke boek over de levende natuur in West-Indië – verscheen in twee delen (1707 en 1725). Sloane berichtte onder meer iets over korstmossen van Jamaica en op kinabast, geïmporteerd uit Zuid-Amerika, maar niets van belang, even weinig als zijn vriend J. Petiver (c. 1658–1718). Sloane had zijn Chelsea-tuin aan het apothekersgilde geschonken en Petiver werkte, als apotheker, opnieuw mee aan het welzijn van de planten. In 1712 had hij enig nieuws over Noordamerikaanse korstmossen (*Pteri-graphia Americana*). In Groot Brittannië vorderde de lichenologie nauwelijks, op het vasteland ging het wat beter, ofschoon zelfs De Tournefort nog een onnauwkeurig concept van de korstmossen had. Hij rekende een levermos (*Marchantia*), een bladmos en een varen tot Lichen, en enige korstmossen herkende hij niet en plaatste ze in andere genera.

De eerste Krempelhuberse periode eindigt in 1694 met de verschijning van Elémens. Aan het begin van de 18e eeuw (in de tweede periode) kende De Tournefort 44 korstmossen die hij als één genus *Lichen* bijeenvoegde. In 1700 (*Institutiones*) omschreef hij *Lichen* als planten die bloemen ontberen, maar in een ondiep komvormige vrucht zeer fijn stuifmeel of zaad voortbrengen dat onder de microscoop ongeveer bolvormig is. Linnaeus handhaafde meer dan vijftig jaar later *Lichen* volgens De Tournefort onverkort.

In Duitsland werkte H.B. Rupp(e) (1688–1719), die heel jong stierf en van wie ik niets naders weet dan dat hij in de streekflora rond zijn woonplaats (*Flora Jenensis*; 1718) 25 lichenen kon vermelden. J.C. Buxbaum (1693–1730) wist in 1727 (*Enumeratio... Halensi*) en in 1728 (*Plantarum... Centuria* I, II) van 49 verschillende korstmossen en Vaillant in zijn flora rondom Parijs kende er 33. Engeland bleef achter. Dillenius kwam in 1741 (*Historia Muscorum*) niet verder dan het opnoemen van drie korstmosgenera (*Usnea*, *Coralloides* en *Lichenoides*), die hij niet van de bladmossen afzonderde. De vorm van het thallus was voor Dillenius het criterium voor de systematiek. Hij dacht (zoals De Tournefort) dat de apotheciën zaadkommetjes waren en de soredia stuifmeel.

Met Micheli's *Nova Plantarum Genera* (1729) begint de derde periode. Weliswaar geloofde Micheli dat de soredia zaden waren, maar zijn vergissing is vergefelijk, want hij vulde Malpighi's waarneming van de soredia (1686) – zaden volgens Malphigi – aan door de vaststelling dat inderdaad nieuwe thalli zich uit de soredia kunnen ontwikkelen. De apotheciën mochten, zei Micheli, met een zaadzettende bloem (*receptaculum floris*) vergeleken worden. Hij zag de ascosporen en achtte ze aan bloemen gelijk. Fraaie afbeeldingen begeleidden Micheli's omschrijving van de 38 'orden' lichenen, waarin 314 soorten zich lieten rangschikken.

Haller verwees de 160 Zwitserse soorten korstmossen die hij kende (*Enumeratio Stirpium Helvetiae*; 1742) naar 7 orden. In 1768 besloot hij tot 10 orden (*Historia Stirpium... Helvetiae* III). Een stapje voorwaarts was zijn verklaring dat korstmossen geen herkenbare bloemen, bladeren, of meeldraden hebben: zij planten zich door *corpuscula* voort.

De lichenen, een waardeloos uitschot (*rustici pauperrimi*), zullen samen één genus zijn, één *Lichen*, besloot Linnaeus en oordeelde in 1753 dat de 80 soorten die het genus herbergde, in negen secties konden worden ingedeeld. Alle tezamen behoren zij tot de Algen. Smith (1921) en Möbius (1937) bespeurden in de volgorde van de secties Linnaeus' gevoel voor een voortschrijdende ontwikkeling van korstige, gelobde thalli naar draadvormige. Apotheciën, meende Linnaeus, zijn ♂ en sorediën ♀ organen.

De nieuwe classificatie die de Kieler hoogleraar G.H. Weber voorstelde zag Krempelhuber als het begin van de vierde periode in de korstmossenhistorie. Als bestanddeel van Linnaeus' *Cryptogamia* stelde Weber een Orde op, de *Aspidofera*, en deelde hem in. Acht genera mag men onderscheiden, vier daarvan met een onaanzienlijk, en bros thallus en opvallende vruchtlichamen, en vier met een sterk ontwikkeld thallus (Wiggers' *Primitiae Florae Holsaticae*; 1780).

In Engeland betrachtten de lichenologisch geïnteresseerden een vaste trouw aan Linnaeus' rangschikking, met uitzondering van dominé R. Relhan (1754–1823). Deze accepteerde in de 1820-editie van zijn *Flora Cantabrigiensis* (1785) het systeem van Acharius; dat was al halverwege de vijfde periode en het onderstreept de beweginloosheid van de Engelse korstmossensystematiek tot Darwin. De oprichter van de Linnean Society of London (1788), J.E. Smith, schreef English Botany (1790), waar James Sowerby (p. 998) veel korstmossen in afbeeldde, maar kon hij nog niets beters aanbieden dan Linnaeus' *Lichen*.

Op het vasteland daarentegen ontwikkelde de lichenologie zich voortdurend. Uit verre windstreken kwamen gaandeweg steeds meer korstmossen naar West-Europa. O. Swartz beschreef ongeveer twintig korstmossen die hij op zijn reis (1783–1787) door de Westindische Archipel verzameld had (*Nova Genera*; 1788, *Observationes*; 1791). R.L. Desfontaines bracht uit Noord-Afrika materiaal mee, op zijn keurige manier verzameld en bewerkt (*Flora Atlantica*; 1798–1800).

De vijfde periode werd op initiatief en onder leiding van Acharius een tijd van snelle ontplooiing van de lichenologie, die de status van een autonome discipline binnen de botanie bereikte. E. Acharius (1757, Vadstena, Mälar Meer, Zweden – 1819, ibid.) was de laatste van Linnaeus' leerlingen die, na studie in Uppsala (1773–1776), een verhandeling in de reeks *Amoenitates Academicae* onder Linnaeus' leiding presenteerde (over *Hydnora*, *Planta aphyteia*; 1776). Acharius vestigde zich als arts in zijn geboortestreek en bleef er tot zijn dood. Drie publikaties ondersteunen zijn reputatie: *Methodus qua Omnes Detectos Lichenes* (1803), *Lichenographia Universalis* (1810) en *Synopsis Methodica Lichenum* (1814). Termen zoals apothecium en thallus en vele andere maakte hij (*Methodus*).

Een proefworp was Acharius' indeling van de korstmossen volgens korstvormers, bladachtigen en stengelachtigen (*Lichenographiae*; 1798), een indeling die vanwege praktische bruikbaarheid lang werd gevolgd. In 1803 voerde Acharius de bouw van de apothecia als hoofdkenmerk in, terwijl het thallus-uiterlijk nog slechts als sectie-kenmerk van betekenis bleef. Het was een ingrijpende correctie van het werk van zijn leermeester, want Linnaeus onderscheidde ongeveer 80 soorten *Lichen* en rangschikte ze volgens thalluseigenschappen; het werd zojuist vermeld. Acharius' slotsom (1814) was het indelen van de familie Lichenes in vier classes, drie met en één (Athalami) zonder apotheciën, te weten:

- Idiothalami,
- Coenothalami,
- Homothalami,
- Athalami.

De Idiothalami hebben apothecia die in kleur en weefsel van het thallus verschillen (er zijn drie orden). Het thallus van de Coenothalami neemt deel aan de vorming van de apotheciën (drie orden). Apotheciën van Homothalami zijn geheel uit thallusweefsel gevormd (twee orden). Vervolgens onderscheidde Acharius 41 genera, die in sommige gevallen verder verdeeld werden in secties.

Kenmerk voor lichenen is een tweeledige wijze van natuurlijke vermeerdering, door *propagula* (een naam die Acharius later door *soredia* verving) en door sporen (uit de apothecia).

Zo emotioneel zou Acharius betrokken zijn geweest bij het lichenenonderzoek dat, toen G. Wahlenberg, hoogleraar in Uppsala, hem een grote collectie Spaanse lichenen toestuurde, hij van opwinding ziek werd en binnen enkele dagen stierf. Ik citeer de anekdote, omdat in de historie gewoonlijk dergelijke berichten de betekenis van leidende onderzoekers onderstrepen. Acharius' werk beïnvloedde zijn tijdgenoten en die daarna kwamen. Met uitzondering van zijn landgenoot C.A. Agardh in Lund die, naturphilosophisch bevlogen, in 1820 verzekerde dat *Nostoc muscorum* var. *lichenoides* (een blauwwier) in *Collema limosum* (een korstmos) placht te veranderen.

A.P. de Candolle behandelde de lichenen in Lamarcks Flore Françoise II (1805) en volgde grotendeels Acharius' meningen. In Engeland accepteerden S.F. Gray, die in Londen botanie doceerde, en zijn zoon J.E. Gray, zoöloog, werkzaam in het Brits Museum, Acharius' systematiek in Natural Arrangement of British Plants van 1821. Ook W.J. Hooker paste het, samen met zijn tekenaar Sowerby, toe in *Flora Scotica* (1821) en Supplement to English Botany (1831). In hetzelfde jaar verscheen E.M. Fries' *Lichenographia Europaea Reformata*. Fries die weliswaar conservatief en naturphilosophisch was gestemd, wilde angiocarpe en gymnocarpe korstmossen onderscheiden (angiocarp en gymnocarp zoals bij de fungi, zoals bij de bloemplanten) maar nam voor het overige toch Acharius' systeem als leidraad aan.

Nadat D.H.F. Link de thallusstructuur nader in beschouwing had genomen (Grundlehre; 1807), wenste Agardh in zijn *Dissertatio* (1820) eveneens meer aandacht voor de bouw van het thallus en K.F.W. Wallroth (1792–1857), de arts in Nordhausen die al naam als algenkenner gemaakt had, verhelderde de kennis van de thallusbouw aanzienlijk. Hij vestigde de aandacht op het feit dat de kleurloze thallusdraadjes zo sterk op schimmeldraadjes, op mycelium gelijken. De groene, kogelronde cellen daartussen zijn voortplantingscellen, *gonidia*. Als de groene cellen gelijkmatig in het hele thallus voorkomen wil Wallroth het thallus *homoiomeer* noemen, zo niet, dan *heteromeer*. *Gonidia*, vervolgde Wallroth, hebben het uiterlijk van eencellige algen, zoals ook op boomschors aangetroffen worden. Dit zijn verstotelingen, niet in staat een nieuw thallus te vormen. De vermeerdering van korstmossen door sporen is echter ook mogelijk, meende Wallroth (Naturgeschichte der Flechten; 1825, 2 delen). Terzelfdertijd (1825) vernamen G.F.W. Meyers' (1782–1856) lezers dat korstmossen door *generatio spontanea* ontstaan (Meyer zei: door *generatio originaria*).

G. de Notaris (1805, Milaan – 1877, Rome), hoogleraar in Florence, kwam na vergelijkend onderzoek van de korstmossporen tot belangrijke conclusies. Hij vond dat in sommige genera de sporen van de soorten onderling niet of weinig verschillen in uiterlijk, maar dat in andere verschillend gevormde, gekleurde of gebouwde sporen voor komen. Aan de hand van zulke spore-verschillen stelde De Notaris nieuwe genera op, terwijl kleinigheden (maatvariaties en dergelijke) tot het omgrenzen van soorten konden bijdragen. De systematiek van de korstmossen gekoppeld aan spore-eigenschappen bleek een zeer waar-

devolle vernieuwing te hebben ondergaan en daarom mag Frammenti Lichenografici in 1846 het begin van de zesde periode zijn (Giorn. Bot. Ital. II).

L.R. Tulasne's onderzoek kwam ter sprake. Zijn methode om een kiemende spore te volgen met behulp van de microscoop om de verschillende levensvormen na te gaan die uit één mycelium kunnen ontstaan, paste hij ook toe in de lichenologie (Mém. pour Servir... Lichènes; 1852). De kleurloze draden in een korstmosthallus zijn hyfen, schimmeldraden en, meende Tulasne, de groene cellen in zo'n thallus voedingsorganen, die zijdelings of terminaal aan de hyfen ontstaan. Toen het hem gelukte gonidia uit thallus van o.a. *Verrucaria muralis* en *Lecanora* op gepolijste zandsteen uit te zaaien en hij waargenomen had hoe een fijndradig, cellig mycelium naar alle richtingen (subtiel, septaat, radiair) uit zulke sporen groeiden vond zijn opvatting veel bijval.

De anatomie van de apotheciën en de peritheciën is voor de systematiek zeer belangrijk. Dillenius had al in 1741 zwarte stipjes op korstmossen gesignaleerd en Tulasne noemde de stipjes op de thalli, die bij sterke vergroting holtetjes *conceptacula* blijken te zijn, *spermagonia*, omdat hij ze voor ♂ oganen hield. De sporeachtige cellen in de spermagonia zijn niet-beweeglijke *spermatia*. Ze zijn, verzekerde Tulasne, niet uitsluitend bij korstmossen te vinden, maar bij voorbeeld ook bij roestzwammen (Note sur l'Appareil Reproducteur; 1851). Bovendien zijn er *pycnidia*, waarin stylosporen zich ontwikkelen, die wat grotere afmetingen hebben dan spermatia en bovendien oliedruppeltjes (*guttulae*) bevatten.

W. Nylander (1822, Uleaborg - 1899, Parijs) een Fin, wijdde zich van jongs af aan de studie van de korstmossen. Hij studeerde korte tijd in Parijs (1848). In 1852 publiceerde hij in zijn *Conspectus* van de flora van Helsingfors (Act. Soc. Sci. Fenn. III: 62) een lijst van de korstmossen. Daarna volgde een formidabele hoeveelheid artikels en boeken, zodat bijna 200 titels op zijn naam staan.

Zes jaar werkte hij als hoogleraar in Helsingfors (1857–1863), daarna nam hij ontslag en vestigde zich in Parijs waar hij tot zijn dood bleef. Hij bezocht Londen om Hookers korstmossen te zien en zijn herbarium bleef te Helsingfors bewaard.

Twee studies van algemene aard zijn Essai d'une Nouvelle Classification des Lichènes (1854–1855) en een tweedelige *Synopsis Lichenum* (1858–1860, 1885). Het systeem dat hij in Essai voorstelde, bleef hij levenslang trouw.

Lichenen, zei Nylander, zijn zowel wier- als zwamachtig. Men onderscheidt drie families: *Collemacei*, *Myriangiacei* en *Lichenacei*. De Collemacei benaderen de algen het meest en ze zijn door blauwgroene gonidia gekenmerkt.

Thans is bekend dat de Myriangiaceae bij voorbeeld parasieten op schildpadluizen zijn en dat ze dientengevolge dikwijls op planten aangetroffen worden. Ze behoren tot de ware Ascomyceten (en dus niet tot de korstmossen). De Lichenacei, verreweg de grootste familie, omvat volgens Nylander 6 series. De hoogst ontwikkelde korstmossen hebben een sterk ontwikkeld bladvormig thallus; stengel- en draadvormige korstmossen zijn minder ontwikkeld en het meest nabij de Fungi staan de *Pyrenocarpei* (met gesloten vruchtlichamen).

In relatie met thalluseigenschappen, de gonidia en de vruchtlichamen (spermogonia, pycnidia) moet een korstmossensysteem geconstrueerd worden; soortkenmerken zijn bij ascosporen niet te vinden. Chemische reacties daarentegen van thallusweefsel (zoals verkleuringsproeven) zijn een doelmatig hulpmiddel om lichenen te identificeren, ontdekte Nylander (1866; Flora XLIX: 198–210).

Meer dan 3000 nieuwe soorten werden door Nylander beschreven, uit Europa en daarbuiten, uit India, Nieuw-Zeeland, Japan en Zuidoost-Azië (Sri-Lanka). De abbé A.M.

Hue, een voortreffelijke lichenoloog en leerling van Nylander, bundelde al dit beschrijvende werk in twee delen (1886, 1892).

Schwendeners lichenenleer – die in 1867 het begin van Krempelhubers zevende periode zal worden werd door Nylander hartstochtelijk verworpen. Al wie met hem in een goede vriendschappelijke of wetenschappelijke relatie wilde blijven, was verplicht zich anti-Schwendeneriaan te verklaren. Tot 1873 werkte Nylander in het Parijse korstmossenherbarium met nooit aflatende ijver rangschikkend, annoterend en identificerend, maar toen hij vernam dat de collega's in Parijs Schwendeners conclusies steunden, verliet hij het gebouw en keerde er nimmer terug. Hij stierf vereenzaamd in 1899. Zelfs met Hue wilde hij geen contact meer hebben na 1894, toen deze Schwendeners korstmosinterpretatie als de juiste erkend had.

De laatste verdediger van korstmossenonderzoek met hulpmiddelen die de natuur beschikbaar stelde – het gezonde verstand en het blote oog – is L.E. Schaerer, die drie klassen lichenen onderscheidde volgens het uiterlijk van het thallus:
- *Discoidei*,
- *Capitati*,
- *Verrucarioidei*.

Tien orden (o.a. *Usneacei*) vormen de Discoidei. Ze hebben zittende, open vruchtlichamen. De Capitati (o.a. *Cladoniacei*) zijn in te delen in drie orden met gesteelde vruchtlichamen en de *Verrucarioidei* (o.a. *Verrucaria*) eveneens in drie orden met gesloten vruchtlichamen. Steriele lichenen – zover bekend zonder vruchtlichamen – zijn *Crustacei* en *Fruticulosi*, terwijl de geleiachtige lichenen een *Corollarium* zijn, vertegenwoordigd door het genus *Collema*. Schaerer volgde Wallroths opvattingen over soortonderscheiding (p. 1007) door spermagonia-eigenschappen (Acharius' *Cephalopodia*). Het korstmossenonderzoek van Schaerer (1823–1842) heet *Lichenum Helveticorum Spicilegium*.

G.C. Koerbers systeem van 1855 (*Systema Lichenum Germaniae*) steunt eveneens in hoofdzaak op Wallroths lichenologie. Koerber rangschikte lichenen in twee groepen, hetzij met blauwgroene gonidia (in overmaat), hetzij met heldergroene (1839; *De Gonidiis Lichenum*), terwijl homoiomeer en heteromeer bovendien een beslissende aanwijzing is. Angiocarpie en gymnocarpie verdelen de orden telkens in twee secties. In totaal vijf orden, drie ervan in een serie (*Heteromerici*), en de twee overblijvende *Homoiomerici*. De *Heteromerici* zijn de bossige *Thamnoblasti*, de bladachtige *Phylloblasti* en de korstige *Kryoblasti*. De *Homoiomerici* zijn *Gelatinosi* en *Byssacei*.

De hoogleraar in Verona, A.B. Massalongo (1824–1860), publiceerde in 1852 een systeem (Flora XXXV: 545–576) op grond van de eigenschappen van de sporen. Het had weinig succes, want de toespitsing op de sporen oordeelde men een te smalle basis.

De zesde periode eindigde met het systeem van Mueller-Argoviensis (Principes de Classification des Lichens). J. Mueller van Aargau (1828–1896) was conservator van het herbarium in Genève en directeur van de Botanische Tuin aldaar. Hij schreef, behalve over hogere planten, veel studies over korstmossen (1862–1892), maar voor de systematiek is de eerste, zojuist genoemde (Mèm. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève 16: 343–435) de belangrijkste. Mueller begreep dat de korstmossen gerangschikt konden worden in parallelle reeksen, vormen die onafhankelijk van elkaar tot vergelijkbare ontwikkelingen gekomen waren, zij het dat het eindpunt voor de een anders ligt dan voor de ander.

Lichenen zouden wellicht vormen van groen- of blauwalgen kunnen zijn die door parasitaire zwammen aangevallen werden, dacht H.A. de Bary in 1866 (Morphologie...),

maar de hoogleraar in de plantkunde te Bazel, S. Schwendener (1829–1919), deed dadelijk daarna een andere opvatting aan de hand die echter allerminst vriendelijk ontvangen werd (1867). Hij hield een lezing over de bouw van het korstmos-thallus en verklaarde op grond van veel onderzoek dat hij onder leiding van Naegeli (VII.24) had verricht (1860–1863: Naegeli's Beitr. Wiss. Bot., Leipzig), dat 'bij veel korstmossen een genetisch verband tussen gonidiën en vezels ontbreekt'. De vezels zijn 'zwamdraden die op algenvormingen woekeren'. Daarom zijn korstmossen geen organismen maar zwammen die in verbondenheid met algen groeien, terwijl de algen waardplanten zijn. Schwendener had enige alg- en schimmelsoorten als deelnemer aan de thallusbouw kunnen identificeren en het binnendringen van myceliumdraden in jonge Nostoc-cellen waargenomen. Krempelhuber wees deze opvatting (Verh. Schweiz. Naturf. Ges., Aarau 51: 88–89) als het begin van de zevende, de huidige periode aan.

Afsluitend kunnen nog bewijzen van Schwendeners leer genoemd worden. Allereerst gelukte het M. Reess, hoogleraar te Erlangen, in 1871 uit *Collema*-sporen en *Nostoc*-algcellen een korstmosthallus te kweken (Mon. Ber. Kon. Akad. Berlin). Kort daarna, in 1873, maakte de leidende algoloog in Frankrijk, E. Bornet (1828–1911), de haustoriën waarmee de schimmeldraden de algcellen binnendringen zichtbaar (1873; Rech. sur les Gonidies des Lichens). E. Stahl (1848–1919), leerling van De Bary en hoogleraar in Jena (1881–1919), kon uit drie soorten algen en schimmels drie korstmossen synthetiseren (1877; Beitr. Entwickelungsgesch. Flechten). G. Bonnier bracht gesynthetiseerde korstmosthalli (*Physcia parietina*) tot fructificatie en rapporteerde over zijn bevindingen van 1866 tot 1889 (Ann. Sci. Nat., Sér. 7), terwijl ten overvloede A. Möller in 1887 uit de schimmelsporen van een korstmos op een voedingsbodem een algvrij thallus kon kweken dat geen gonidiën vormde (Bot. Inst. K. Akad. Münster i. W.).

Möbius (1968:III) en Mägdefrau (1973: 147) noteerden het curiosum dat F.E.V. Elfving nog in 1913 volhield dat de algencellen in het korstmosthallus van het mycelium afkomstig zouden zijn. Elfving (1854–1942), sinds 1881 hoogleraar in de plantkunde te Helsingfors, hield staande dat hij door microscopische waarnemingen in allerlei gevallen kon vaststellen dat groene algvormige cellen zich van de schimmelhyfen afsnoeren. Zijn weigering zich door experimenteel bewijs te laten overtuigen is een treffende herinnering aan zijn voorganger te Helsingfors, Nylander.

De samenleving van alg en schimmel beschouwde J. Reinke, hoogleraar plantkunde in Göttingen, als een *consortium* (1873; Morphol. Abh.). De Bary wilde de relatie inniger zien, als een bij uitstek geslaagde symbiose (1879), terwijl Schwendener en daarna B. Nilson (1903; Bot. Notiser) betoogden dat de schimmel als een parasiet op de algen teert. In 1917 verzwakte K.O.W. Nienburg de tegenstellingen: vermoedelijk zijn de fysiologische relaties in thalli van verschillende korstmosgroepen niet alle dezelfde (Zeitschr. Bot. 9: 529–543).

De lichenensystematiek die zo nauw verbonden is met de fysiologie (fytochemie) blijft hier verder buiten beschouwing. Lichenologie werd in de 20e eeuw een belangrijke tak van botanisch onderzoek, van grote theoretische zowel als praktische betekenis. Het aantal beschreven consortiums, 'soorten', bedraagt misschien 15 000 en de handhaving van ca. 10 000 daarvan kan op den duur wenselijk blijken. Vele lichenologen willen de algen (fycobionten) en de schimmels (mycobionten) gescheiden bestuderen, volgens de voor algen en schimmels geldende taxonomie. Geldige korstmosnamen beginnen op 1 mei 1753, en nieuw te benamen korstmossen moeten een naam ontvangen in overeenstemming met

de schimmelcomponent.

De korstmosecologie is een hoofdzaak geworden in talrijke milieu-studies.

27. Linnaeus' volgelingen en geestverwanten

Een bespreking van het werk van Linnaeus' leer- en volgelingen moet hier tot een krappe keuze beperkt blijven; voor vollediger en meer bevredigende overzichten verwijs ik met voorrang naar Stearn (1957) en Stafleu (1971). De Linneaanse plantensystematiek (tot 1789) staat daar samengevat ter beschikking. Omdat Linnaeus' denkbeelden door zijn school niet noemenswaardig werden vernieuwd, kan met enige gegevens worden volstaan. Zijn geestverwanten (in de 18e en 19e eeuw) evenwel droegen dikwijls zoveel materiaal aan ten voordele van latere biologen, dat hun werk niet onvermeld mag blijven.

Boerhaave, de *communis Europae praeceptor* (VII.2, X.16), deed Linnaeus een formule voor systematische plantkunde aan de hand in zijn *Index Plantarum*, de catalogus van de Leidse Botanische Tuin (1710). De systematiek is '... het gedeelte van de natuurwetenschap dat in staat is op voortreffelijke wijze met heel weinig moeite planten te herkennen en in het geheugen vast te houden'. Linnaeus nam de definitie vrijwel letterlijk over. Enig eigenhandig botanisch onderzoek deed Boerhaave wel, indien men vier boekdelen goed geconserveerde planten die hij bijeenbracht zo wil beschouwen. Bovendien gaf hij zijn bijdrage aan de *Index Alter*, de tweedelige catalogus van 1720, toen de Leidse Hortus bijna 6000 soorten herbergde. Voor het systeem dat daarin wordt voorgesteld, volgde Boerhaave een middenweg, enerzijds De Tournefort, anderzijds Ray. Een- en Tweezaadlobbigheid waren voor Boerhaave gidskenmerken, maar overigens schikte hij zijn planten niet volgens een strenge methode. Hij onderzocht de meningen van anderen en behield wat hij het beste oordeelde, zoals Boerhaave dit in al zijn werk op ander terrein gewoon was.

Johannes Burman (1707, Amsterdam - 1799, ibid.) stamde van een Duitse familie, die in de vroege 16e eeuw van Keulen naar Holland was uitgeweken. De Burmans maakten het goed in hun nieuwe vaderland. Johannes werd, na de dood van zijn vader F. Burman, die hoogleraar-theoloog was in Utrecht, opgevoed bij zijn oom P. Burman, hoogleraar te Utrecht en te Leiden, alwaar Johannes bij Boerhaave medicijnen studeerde. In 1728 werd hij dokter in Amsterdam en tegelijkertijd belast met onderwijs in plantkunde te geven in de Botanische Tuin, in opdracht van F. Ruysch die als hoogleraar aan het Athenaeum Illustre verbonden was (p. 308). In 1738 werd Burman hoogleraar in Amsterdam.

De Botanische Tuin (*Hortus Medicus*) was onder leiding van Jan Commelin (1629–1692) en Caspar Commelin (?1667–1731) rijk voorzien (Wijnands, 1983) en Burman zette hun beleid krachtig voort. Hij nam het initiatief voor de eerste Botanische Tuin op Java (Batavia).

In 1737 verscheen zijn *Thesaurus Zeylanicus* en spoedig daarna *Rariorum Africanarum Plantarum Decades* I–X, een reeks van 100 plantgravures die H. Claudius maakte tijdens een verblijf aan Kaap de Goede Hoop in opdracht van N. Witsen, burgemeester van Amsterdam. De gravures zijn door Burman gerangschikt en van een bijschrift voorzien; Linnaeus' invloed is duidelijk aanwijsbaar. Onnodig het nauwkeurige verslag van Burmans werk hier te herhalen dat Stafleu gaf (1971: 163–169). Ik noteer slechts Burmans uitgave van Talrijk Register ... (1736–1748), de Nederlandse uitgave van *Phytanthoza Iconographica*, een plaatwerk dat de Regenburgse apotheker J.A. Weinmann (1683–1741) publiceer-

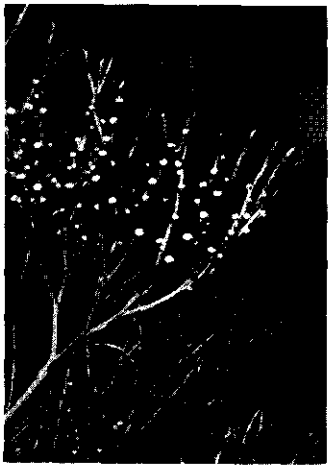


Fig. 82. *Psilotum nudum* (L.) Sw. Kleine, groene, heesterachtige plant die in tropisch Amerika zowel op de bosbodem als op de bomen kan groeien. De twijgjes dragen zittende, kleine, gegroefde gele bolletjes.

Fig. 83. *Psilotum nudum* (L.) Sw. Gapend sporekapsel na het vrijkomen van de sporen (Kas, Laboratorium voor Plantentaxonomie, Wageningen.)

O. Swartz verzamelde op zijn Zuidamerikaanse onderzoekingsreizen deze merkwaardige plant, die als een bladmos (*Muscus*) beschreven was. Hij had bij Linnaeus een dissertatie over mosachtige planten geschreven (p. 1016). Het 'stuifmeel', zo had Linnaeus Swartz geleerd, zou uit de driehokkige 'helmknoppen' vrijkomen, een ongehoorde morfologie, maar Linnaeus had daar nauwelijks op gelet. Charles Plumier had in zijn verhandeling over Amerikaanse varens (1705) van dit mos (*Muscus*) gewag gemaakt (Tract. Fil. Amer. tabel 170, figuur A.A.). Dillenius gaf in zijn mossegeschiedenis (*Historia Muscorum*) de voorkeur aan Wolfsklauwen en sprak van *Lycopodium*-achtig (*Lycopodioides*; 1741) als het de huidige *Psilotum* betrof. Linneaus maakte er voluit een Wolfsklauw van (*Lycopodium*; 1753). Swartz besloot de plant als een nieuw genus te beschouwen, niet zo maar een soort Wolfsklauw, en vestigde zodoende de aandacht op deze bijzondere groep, die niet tot de Zaadplanten behoort en ook niet als Wolfsklauwen kan worden begrepen. De discussie over de ware plaats van *Psilotum* Sw. in het plantesysteem duurt nog steeds voort.

de. De Duitse titel was Eygentliche Darstellung..., en 1025 platen verschenen, gebundeld als 8 delen van 1737 tot 1745. Dozijnen platen vervaardigde Ehret; zijn contact met Linnaeus staat vermeld in X.17.

Het standaardwerk voor de botanie van de Molukken werd en bleef *Herbarium Amboinense* (5 + 1 delen; 1741–1750, *Auctuarium* 1755) door G.E. Rumphius, dat voorzien van Burmans aanvullende commentaren en dank zij zijn inzet in druk verscheen. Rumphius (1628, Hanau - 1702, Ambon), koopman op Amboina namens de Verenigde Oostindische Compagnie, schreef het boek met meesterhand en Burman bewees de systematiek een uitnemende dienst door de publikatie (De Wit, 1959, 1977).

Plantarum Americanarum Fasciculi X is de uitgave van een keuze uit de platen die Ch. Plumier (1646–1704), een Franse franciskaan, als Botaniste du Roi in West-Indië getekend had. Burman zorgde voor de uitgave en zijn niet al te beste beschrijvingen vergezellen de platen. Overigens maakte Burman ook lijsten ter identificatie van de in *Herbarium Amboinense* beschreven planten (1755, 1769) en hij schreef een aantal kleinere verhandelingen. Hij was één van de eersten die de binomiale naamgeving volgens Linnaeus' voorschriften toepaste.

Nicolaas Laurens Burman (1733, Leiden - 1793, ibid.), de zoon van Johannes, promoveerde in zijn geboortestad op de systematiek van *Geranium* (1759). De verhandeling is geheel en al Linneaans. Na zijn promotie ging Nicolaas naar Uppsala om een paar maanden bij Linnaeus te gaan werken en vervolgens vestigde hij zich als arts in Amsterdam (1760), zodat hij beschikbaar was als assistent bij zijn vader (sinds 1769), die hij in 1780 als hoogleraar opvolgde. Intussen had Nicolaas zijn *Flora Indica* gepubliceerd (1768). Met Indië bedoelde Burman Oost- en West-Indië, Ceylon en India, en hij vond ook nog een onderkomen in zijn boek voor talrijke planten van buiten de tropen, uit landen tussen Canada en Kaap de Goede Hoop.

De *Flora Indica* bevat ca. 1300 soortbeschrijvingen en ruim 200 daarvan betreffen nog nooit eerder beschreven soorten. Het bestudeerde materiaal, door een tiental onderzoekingsreizigers ingezameld was merendeels in het bezit van de Burmans. Merrill schreef een gedetailleerde studie over het boek (1921; Philipp. Journ. Sci. 19: 329–388), en Stafleu een samenvatting (1971: 169). Een nauw contact bestond tussen Burman en Linnaeus, die de drukproeven ter inzage kreeg.

Burman voegde een *Prodromus Florae Capensis* met ruim 250 nieuw benoemde en beschreven soorten toe aan zijn *Flora Indica*, een bewijs van zijn ijverig onderzoek volgens Linneaanse voorschriften en van voordeel voor de technische ontwikkeling van de plantensystematiek van de tropen en van Zuid-Afrika. Het boek was echter geen blijk van vernieuwde inzichten en Burman zelf verouderde snel tot een slecht onderhouden façade. Na 1760 schreef hij vrijwel niets meer.

Linnaeus had zijn 'natuurlijke methode' in december 1750 bekend gemaakt (p. 942). Planten zijn wederkerig verwant (*affinitas*) en die verwantschap betreft de mate van overeenstemming tussen kenmerkpatronen van verschillende taxa. Deze grenzen aan elkaar zoals de landsgrenzen op een wereldkaart (*Philos. Bot., Aph.* 77). Het concept *scala naturae* is weliswaar herkenbaar door die gemeenschappelijke grenslijnen, maar van een rechtstreekse, eensporig opklimmende natuurreeks kan bij Linnaeus geen sprake zijn.

Bijna veertig jaar later vereenvoudigde P.D. Giseke Linnaeus' Aphorisme 77, zodat 'Alle planten tonen wederzijds nabuurschap, zoals een territorium op een landkaart' in de Naturphilosophische natuurleer paste (*Tabula Genealogico-geographica*; 1789). Giseke's tekening van concentrische cirkels, verschillend in middellijn om de graad van ver-

wantschap (= gelijkvormigheid) te verduidelijken, verscheen opnieuw in *Praelectiones in ordines naturales plantarum*, een bundel college-aantekeningen gemaakt tijdens Linnaeus' voordrachten en verrijkt met eigen bijdragen die Giseke in 1792 publiceerde. De bewondering en waardering die Linnaeus bij de Naturphilosophische systematici te beurt viel bespreek ik en tracht ik te verklaren op p. 1036 en 1040.

Allereerst nu een aantekening over het werk van zeven Zweden die zich verre hielden van metafysische bespiegelingen: Linnaeus' zoon, Loefling, Thunberg, Bergius, Acharius, Murray en Swartz.

Carl Linnaeus (1741–1783) nam zijn vaders ambtsbezigheden waar in de jaren zeventig, maar Linnaeus senior was weinig ingenomen met Carls werk en nog veel minder met zijn overige tijdspasseringen. Bij testamentaire beschikking liet hij zijn herbarium aan zijn vrouw na, onder voorwaarde dat zij Carl zou beletten het te gebruiken. Dit had tot gevolg dat de collecties zo zorgvuldig werden opgeborgen, dat ratten en schimmel vrij spel kregen. Toen Carl na jaren het materiaal ten slotte toch kon raadplegen, was het zo beschadigd dat een gedeelte moest worden weggedaan.

De Linnaeus-collecties werden gekocht door J.E. Smith (1759–1828) – na daartoe door Joseph Banks (1743–1820) aangespoord te zijn – toen Carl overleden was en toen de Zweedse regering blijk had gegeven geen prijs te stellen op de collecties. In oktober 1784 kwamen Linnaeus' gedroogde planten, boeken en manuscripten in Londen aan. Tot op de huidige dag heeft de Linnean Society aldaar ze voorbeeldig verzorgd, bewaakt en bestudeerd.

Mede door deze stimulans zette het plantensystematisch onderzoek in Engeland zijn opmars voort; de Linnean Society werd in 1788 opgericht en deze kocht Linnaeus' wetenschappelijke nalatenschap van Smiths erfgenamen in 1828. Overigens zijn kleine hoeveelheden van Linnaeus' planten in Uppsala, Stockholm en Parijs terecht gekomen.

Carl junior maakte na zijn studie in Uppsala een reis door West-Europa. Hij publiceerde *Supplementum Plantarum* (1781), een voortzetting van *Species Plantarum* samengesteld uit bijdragen van zijn vaders hand, van J.F. Ehrhart (1742–1792), van hemzelf en van nog anderen. Enige plantbeschrijvingen in W. Aitons *Hortus Kewensis* (1789) en een paar artikeltjes over planten in de Botanische Tuin van Uppsala completeren Carls botanische geschriften.

Pehr Loefling (1729–1756) studeerde bij Linnaeus en legde de proeve van bekwaamheid af met *Gemmae Arborum* (1749). Deze dissertatie heeft meer dan veel andere die Linnaeus' leerlingen onder zijn toezicht schreven (*Amoenitates Academicae*) de aandacht getrokken.

Loeflings *Gemmae Arborum* munt uit door rake vaktermen en beschrijvingen, maar de theoretisch-morfologische inhoud blijft het oude liedje. Bladeren en kelk komen uit de *cortex* voort, de bloemkroon uit het *floëem* (de kwetsbaarheid van bloembladen steunt die mening), meeldraden uit het 'hout' (*liber*) en de stamper uit het merg. Cesalpino had in 1583 hetzelfde schema opgesteld (p. 826). Als de meeldraden niet tevoren overmatig veel voedingsvocht verbruiken kan vruchtzetting plaatsvinden (zoals Theofrastos al had uitgelegd).

Omdat knoppen door hun vorm en bouw op bollen lijken (een gelijkenis die Cesalpino ook niet ontgaan was), wilde Loefling zowel knoppen als bollen *hibernacula* (overwinteraars) noemen. Vorm en structuur van de *hibernacula* (100 soorten werden onderzocht) laten zich correleren, zodat aan de hand daarvan planten kunnen worden geïdentificeerd,

een *methodus gemmarum*. De methode is een belangrijke toevoeging aan de *Methodus Naturalis*, want de knopkenmerken behoren ongetwijfeld tot het kenmerkenpatroon van de natuurlijke groepen, verzekerden Loefling en Linnaeus, en zij besloten dat de geschapen *scala naturae* (*catena naturalis*) hierdoor verduidelijkt wordt, let wel, in 1749, twee jaar vóór het verschijnen van *Philosophia Botanica* (X.16).

Stafleu (1971: 150) oordeelde *Gemmae Arborum* 'in many respects highly original'; dit moet worden begrepen, dacht ik, als een verwijzing naar Loeflings initiatief om knoppen nauwkeuriger dan voorheen te onderzoeken. Aantekening verdient, dat Linnaeus in een brief, een paar maanden later, juist deze noviteit noemt en kortweg meedeelt dat dit onderzoek zijn eigen werk was geweest.

Door schrijfwerk en discussies hielp Loefling Linnaeus enige tijd bij het persklaar maken van *Philosophia Botanica*. In 1751 vertrok eerstgenoemde naar het Spaanse hof, waar hij botanische excursies en lessen organiseerde en plantesoorten verzamelde die Linnaeus vroeger niet zorgvuldig bewerkt had. Een wetenschappelijke reis naar Zuid-Amerika (1754) eindigde met Loeflings dood in Venezuela (1756).

Linnaeus publiceerde in 1758 brieven van Loefling en zijn beschrijvingen van Spaanse en van Zuidamerikaanse planten in *Iter Hispanicum* (de Duitse vertaling volgde in 1766).

C.P. Thunberg (1743–1828) studeerde medicijnen – hij werd arts in 1772 – en plantkunde bij Linnaeus in Uppsala (1761–1770). Hij bezocht Holland en Frankrijk nadat hij een reisbeurs gekregen had. Te Amsterdam ontmoette Thunberg de beide Burmans (Johannes en Nicolaas Laurens). Dit was de aanleiding voor zijn terugkeer naar Amsterdam toen hij zijn stage in Parijs voltooid had. Vermogende Amsterdamse plantenliefhebbers stelden hem in staat naar Japan te gaan om planten bijeen te brengen voor de *Hortus Medicus* en voor hun privé-verzamelingen. Om Hollands te leren spreken en zodoende als Hollander te kunnen fungeren – anders zou hij niet in Japan worden toegelaten – bracht hij als eerste reisonderbreking drie jaar door aan de Kaap de Goede Hoop. Na nog een half jaar Java kwam hij augustus 1775 aan in Nagasaki. Veertien maanden later keerde hij naar Java terug, bleef weer een half jaar en ging in 1777 onder zeil naar Ceylon.

Na een half jaar op Ceylon planten verzameld te hebben, kwam hij via de Kaap in Amsterdam terug, bracht nog een bezoek aan Londen en arriveerde maart 1779 in Uppsala, waar hij op gezag van Carl Linnaeus junior al in 1777 als docent aan de Botanische Tuin benoemd was. Nu werd hij hoogleraar voor de medicijnen en de plantkunde als opvolger van Linnaeus *filius* (1784).

Als Thunberg's meest belangrijke publikaties gelden *Flora Japonica* (1784), vijf delen *Icones Plantarum Japonicarum*, 1794–1802) en *Flora Capensis* (1807). Dit laatste grondleggende werk werd voorafgegaan door *Prodromus Plantarum Capensium*.

Op voorbeeld van zijn leermeester liet Thunberg een reeks dissertaties op naam van zijn leerlingen verschijnen, getiteld *Nova Generum Plantarum* (1781–1801) en *Museum Naturalium Academiae Upsaliensis* (1791–1825). Samen met L. Winberg en Fr.O. Widmark maakte hij een kleine *Florula Javanica* (1825).

Thunberg was onvermoeibaar werkzaam, verzamelde, beschreef, onderwees en bleef Linnaeus' methode en systematiek levenslang trouw. Zijn collecties worden in Uppsala bewaard, maar enige door hem verzamelde planten zijn elders, o.a. in Leiden, Londen en Stockholm. In C.A. Backers Verklarend Woordenboek (1936) is een uitstekend overzicht van Thunbergs leven en werken te vinden.

P.J. Bergius (1730–1790) studeerde te Lund om te zijner tijd geestelijke of rechtsgeleerde te worden; hij werd arts. In 1749 ging hij naar Uppsala en zijn dissertatie verscheen een

jaar later: over de 'zaden' van de (blad)mossen.

Hij beschouwde de sporekapsels als helmhokjes, en de stengeltoppen van Haarmos, waar de antheridia en archegonia bijeen staan, als ♀ bloemen. Zulke opvattingen sloten aan bij die van enige Duitse tijdgenoten. Bladmossen en Varens beschouwde Bergius als één natuurlijke groep. Bergius verbeterde de Linneaanse cryptogamensystematiek zeker niet en het was maar goed dat hij in Stockholm een artsenpraktijk begon (1754). Het Collegium Medicum benoemde hem als hoogleraar voor de farmacie en de natuurlijke historie.

De medische praktijk stelde Bergius in staat fraaie botanische collecties en een boekerij samen met een legaat aan de Zweedse Academie van Wetenschappen na te laten, hetgeen tot de Bergius Stichting leidde (1791). Deze stichting financiert nog heden een leerstoel en tevens de Bergianska Trädgoarden, het onderkomen voor de Bergius-collecties en de bibliotheek. Naar verluidt is de deplorabele toestand waarin de collecties omstreeks 1950 verkeerden thans aanmerkelijk verbeterd.

Als verdienstelijke amateur en als de schrijver van een aantal Zuidafrikaanse planten (*Descriptiones Plantarum ex Capite Bonae Spei*) bleef Bergius in herinnering. Hij vernieuwde de taxonomie niet.

E. Acharius (1757–1819) studeerde bij Linnaeus in Uppsala; hij bezet een plaats in de geschiedenis van de botanie door zijn korstmossenonderzoek. Zijn werk kwam ter sprake op p. 1006–1007.

Als overgang naar de Duitse discipelen van Linnaeus kan J.A. Murray (1740– 1791) genoemd worden, die in Stockholm geboren werd, maar wiens naam Schotse voorouders aanduidt. Na een opleiding in Uppsala (1756–1759) ging hij naar Göttingen (doctorshoed in 1763). Hij doceerde daar medicijnen en plantkunde, van 1764 tot zijn dood. Murray verzorgde de 13e, 14e en 15e drukken van *Systema Vegetabilium* (het plantkundig gedeelte van *Systema Naturae*) en hield daarbij krampachtig vast aan Linnaeus' *Methodus Sexualis* (p. 941). Murrays zelfstandige botanische werk betekent niet veel, maar hij stelde een gewaardeerd handboek samen over geneesmiddelen, bedoeld om plantaardige artsenijen te identificeren (*Apparatus Medicaminum*; 1776–1789).

O.P. Swartz (1760–1828), geboren in Norrköping, richtte zijn aandacht voornamelijk op mossen en mosachtigen, maar had toch een veel bredere belangstelling. Twee belangrijke publikaties staan op zijn naam: *Nova Genera et Species Plantarum* (1788) en *Florae Indiae Occidentalis* (1797–1806). Swartz was een onverschrokken en verwoede verzamelaar. Op eigen kosten maakte hij lange verzamelreizen in Zweden, Noord-Amerika, West-Indië (Jamaica) en langs de kusten van Zuid-Amerika (1783–1786). Zijn collecties werden later de basis voor het Herbarium van het Stockholmse Naturhistoriska Riksmuseum.

Op de terugreis uit de tropen ging Swartz naar Londen om, samen met Jonas Dryander, een landgenoot, zijn planten te identificeren. Dryander was secretaris van Sir Joseph Banks – de beschermheer van de biologie die zojuist genoemd werd – en studerend in de collecties van Banks en van H. Sloane bleef Swartz ongeveer een jaar in Engeland.

Het beheer van het koninklijk naturaliënkabinet te Drottningholm (Stockholm) werd hem in 1789 toevertrouwd en een professoraat in Stockholm volgde in 1791. Zijn talrijke publikaties behandelen in meerderheid Cryptogamen en orchideeën.

Op zijn Zuidamerikaanse excursies had Swartz merkwaardige Cryptogamen gevonden, die sinds 1705 als *Muscus frutescens fructu tricapsulari* bekend stonden. Deze naam: 'struikvormend mos met een driehokkige vrucht' heeft hoogstwaarschijnlijk Swartz' belangstelling gewekt (wie door Linnaeus geschoold werd moest zich wel verbazen over een

struik-Cryptogaam met vruchten). Bovendien had Swartz zich onder leiding van zijn leermeester met mossen beziggehouden. Zijn dissertatie is getiteld *Methodus Muscorum Illustrata* (1781).

Dillenius (p. 1013) had nadruk gelegd op de uiterlijke overeenstemming van het struikvormige mos met een Wolfsklauw (*Lycopodium*) en sprak daarom van *Lycopodioides frutescens*. Het gaf Linnaeus aanleiding om de plant *Lycopodium nudum* te dopen (*Species Plantarum* 1753: 1100) en het belette Linnaeus niet het sporezakje als een helmknop te beschouwen, terwijl hij noteerde dat deze driehokkig was. De soortaanduiding *nudum* (Lat. = naakt) doelt op de schijnbare afwezigheid van takachtige uitgroeisels aan de stengel die Wolfsklauwen plegen te hebben.

Swartz wilde het fijne ervan weten (een driehokkige helmknop is een ongehoorde bouw) en vond de mos-wolfsklauw op Jamaica en elders. Het schenen twee soorten te zijn, de ene groeiend op de bosbodem en de andere, met wat plattere stengels, op boomtakken (laatstgenoemde heetten naderhand *Psilotum flaccidum*). In 1800 gaf Swartz de naam *Psilotum* aan de mos-wolfsklauwen (Gr.: *psilos* = naakt). De op de bodem groeiende soort noemde hij *Psilotum triquetrum*.

Naamtechnisch zou het verkieselijk zijn geweest als hij Linnaeus' *nudum* in zijn soortnaam had behouden, want volgens de nu geldende voorschriften moet zijn plant *Psilotum nudum* heten, tweemaal naakt, een keer in het Grieks en een keer in het Latijn. Het is maar een kwestie van boekhouding. Belangrijk is dat Swartz besloot dat de *Cryptogaam* met de driehokkige helmknoppen geen *Lycopodium* kon zijn en daarom als een nieuw genus moest worden opgevat: *Psilotum*. Swartz vestigde met zijn nieuwe genus voorzien van een nieuwe naam, *Psilotum triquetrum*, de aandacht op dat drievoudige of driezijdige sporezakje. Wolfsklauwen en hun verwanten hebben zo'n uitzonderlijk voortplantingsorgaan nooit.

Met zijn vondst zette Swartz een diepgaande discussie op gang, die nog heden voortgaat. Thans betreft het echter oeroude fossielen uit het Siluur en het Devoon, de Rhyniopsida en hun verwanten (X.31), die naar laat 20e-eeuwse opvatting waarschijnlijk stamouders van zowel Wolfsklauw en Varenachtigen, als van Zaadplanten zouden kunnen zijn. Bijzonderheden na Swartz' dagen gevonden bij levende en uitgestorven planten, met behulp van betere technieken en nieuw ontdekte fossielen, steunen de veronderstelling dat eens de brug tussen Rhyniopsida en Wolfsklauwen door *Psilotum*-achtigen geslagen werd.

De ware plaats van *Psilotum* in de voortgang van de evolutie is niet volkomen bevredigend vastgesteld, onder meer door de verontrustende afwezigheid van fossiele resten van planten die als naaste verwanten van de huidige Psilotums kunnen worden herkend. Terwijl plaatsing van *Psilotum* bij de primitieve Wolfsklauwachtigen met klem verdedigd werd (Zimmermann, Die Phylogenie der Pflanzen; 1959), willen anderen *Psilotum* toch als een afstammeling van heel oude Varenachtigen opvatten en zelfs zou *Psilotum* de laatst overlevende directe nakomeling zijn van de Devonische Rhynia's. Toch achtten sommigen het verschil met alle mogelijke 'verwanten' zo groot dat zij *Psilotum* als een Klasse apart willen beschouwen (Psilotopsida). Swartz bracht een vraagstuk ter tafel dat naar allerlei zijden vruchtbaar onderzoek opriep.

J.C.D. (von) Schreber (1739–1810) promoveerde in 1760 na een zomer van privé-onderwijs op Hammarby door Linnaeus; zijn dissertatie heet *Theses Medicae*. Het is een korte plantenmorfologie en -anatomie volgens opvattingen die in omloop waren eer onze jaartelling

begon, maar met een Linneaans sausje. Nog geen jaar later keerde Schreber naar zijn geboorteland Thüringen terug, waar hij de leerstoel voor medicijnen en natuurkunde te Erlangen aanvaardde (1769) na een jarenlang directoraat van de Botanische Tuin en het Naturalienkabinett. Goed werk deed hij door heruitgaven van sommige werken van Linnaeus (8e herziene editie van *Genera Plantarum* (1789–1791) en een 10-delige editie van de *Amoenitates* (1787–1790). De *Amoenitates*-uitgave van Schreber is de beste ooit verschenen.

Schreber bleef tot zijn dood werkzaam in Erlangen. Zijn vergissing over de 'bloemen' van de Kranswieren (p. 988) kon de waardering voor zijn voortreffelijke beschrijvingen en afbeeldingen van de Grassen (Botanisch-konomische Beschreibung der Gräser; 1769–1810) niet verminderen. Zijn invloed als leermeester was groot en gunstig. Dank zij zijn krachtdadige hulp kreeg J. Hedwig de microscoop die hem in staat stelde zich tot een grondlegger van de bladmossenstudie te ontwikkelen.

F. Ehrhart (1742–1795), Zwitser van geboorte, droeg bij aan het al genoemde *Supplementum* dat Linnaeus' zoon samenstelde. Ehrhart had drie jaar bij Linnaeus senior gestudeerd (1773–1776). Hij was hortulanus van de koninklijke Plantentuin in Herrenhausen (Hannover) tot zijn dood aldaar. Een bezoek aan Nederland en de publikatie van een mengeling van botanische en chemische opstellen zouden niet strekken tot aanspraak op onze aandacht, maar hij was gewoon om series duplicaten van gedroogde planten (na betaling) te distribueren. Dit initiatief vond navolging en had (en heeft) praktisch nut voor de systematiek, omdat hierdoor in verschillende plaatsen in de wereld vergelijkbaar materiaal van dezelfde soort beschikbaar kwam, hetgeen de uitwisseling van waarnemingen zekerder en gemakkelijker maakte. Bovendien kwamen reeksen gelijksoortige exemplaren van verschillende groeiplaatsen in omloop en dit bevorderde de studie van de variatiebreedte.

C.L. Wildenow (1765, Berlijn - 1812, ibid.) studeerde medicijnen in Halle (1785) en na bestudering van de artsenijen nam hij de apotheek van zijn vader in Berlijn over. Zijn bezigheid als apotheker (1790–1798) belette hem niet de systematische plantkunde met zoveel volharding en talent te beoefenen dat hij een van de beste plantenkenners van zijn tijd werd. In 1798 werd hij namens het Collegium Medico-Chirurgicum professor voor de natuurlijke historie. Tevoren (1792) had zijn Grundriss der Kräuterkunde zu Vorlesungen Entworfen, zijn reputatie als botanicus gevestigd. Vijf herdrukken waren tot 1810 nodig en na zijn dood verschenen nog twee herziene edities (in 1818 en 1821).

In Abschnitt VII van Grundriss beloofde Willdenow te zullen toelichten:

'De invloed van het klimaat op het plantendek, de veranderingen die de planten waarschijnlijk in katastrofale omstandigheden (Revolutionen) op de aardbol ondergingen, hun verspreiding over de wereld, hun zwerftochten en hoe de natuur zorg droeg dat zij zich konden handhaven.' Op zijn leerling en vriend A. von Humboldt (1769–1859) maakten Willdenows plantencollectie (zoveel uitheemse vreemdsoortige gewassen) en zulke opmerkingen een grote indruk. Zij waren beiden overtuigd van de katastrofen-leer van Cuvier en van de diep ingrijpende veranderingen in de levende natuur in een ver verleden. De grondslag voor de moderne plantengeografie werd gelegd door Von Humboldt met Ideeën zu einer Geographie der Pflanzen (1807, herdruk 1963), een verhandeling die rechtstreeks door Willdenow geïnspireerd was.

De Berlijnse Botanische Tuin (Mustergarten) dateert van 1697 en kwam onder beheer van de in 1744 gestichte Akademie van Wetenschappen. Gleditsch (p. 654) werd Präfekt. Het directoraat van de tuin kreeg Willdenow (Mitglied van de Academie) in 1801. De levende have bestond uit 1200 soorten. Binnen twee jaar had de nieuwe directeur het soorten-

bestand verzesvoudigd. Een folio-plaatwerk, *Hortus Berolinensis*, verscheen tussen 1803 en 1816 en bevatte 108 prachtige kopergravures. De *Enumeratio Plantarum Horti Berolinensis* (2 delen, 1809) gaf korte diagnosen van 1180 aanwezige genera, vertegenwoordigd door 6351 soorten, een bekwaam werkstuk in Linneaanse stijl. D.F.K. von Schlechtendal voegde hier in 1831 een *Supplementum* met nog eens 1350 soorten aan toe.

In 1810 werd Willdenow hoogleraar voor de plantkunde in de nieuwe Berlijnse universiteit. Het was het jaar waarin hij zijn revisie van Linnaeus' *Species Plantarum* voltooid had; die vierde editie verscheen in vier delen (1797–1810). Een vijfde deel (1810) was aan Varens gewijd en na Willdenows dood volgden nog deel 5 (2) in 1830, en 6 in 1824 en 1825. Willdenows *Species Plantarum* is een formidabel stuk werk, gebaseerd grotendeels op zijn eigen collecties, en het bevat de publikatie van 353 nieuwe genera en 4600 soorten. Met Linnaeus' oorspronkelijke *Species Plantarum* heeft het boek niet veel meer gemeen dan de titel en de methode. Het is welbeschouwd de voorloper van Englers immense Das Pflanzenreich (maar Willdenow werkte alleen).

Naast descriptief systematisch onderzoek hield Willdenow zich bezig met de bouw en de voortplanting van Cryptogamen. Hij schreef over *Psilotum* die Swartz zojuist voor het voetlicht had gehaald (en veranderde de naam in *'Bernhardia'*). Hij deed proeven over de kieming van Wolfsklauwachtigen. Over Watervarens (zoals *Marsilia, Pilularia, Salvinia, Isoëtes*) publiceerde Willdenow in 1810. Hij vatte de groep samen onder de naam *Hydropterides* (dat was goed) en Endlicher noemde ze daarna Rhizocarpeae (dat was fout).

Jahn (1982: 415–416) vestigde de aandacht op het verslag dat Willdenow uitbracht aan de Academie in Berlijn over kruisingsproeven met aardappels. Een vermenging van stuifmeel zal nooit vruchtbare hybriden opleveren, betoogde Willdenow in 1792 (en in 1810, meer orthodox dan Linnaeus zelf), en op 2 november 1802 berichtte hij de Academie dat zijn aardappelproeven bewezen dat op kruisingen geen vruchtbare nakomelingen volgen. Indien men cultivars in dezelfde staat wil behouden, moeten zij vegetatief vermeerderd worden (door stengels, wortels of knoppen).

Studiereizen maakte Willdenow zelden. In 1804 bezocht hij Italië, in 1811 Parijs, om daar de verzameling uit Zuid-Amerika van Von Humboldt te onderzoeken.

Drie jaar na Willdenows dood volgde H.F. Link (1767–1851) hem op. Link was van 1815 tot 1851 directeur van de Berlijnse Tuin en hij slaagde erin de aankoop van Willdenows Herbarium tot stand te brengen (1818), zodat het Königliches Herbarium met de Tuin verbonden het centrum werd van de wetenschappelijke plantensystematiek in Duitsland. Het bleef in het Botanische Museum van de universiteit bewaard en het ontkwam grotendeels aan vernietiging toen door het bombardement op 1 en 2 maart 1943 de collecties in Berlin-Dahlem te gronde gingen.

28. Een aantekening over de systematiek van Aristoteles tot Darwin

Aristoteles en Theofrastos legden de grondslagen voor de systematische biologie; systematici of zo men wil taxonomen waren ze niet. Beiden namen de levende natuur in ogenschouw, constateerden dat de dieren en de planten leefden in harmonie met de kosmos en dat zij vanzelfsprekend voorzien waren van de daartoe onmisbare lichaams- en geestes-eigenschappen. Zij maakten beschrijvingen, ordelijk gerangschikt, van hun waarnemingen. Morfologie en milieu – wederzijds noodzakelijk in nauwe relatie – waren de twee

bakens voor hun gedachtegang die tot een bevredigende verklaring van de levensuitingen voerde, tot een begrip van het levende organisme, in groepsverband en individueel, als deelhebber aan de eeuwige cyclus, de cirkelgang van de materie.

De ontwikkeling van de religies, van het begin van onze jaartelling tot de 13e eeuw, gaat samen met een (neo-Platonische) afkeer van de wereld. De biologie stagneert (p. 127) en de methodische studie van de levende natuur verliest een stimulans: het milieu en zijn samenspel met levende organismen.

Zodra de Renaissance zich roert dringt het milieu als een leidende factor in biologisch-systematische beschouwingen zich naar voren (bij voorbeeld Frederik II; p. 155–157). Als de hoog-Renaissance ten einde loopt, begint in de 16e eeuw de systematiek, enerzijds met nadruk op het milieu (bij voorbeeld Coiter; p. 899) en anderzijds met nadruk op de morfologie (bij voorbeeld Cesalpino; p. 887). De twee klassieke pijlers voor taxonomisch onderzoek zijn weer opgericht en staan nu steviger dan ooit.

De 17e-eeuwse groei van de natuurwetenschappen verschaft nieuwe informatie die de systematici verwelkomden en verzamelden: hoe meer hoe beter (bij voorbeeld Ray, p. 913). Een tegenstroom werd krachtiger: details mogen de hoofdzaak niet verdoezelen. De hoofdzaak is de essentie, de kern van elke natuurlijke groep, en die is van wezenlijk belang voor elke ordenende bioloog. Linnaeus voltooide in de 18e eeuw briljant deze ontwikkeling en voorzag onverbeterlijk de taxonomie van zijn taal, het onmisbare en duurzame woord-apparaat (X.19).

De erfelijkheid, hoewel een vraagstuk sinds de vroegste tijden, had tot de 17e eeuw geen invloed op de systematiek uitgeoefend. Natuurlijk niet: de structuur van de wereldbevolking der levende wezens bleef naar ieders mening een stabiel bestel, een van geslacht op geslacht gehandhaafde schepping. Daarbij behoorde een automatische, vast geprogrammeerde erfelijkheid: erfzonde, erfziekte (bij voorbeeld Fernel, p. 734), erfelijke gelijkheid, erfrecht.

In de loop van de 17e, en sterker in 18e eeuw ontstaat een onrust. Elke waarnemer van de levende natuur bleef overtuigd van de straffe dwang van de vererving, maar een onzekerheid wordt voelbaar. Zijn er uitzonderingen, afwijkingen die natuurlijk zijn en die niet door een buitennatuurlijk ingrijpen worden opgelegd? Linnaeus' vaste hand verloor op den duur toch iets van zijn greep. Als de 19e eeuw inzet brengt Lamarck de gedachten van een dozijn 18e-eeuwers onder woorden: natuurlijke groepen wijzigen zich op den duur en nieuwe komen tot stand door veranderde nakomelingen, die verschillen met (voor)ouders vasthouden en vervolgens doorgeven naar de eigen nakomelingen.

Indien dit waar is tracht de systematiek een levende natuur te ordenen door eenheden die gevonden morfologische en milieu-grenzen overschrijden te onderscheiden en te beschrijven; een vruchteloze en verwarring stichtende bezigheid. Om het groepseigene vast te stellen moet dus de afkomst bestudeerd, opgespoord worden, de levende en de dode (fossiele) stamouders. De gang van de vererving, toevoegingen, verliezen en wijzigingen in de loop der tijden van eigenschappen moeten in rekening gebracht worden om een natuurlijke groep te kunnen definiëren.

De consequentie van het Lamarckisme, een ingrijpende vernieuwing van zowel de taxonomische theorie als van de methode, werd door Lamarcks tijdgenoten in grote meerderheid genegeerd of verworpen. Darwins Origin maakte een creatieve erfelijkheid in samenspel met het milieu, een natuurwetenschappelijke waarheid, een onbewijsbare maar overtuigende en algemeen aanvaarde benadering van de structuur van het natuurlijke bestel.

Ik zal nu de gevolgen van het Darwinisme op de werkwijze en de conclusies van de systematici breed schetsen.

De essentialistische methode voor de systematiek die Linnaeus door woord en daad wereldwijd ingang had doen vinden, steunde op deductie, ging uit van het geloofsartikel dat de *essentiae*, vormmatrijzen van alle natuurlijke groepen, eens en eenmaal geschapen waren. Deze *essentiae* mogen dan al voor ervaren en geschoolde blikken waarneembaar zijn, voor vakmensen een herkenbaar eigen van elke natuurlijke groep, toch vergt die herkenning een omschrijving, een maatstaf van woorden om als groepskarakteristiek uitwisselbaar en toepasbaar te kunnen zijn.

Om het woordenkostuum van de *essentia* zo beeldend en zo nauwsluitend te maken als mogelijk is, zal de beschrijvende taxonoom, kiezend uit de eigenschappen die hij bij talrijke individuen die behoren tot het taxon dat hij omschrijven wil aantrof, een analyse, een definitie samenstellen.

Korte formuleringen met doeltreffende termen die het vakjargon beschikbaar heeft zijn het resultaat. De systematicus merkt dat de gegevens verkregen door het onderzoek van één individu (een exemplaar) zich niet nauwkeurig bij volgende individuen laten hervinden, die toch dezelfde *essentia* schenen te belichamen. Er is binnen één taxon een natuurlijk meer en minder, en soms zelfs een hiaat of een extra in de rij vergeleken eigenschappen van overeenstemmende organen. Welke beschrijving past de *essentia* nu het best, treft de hoofdzaken en bebakent de grenzen van het taxon? Deze vragen vergen bezinning. De door deductie verkregen omschrijving van de vooronderstelde *essentia* stuit op feitelijke onnauwkeurigheden.

Inductie kan een scherpere begrenzing of klemmender omschrijving van het groepseigen, de *essentia*, die alle van nature verschijnende variaties van het uiterlijk en innerlijk omvat, tot stand brengen. Door het totaal van de eigenlijke waarnemingen in een gedetailleerde synthese samen te vatten, zal de grens van het bestudeerde taxon in woorden worden vastgelegd. De morfologie is beslissend, want de identiteit van elk orgaan moet worden vastgesteld voordat aantal, maat en plaatsing vergeleken en bepaald kunnen worden. De uitwendige morfologie en de inwendige (anatomie) begrenzen voor de essentialist het terrein van onderzoek.

De slotsom getrokken uit de vergelijking van gegevens verkregen uit zo veel exemplaren als beschikbaar zijn, langs deductieve en inductieve weg, omschrijft de *essentia*.

De 'goede systematicus' heeft per slot van rekening zoveel exemplaren bijeengevat als hij door een visuele beoordeling tot dezelfde *essentia* wil brengen. Empirisch, als een technische routine, ijkt hij vergelijkenderwijs zijn oordeel. Ten slotte zal hij het taxon door een woordformule omschrijven en de variatiebreedte van de gematerialiseerde *essentia* vaststellen. De soort is nu omgrensd en beschikbaar als bouwmateriaal van een systeem, als grondslag voor ander onderzoek.

Zifting en ter zijde stelling van *accidentiae* en evaluering leiden tot een hiërarchisch systeem dat Linneaans heet. De ordening van de geschapen levende natuur bleek uit, en werd getoetst aan het totaal van de gevonden feiten.

De non-essentialistische systematici, van nominalistische huize, gaan op dezelfde wijze te werk. Het geloofsartikel waar zij van uitgaan is dat de natuurlijke groepen niet werden geschapen: het zijn gevolgen van de uitwerking van natuurwetten op (levende) materie, waarbij men leiding van Hogerhand kan veronderstellen of ontkennen. Taxonomen van zowel de ene overtuiging (essentialisme) als van de andere (nominalisme) gaan op dezelfde

wijze te werk bij het onderzoek van hetzelfde materiaal. De tegenstelling is een theoretische botsing, een spiritueel conflict, en leidt niet tot een methodisch verschil. Men vergelijkt morfologisch en kwantitatief (inductief) en morfologisch kwalitatief (deductief) en beide groepen komen dan ook vrijwel altijd tot dezelfde conclusies.

Essentialisten beschouwen deductie als een natuurlijke richtlijn en kennen de impressie die het uiterlijk van een dier of plant maakt prioriteit toe. De mens is begiftigd met het vermogen *essentiae* te zien. Zij zijn een natuurlijk, objectief gegeven.

Non-essentialisten ontkennen dat vermogen. Het inzamelen zonder voorkeur van zoveel mogelijk feiten, het ordenend bepalen van de trouw van eigenschappen (samen optreden) leidt tot objectief vastgestelde natuurlijke grenzen: *essentiae* zijn subjectief.

De twee groepen onderzoekers ontmoeten elkaar op de grenzen tussen de taxa en merken tot wederzijdse tevredenheid op dat over de ligging van de grenslijn geen of nauwelijks enig verschil van inzicht bestaat.

Bij het aanbreken van de 19e eeuw had de *scala naturae* (X.3,15), eensporig (bij voorbeeld volgens Bonnet), viersporig (bij voorbeeld volgens Cuvier) en meersporig (bij voorbeeld volgens Aristoteles) zijn leidende functie verloren. Lamarck hechtte nog wel aan een transformisme dat samengaat met een meersporige *scala*, maar in de biofilosofie van Darwin en de zijnen was de *scala* een concept geworden, een immaterieel principe dat de natuur steeds naar hoger en beter streeft en het mindere, achterblijvende, lagere uitstoot. De beteren vullen de (tijdelijke) lacunes op, zodat een hiaatloze aansluiting van de groepen in de levende natuur voor de Linneaanse en voor de Darwinistische taxonomie een dogma bleef. De twee taxonomische modellen van die opbouw zijn de directe afstammelingen van Zenoons *horror vacui*.

De evolutieleer postuleerde de vergankelijkheid van alle natuurlijke taxa. Als de tijd gekomen is sterft elk taxon uit, nadat - in de regel - opvolgers met een gewijzigd uiterlijk daaruit zijn voortgekomen. Transformisme zou de systematiek onmogelijk maken, ware het niet dat de gestaag veranderende opvolgers na grote tijdruimten, na perioden dikwijls veel langer dan het verblijf van de mens op aarde, duurzaam en duidelijk anders zijn geworden. Men kan daarom in alle gemoedsrust soorten en soortcombinaties opsporen en beschrijven, want de gevonden kenmerkpatronen zullen tot in een onafzienbaar verre toekomst standhouden.

Dit verklaart waarom de leer van het transformisme de Linneaanse werkwijze ter ordening van de levende natuur niet aantastte. De stabiele structuur van de natuur, stabiel in theorie en praktijk bij Linnaeus, bleef stabiel in de Darwinistische systematiek-praktijk, want verschuivende grenzen laten zich niet vaststellen, ook al zou elke soort een 'fase in de evolutie' zijn.

De oogst en de interpretatie van taxonomische gegevens ondergingen echter een diepgaande heroriëntatie. Na Darwin wordt de vraag naar de herkomst van de thans levende taxa, hun verleden en vroegere verwantschappen in letterlijke (sexuele) zin nagetrokken, obligaat. De praktische, beschrijvende taxonomie kan zich nimmer meer distanciëren van het voorbije en vergt een, desnoods gegiste kennis van evolutie in het verleden. De palaeomorfologie wordt onmisbaar, heden en verleden worden gekoppeld en als gegevens van verdwenen voorouders ontbreken moeten zij door veronderstellingen worden aangevuld. Géén hiaten! Een ironie is dat de theorie van de *essentiae* in de taxonomische beschrijving en ordening dwingt tot gissingen maar dat de theorie van het transformisme een nog veel grotere hoeveelheid (fylogenetische) veronderstelling vereist.

Deze paragraaf (en de twee volgende) richten zich op de fylogenetische systematiek van de Bedektzadigen (Angiospermae), een beperking die de omvang van het onderwerp mij oplegt. De ontwikkeling van de Bedektzadigensystematiek is echter geheel vergelijkbaar met de ontwikkeling van de ordening van de rest der levende organismen. Een schema is hierna bijgevoegd van de opvolgende aardlagen om het overzicht van de fylogenese van de taxa te vergemakkelijken voor onvoldoende systematisch en geologisch geschoolde lezers.

De Bedektzadigen beheersen thans het plantendek van de Aarde, gemeten volgens hun grootte en oppervlaktedekking en volgens het aantal soorten, zeker niet wat het aantal individuen aangaat. In hoeverre het aantal soorten dat van 'lagere' groepen overtreft, hangt grotendeels af van de soortgrenzen: wat de ene systematicus één soort acht, beschouwt de andere soms als tien of nog veel meer soorten. Schattingen variëren tussen ten minste 120 000, ten hoogste 450 000 soorten Bedektzadigen.

Bedektzadigen zijn land- of lucht-planten. Bestuiving en bevruchting komen onder de zoetwaterspiegel zeer zelden voor en in zeewater in het geheel niet.

Afgaande op fossiele resten laten zich vijf opeenvolgende flora's onderscheiden, verschillend door samenstelling, d.w.z. de verschijning, overheersing en verdwijning van taxa.

1. Primair. Siluur (Wieren; oud palaeozoïsch).
2. Primair. Oud Devoon (eerste landplanten).
3. Primair. Jong Palaeozoïsch, Carboon (eerste Zaadplanten). Perm.
4. Secundair. Trias en Jura (Mesozoïsche Flora, Naaktzadigen). Krijt.
5. Tertiair en Kwartair. Boven Krijt tot heden (moderne Bedektzadigen) .

Voor de verrassend snelle ontwikkeling van de Bedektzadigen zijn allerlei verklaringen geopperd. In het Krijt groeiden beuken, berken, eiken, noten, esdoorns, en veel andere bomen in overvloed en dozijnen soorten bomen en struiken bleven sindsdien onveranderd bestaan. In het Onderste Krijt zijn wereldwijd en naar verhouding beoordeeld Bedektzadigen wel geringer in aantal, maar niettemin lokaal in grote hoeveelheden aanwezig geweest (zoals in Portugal, en in Virginia) en bovendien leefden toen ook talrijke groepen, sterk verschillende soorten wilgen, populieren, vijgen, laurieren en palmen. Welke stamouders had deze zich snel ontplooiende groep planten?

Darwin, na in Origin (1859: 306–311) opgemerkt te hebben dat talrijke soorten binnen dezelfde groep in fossiele lagen (vrijwel) tegelijkertijd (suddenly) verschijnen, gaf voorbeelden van dieren. Alle Silurische Trilobieten stammen ongetwijfeld af van een of ander schaaldier dat lang voor de Silurische periode geleefd moet hebben, verklaarde hij. Aan de hand van meer voorbeelden oordeelde hij de conclusie gewettigd dat vóór de eerste Siluurlagen zich vormden, aeonen verstreken moeten zijn, perioden van waarschijnlijk nog langere duur dan de hele periode van het Siluur tot onze tijd. In die enorme tijdspanne van vooralsnog geheel onbekende duur 'zwermde de wereld van levende wezens'.

Ofschoon Darwin verzuchtte dat die kwestie van de vroege en toch zo talrijke en vormenrijke voorouders 'nu' onbeantwoord moet blijven en zelfs als een krachtig bezwaar tegen zijn meningen kan worden ingebracht (1859: 308), noteerde hij toch de hangende kwesties. Waarom is niet elke geologische formatie en elke aardlaag vol tussenvormen (intermediate links)? De geologie onthult zeer zeker geen fijnmazige aaneenschakeling van organismen (finely graduated organic chain) en die tegenstrijdigheid is misschien de meest voor de hand liggende en ernstigste kritiek op 'mijn theorie'. Hij schreef 'De verklaring is, geloof ik, de uitermate grote onvolledigheid van de geologische vondsten.' (1859: 280).

In de loop van de jaren probeerde Darwin uitgaande van aardhistorische geografische

en klimatologische gebeurtenissen, en de gelijktijdige teeltkeus, afdoende antwoorden te vinden. Hij bleef desondanks de fylogenie van de Bedektzadigen als een 'abominable mystery' beschouwen (1879). Daar was alle reden voor. Ook de snel in aantal en in kwaliteit toenemende fossielen brachten geen opheldering. Zij wezen op discontinuïteit en niet op de continuïteit die Darwins filosofie vergde.

Het gevolg was dat verschillende afstammingsschema's op grond van allerlei meningen zich goed lieten (en laten) verdedigen. Geen van alle zijn ze experimenteel bewijsbaar en zelfs is het onmogelijk aan te tonen of bestaande lacunes ontstonden door het vergaan of het onontdekt blijven van de missing links, dan wel zij nimmer bestonden. Over kruidachtige planten in het Siluur en Devoon is heel weinig bekend, want indien ze toen geleefd hebben waren zij toch niet of nauwelijks fossiliseerbaar en de grote meerderheid van de Cryptogamen is – als zij bestonden – zeker voorgoed en geheel verdwenen.

De vraag naar de herkomst van de groepen die de huidige flora en fauna samenstellen is natuurwetenschappelijk beoordeeld even metafysisch van aard als het geloof of ongeloof aan *essentiae*. De vraag laat zich niet wegcijferen.

Toch is het verantwoord te zeggen dat de levende natuur in het verre verleden evenzeer als tegenwoordig gestructureerd was. Er is geen goede reden te twijfelen aan het historische verloop in brede trekken dat de fossielen aanduiden. In de loop van de aardgeschiedenis verschijnen hoofdgroepen (fyla, afdelingen, klassen) en ze verschijnen wel veelvormig maar na elkaar, niet in dezelfde tijd. Ieder van hen toont vervolgens perioden van toenemende of verminderende veelvormigheid, vergelijkenderwijs te constateren door de ontdekte restanten. Waar ontstonden die hoofdgroepen, wanneer en waarom, en uit één stamouderlijke groep of uit meer dan één? Het zijn vragen die palaeobiologen probeerden op te lossen.

29. Een bloemlezing van plantensystemen: Van Royen tot Brongniart

Het is onmogelijk een beredeneerd overzicht van de systemen voor de hogere planten te maken binnen proporties aanvaardbaar voor deze ontwikkelingsgeschiedenis. Het onderwerp laat het niet toe. Hier volgt een bloemlezing uit de systemen die tussen 1740 en 1835 werden voorgesteld.

Adriaan van Royen (1704–1779) doceerde in Leiden sinds 1732 plantkunde en medicijnen, en was misschien meer literair begaafd dan natuurwetenschappelijk, als botanicus. Zijn voornaamste publikatie (verschenen in 1740) is *Florae Leydensis Prodromus*.

Deze catalogus van de Leidse Botanische Tuin somt de plantnamen op, voorziet ze van synoniemen en verwijzingen naar vroegere auteurs, nu en dan ook van detailbeschrijvingen en aantekeningen, een en ander volgens de voorschriften van Linnaeus. Samen stelden Linnaeus en Van Royen een 'sleutel' op, een *Clavis Classium*, die gebruikers van het boek in staat stelt de Klasse waartoe een plant in kwestie behoort, te vinden. De opsomming van de in Leiden aanwezige plantgenera presenteerde Van Royen als een inleiding tot een natuurlijk systeem (*Methodi Naturalis Praeludium*). De begrenzing van de genera stemt overeen met die van Linnaeus en voor de soortnamen toonde Van Royen een duidelijke voorkeur voor *Hortus Cliffortianus* en *Flora Lapponica*.

Als *fundamentum divivionis* kiest Van Royen de zaadlobben. Planten zijn Eenzaadlobbig of Meerzaadlobbig. De Eenzaadlobbigen hebben een schedevormige kelk (*Spathaceo*), géén kelk (*Nullo*) of een kafje als kelk (*Glumoso*), en ze moeten in drie Klassen ver-

deeld worden: 1. Palmen, 2. Lelies en 3. Grassen.

Details bespreek ik niet. Als voorbeeld de Palmenklasse die uit zes Orden is samengesteld en die o.a. plaats biedt aan *Cycas*, Kikkerbeet en Orchideeën.

De Meerzaadlobbigen vormen een meervoudige vrucht of een enkelvoudige. Klassen met meervoudige vruchten zijn bij voorbeeld Katjesdragers, Schermbloemigen en Zonnebloemachtigen: functie heeft voorrang op de morfologie.

Enkelvoudige vruchten, driehokkige (met één zaad per hok) zijn kenmerkend voor de Wolfsmelkachtigen (Tricoccae). De overige Bedektzadigen deelde Van Royen in volgens bloemkroon en kelk-eigenschappen, in correlatie met meeldraden. Hij kwam tot 20 Klassen, de twee laatste Cryptantherae en Lithophyta.

Hoe weinig doordacht het systeem is getuigt bij voorbeeld de plaatsing van *Cycas* in de eerste Orde van de Palmenklasse, de van een schutblad of bloemschede voorziene aanvoerders van de Eenzaadlobbigen (het is overigens geen toeval dat de Palmen als eersten in het systeem optreden). *Cycas* heeft zo'n schede echter niet en bovendien twee zaadlobben. Ofschoon Van Royens genera dank zij De Tournefort en Linnaeus bijval kregen, heeft zijn systeem weinig weerklank gevonden.

Toch toont Wachendorffs systeem duidelijk sporen van Van Royens (en Linnaeus') Leidse systeem. De Utrechtse hoogleraar voor de medicijnen, botanie en scheikunde E.J. Wachendorff (1703–1758) stelde zijn systeem voor in de catalogus van de Utrechtse Botanische Tuin (*Horti Ultratrajectini Index*; 1747).

Wachendorff besloot dat het plantenrijk in 19 Klassen ingedeeld moest worden. IJverig en ambitieus schreef hij een sleutel afdalend tot de genera, Linnaeus' *Genera Plantarum* (1742) als maatstaf. De Klassen worden ingedeeld in orden die met de hedendaagse plantenfamilies vergelijkbaar zijn en de genera staan bijeen in ca. 250 groepen.

Het essentialisme bleef deze loyale volgeling van Linnaeus trouw, in zoverre dat hij de bakens voor een natuurlijk systeem ontleende aan het centrale orgaan, de *fructificatio*. Het nominalisme dreef echter Wachendorff ertoe om zoveel mogelijk kenmerken van de *fructificatio* in te voeren, zoals aan- of afwezigheid van een bloem, zaadlobben, aantal meeldraden (lengte, vrij of vergroeid, zoals Van Royen ook deed) in relatie tot kelk- en kroonbladen, en de geslachtelijkheid van de bloemen. Het laatste gegeven speelt geen rol in Van Royens systeem. Adanson (X.21), Ehrhart (X.27) en Stafleu (1971: 171–173) maakten overzichten van Wachendorffs rangschikking. Stafleu signaleerde Linnaeus' kritiek: dat Wachendorff 'een natuurlijk systeem wilde opstellen met behulp van de Griekse taal'. Dit wijst op de woordconstructies die Wachendorff uitdacht als benamingen voor groepen hoger dan de genera. Zij zijn dikwijls zo ondoorzichtig, zelfs voor geschoolde vakbroeders, dat daarmee al dadelijk een obstakel ontstond voor de bruikbaarheid van het systeem.

Bijna gelijktijdig met het systeem dat Bernard de Jussieu ontwierp (X.20) verscheen Joseph Gaertners systeem in druk (1788).

Gaertner (1732, Calw (Baden-Württemberg) – 1791, ibid.) studeerde rechten en medicijnen in Tübingen en in Göttingen (1750–1753), waar Von Haller hem anatomie en botanie leerde. Daarna bereisde hij twee jaar lang Italië, Frankrijk en Engeland, en hervatte in 1756 zijn studie in Tübingen terwille van de wis- en natuurkunde. Hij vervaardigde microscopen. Zijn reizen brachten hem vervolgens naar Leiden (1759) waar hij A. en D. van Royen ontmoette. Mariene biologie lokte hem weer naar Engeland (1759–1761) om ten slotte, na zijn medicijnenstudie in Tübingen te hebben voltooid (1761), daar als arts te promoveren (1763). Hij bleef te Tübingen als anatoom (Prosektor) werkzaam totdat hij

als hoogleraar voor plantkunde en natuurlijke historie namens de Academie van Wetenschappen in St. Petersburg naar Rusland vertrok (1768). Twee jaar bleef hij daar directeur van de Botanische Tuin en het Naturalienkabinet en maakte intussen een reis naar de Oekraïne om planten te verzamelen.

Terug in Calw (1770) wijdde hij de rest van zijn leven aan de morfologie en de anatomie van vruchten en zaden, hetgeen met de krachtige hulp van Joseph Banks (X.16) een standaardwerk opleverde (*De Fructibus et Seminibus Plantarum* I, 1788; II, 1791; Supplement 1805–1807). Het werk van zijn zoon kwam ter sprake in IX.34; van de 1000 onderzochte en afgebeelde genera nam laatstgenoemde een aantal voor zijn rekening.

Van de inleiding tot zijn boek wijdde Gaertner een hoofdstuk, aan de manier waarop aan de hand van de kenmerken van vrucht en zaad het systeem van de vruchten voortbrengende planten kan worden opgesteld (*De Methodica Plantarum a Fructu Dispositione*; 1788: CLXXV-CLXXXII).

Hij begint met te zeggen, dat sommigen het hartje (*corculum*) in het zaad als leidraad wilden volgen, maar Gaertner wijst dat van de hand. Cesalpino en het essentialisme noemt hij niet bij name, maar hij maakt duidelijk dat een natuurlijk systeem uit talrijke eigenschappen moet worden afgeleid, niet alleen uit een *fructificatio*. De vormverwantschap (*affinitas*) van de planten kan volstrekt niet voortkomen uit een bijzonder gedeelte (*nequaquam ex unico parte queat manare*). Weliswaar zijn de genera zij aan zij geplaatst, zoals de provincies op een aardrijkskundige kaart, maar ze moeten toch soms zoals eilanden beschouwd worden omdat ze duidelijk (*plane*) verwijderd zijn van de meest verwante (*vicinis*). Nochtans, na een uitvoerige theoretische uiteenzetting, concentreert Gaertner de keuze van eigenschappen geschikt om de structuur van het plantensysteem te schragen op vrucht en zaad. Men bestudere (in volgorde) de plaatsing (*situs*) van de delen (vruchthokken, embryo enz.), de vorm (*forma*), bij voorbeeld van de hele vrucht en van het zaad, de *arillus* (zaadrok) en de *testa* (zaadhuid), en de aan- of afwezigheid van kiemwit.

Het *fundamentum divisionis* is Acotyledones (Zaadloblozen), Monocotyledones (Eenzaadlobbigen), Dicotyledones (Tweezaadlobbigen) en Polycotyledones (Veelzaadlobbigen). Gaertner bedacht de naam Dicotyledones.

Zaadloblozen zijn, zegt Gaertner, *Zamia, Zostera* (Zeegras) en *Zannichellia*. De Een- en Tweezaadlobbigen worden nader ingedeeld op grond van de plaats van de vrucht (onder- of bovenstandig), ligging (richting) en plaatsing van het embryo. Veelzaadlobbigen zijn slechts Rhizophora en, misschien, Hernandia.

Ik denk dat Gaertner de krans van spitse, blijvende kelkbladen rondom het kolossale hypocotyl van Rhizophora voor zaadlobben heeft aangezien en de naam Polycotyledones niet van Wachendorff heeft overgenomen, want bij Wachendorff is polycotyledonie een veel beter omschreven en begrepen eigenschap. Het schijnt mij ook toe dat 20e-eeuwse biologen begrip kunnen voelen voor het stranden van Gaertners voornemen om een natuurlijk systeem te bouwen op kenmerken met een wijd uiteenliggende herkomst en dat hij toch genoegen wilde nemen met vrucht- en zaadeigenschappen. Zij zullen geneigd zijn hem te vergeven dat hij een groep als *Zamia-Zostera-Zannichellia* als een hoofdafdeling van het plantenrijk aanwees, een besluit dat zelfs de meest consequente essentialist zwaar zou vallen. Zij verbazen zich wel omdat Gaertner de Pinaceae niet tot de Polycotyledones rekende.

In de eerste druk van Théorie Élémentaire (1813) voerde De Candolle een scheidslijn in die zich sindsdien heeft gehandhaafd. Hij verdeelde het hele plantenrijk in planten met vaatbundels (*Vasculares*) en zonder vaatbundels (*Cellulares*).

I. Vasculares
1. Exogenae. (Vaatbundels staan gerangschikt in een cirkel).
a. Kelk en Kroon verschillend van gedaante (Diplochlamydeae)
a.1. Thalamiflorae (bloemkroon losbladig; aangehecht onder het vruchtbeginsel)
a.2. Calyciflorae (bloemkroon losbladig; rondom aan of boven op het vruchtbeginsel aangehecht)
a.3. Corolliflorae (bloemkroon vergroeidbladig; onder het vruchtbeginsel aangehecht)
b. Kelk en kroon niet verschillend (Monochlamydeae)
2. Endogenae (vaatbundels onregelmatig geplaatst)
a. met bloemen (Phanerogamae)
b. zonder bloemen (Cryptogamae)
II. Cellulares
1. Foliaceae (bladeren aanwezig)
2. Aphyllae (zonder bladeren)

In 1817 verscheen het eerste deel van *Regni Vegetabilis Systema Naturale*, waarin De Candolle naar R. Browns hulp verwees. Herhaalde bezoeken aan Londen gaven gelegenheid tot uitvoerige discussies met Brown die De Candolle's conclusies bevorderen. Nader uitgewerkt in 1819 (tweede druk Théorie I.) werd het systeem van De Candolle zo algemeen aanvaard dat Linnaeus' rangschikking (X.18) zijn hegemonie verloor. Het tweede deel van *Regni Vegetabilis* kwam in 1821 van de pers.

Bij Magnol, Adanson en De Jussieu was De Candolle eveneens te rade gegaan, naar hij verzekerde om het natuurlijke systeem te ontdekken. Noodzakelijk is een zorgvuldige studie van het hele organenbestel. Het zal blijken dat natuurlijke Klassen langs meer dan één weg benaderd en omgrensd kunnen worden; een bewijs van juistheid is geleverd indien een andere groep kenmerken tot hetzelfde resultaat voert.

Terwijl de aard (functie) van de ter wille van een indeling gekozen orgaan-eigenschappen nauwelijks een rol speelt bij het bepalen van grenzen tussen taxa, zijn morfologische verschillen het best verkrijgbaar en hanteerbaar. Fysiologische en chemische eigenschappen zijn veel moeilijker vast te stellen. Ook heeft het ene orgaanstelsel niet meer aanspraak op voorrang dan enig ander. Omdat de vruchtzetting en bloeiwijze (fructificatio) samen nu eenmaal van oudsher het meest onderzocht en bekend zijn, werd dat orgaanstelsel voor De Candolle de voornaamste bron van gegevens.

Sommige organen kunnen bij verschillende organismen sterk verschillen, of ook variëren omdat fysiologische functies een aanpassing aan de omgeving kunnen opleggen. Niettemin, de plaatsing en het onderlinge verband van organen liggen tijdens de ontwikkeling van een plant vast, ze zijn groepseigen en dit is een zich nimmer wijzigende situatie. Er is een blauwdruk of bouwplan, dat in hoofdzaak voor elk natuurlijk taxon karakteristiek en voor alle daartoe behorende planten identiek is.

Drie oorzaken kunnen eigenschappen wijzigen (dégénération): abortie door functieverlies, modificatie als gevolg van veranderde organen of constellaties elders in het organisme (correlatie-wet), en vergroeiing (versmelting) van organen.

De Candolle's morfologische opvattingen staan in hoofdzaak vermeld in IX.34; hij heeft ze met opvallend succes in zijn systeem toegepast.

De volgorde van de Klassen is bij De Candolle in 1819 omgekeerd aan die van De Jussieu (p. 957). Het plantenrijk in zijn geheel moet in drie Klassen worden gerangschikt: (1) Dicotylédones (Exogenae), (2) Monocotylédones (Endogenae) en (3) Acotylédones (Cellula-

res). Dat betekent dat Klassen 1 en 2 Vaatplanten zijn en Klasse 3 vaatloos is.

Met de naam Exogenae bedoelde De Candolle te zeggen dat in de stengel van tweezaadlobbige planten op dwarsdoorsnede de vaatbundels in een zich, tijdens de groei, verwijdende cirkel staan. De stengel wordt dikker door de activiteit van de kring van vaatbundels. Bij Endogenae, Eenzaadlobbigen, liggen de vaatbundels onregelmatig verspreid in de stengel. Ze ontstaan centraal, 'inwendig'. De Candolle koos de naam Endogenae steunend op R.L. Desfontaines' studie van de anatomie van de dadelpalm.

Desfontaines (1750–1833) was hoogleraar aan de Jardin des Plantes te Parijs en had studiereizen in Noord-Afrika gemaakt. Hij koos de dadelpalm voor nader onderzoek. Uit het stamcentrum richten de vaatbundels zich zijwaarts en zetten zich in de palmbladeren voort. Desfontaines besloot dat de vaatbundels van de palm in het stamcentrum ontstaan. Nieuwe vaatbundels drukken de al aanwezige naar de omtrek, naar buiten, zodat op den duur een harde buitenmantel (met oude vaatbundels doorzeefd) de stam (of stengel) van de dadelpalm karakteriseert.

De feiten zijn echter anders. Hugo van Mohl toonde Desfontaines' vergissing aan in zijn onderzoek van palmenanatomie (1831: *De Structura Palmarum*)

Klasse 1 splitste De Candolle in 4 onderklassen: (1) Thalamifloren (51 orden), (2) Calycifloren (64 orden), (3) Corollifloren (23 orden) en (4) Monochlamydeae (20 orden).

Thalamifloren hebben een niet-vergroeide, onderstandige bloemkroon, de Calycifloren een middenstandige of bovenstandige bloemkroon, en de Corollifloren een vergroeidbladige, onderstandige bloemkroon. Samen zijn deze drie onderklassen (in 1813) de Diplochlamydeae (*diplo* (Gr.) = dubbel, *chlamys* (Gr.) = hemd; de bloem heeft twee hemden, de kelk en de kroon).

Klasse 2 verdeelde De Candolle in (1) Phanérogames (21 orden) en Cryptogames vasculaires (5 orden). Die zogenaamde Vaatcryptogamen waren de Varenachtigen. Voor de thans levende biologen is een betoog, dat de combinatie van de Eenzaadlobbigen en de Varens als één Klasse bijzonder ongelukkig was, overbodig. In 1833 verplaatste De Candolle de Varenachtigen naar waar zij horen: de bloemloze gewassen.

Historisch het meest belangrijke van De Candolle's systematiek werd zijn opvatting dat een volkomen bloem (kelk, kroon, meeldraden, vruchtbeginsel) het uitgangspunt van het systeem van de Bedektzadigen karakteriseert. Deze gedachte werd door latere onderzoekers, vooral Engelse en Amerikaanse, overgenomen, mede op grond van nieuw ontdekte fossielen (X.31).

Klasse 3 wordt ook in 2 onderklassen gesplitst: (1) Foliaceae (Bladmossen en Levermossen) en (2) Aphyllae (Korstmossen, Fungi en Algen).

Het is niet nodig op te merken dat Klasse 3 bepaald geen fraaie systematiek aanbiedt. Het succes dat De Candolle's systeem niettemin heeft gehad, is vooral aan zijn *Prodromus* te danken, de beschrijving van alle soorten en genera, familiegewijs. Augustin Pyrame de Candolle schreef zeven delen, te beginning in 1824, en maakte deze revisies zoveel beter dan in *Species Plantarum* mogelijk was geweest, dat zijn werk, en daardoor zijn systeem, wijd en zijd ingang vond. Nadat Augustin Pyrame meer dan honderd families monografisch bewerkt had, zette zijn zoon Alphonse L.P.P. (1806–1893) geholpen door bekwame medewerkers, de *Prodromus* voort tot 1874. In dat jaar waren 17 delen gereed gekomen: meer dan 5000 genera en bijna 60 000 soorten, alle Dicotyledones. Een herdruk van deel 1–8 verscheen in 1966; Stafleu begeleidde de heruitgave met een opstel over de historie en de betekenis van de 'grote Prodomus'. De De Candolles waagden het niet een 'natuurlijke' volgorde van de families voor te stellen. Alphonse ondernam de reeks Monographi-

ae phanerogamarum (1878–1896), geholpen door Augustins kleinzoon Casimir en andere medewerkers.

Een rijke Neurenbergse geneesheer, C.J. Trew ('Treu'; 1695–1769), schreef op eigen kracht weinig, maar dat weinige van goed gehalte. Een keurig, grondig doorwerkt artikel over Naaldbomen (*Cedrorum Libani Historia*) verscheen in 1757, vergezeld door detaillillustraties van Ehret (X.17). Trew gaf Ehret levenslang carte blanche om botanische tekeningen te maken die hij kocht en van begeleidende teksten voorzag (*Plantae Selectae*).

Trew schreef een vervolg (*Pars Altera*) dat in 1767 gepubliceerd werd en de opmerking bevatte dat het zaad van *Pinus* niet binnen in een vruchtbeginsel zijn groei begint. Eigenlijk, zei Trew, hebben die zaadbeginsels elk een stempel zoals een ♀ orgaan (*organum femininum*). Tot 1827 nam niemand van die opmerking notitie.

Tevoren verklaarde O. Targioni-Tozetti (p. 288) dat het stuifmeel van Kegeldragers (Coniferae) rechtstreeks op het zaadbeginsel valt (1810). Mirbel (p. 554) schreef dat de 'bloem' van de Kegeldragers met een 'naakt' vruchtbeginsel gelijk stond. Sinds Linnaeus beschouwde men de schubjes op de as van de jonge dennekegels als heel weinig ontwikkelde bloemblaadjes en in hierna te bespreken plantesystemen komt die opvatting nog meermalen tot expressie.

In de eerste helft van de 19e eeuw kreeg de bevruchtingscytologie van de Orchideeën en van de Asclepiadaceae veel aandacht, twee niet verwante plantefamilies (Orchideeën zijn eenzaadlobbig, Ascelepiadaceae tweezaadlobbig), die heel bijzonder stuifmeel hebben: de korrels verenigd in klontjes (polliniën).

Robert Brown onderzocht zorgvuldig de zaadvorming van *Cycas*, Coniferen, *Ephedra* en *Gnetum* en met behulp van microscopische waarnemingen constateerde hij dat de zaden van deze groepen nimmer door een vruchtwand omsloten zijn. Zij zijn gymnosperm (*gymnos* (Gr.) = naakt; *sperma* (Gr.) = zaad). Aangevuld met microscopische-anatomische waarnemingen slaagde Brown er in de Gymnospermen als een door een combinatie van verschillend geaarde eigenschappen goed onderscheiden natuurlijk taxon af te zonderen (Description of *Kingia*, a New Genus... of New Holland; 1827). Hij vergat niet op Trews ontdekking te wijzen. Het was een ingrijpende verbetering van de systematiek (Morton 1981: 375, 408).

In de jaren dertig was de kennis van de bevruchting bij planten verbazend veel verbeterd door Browns beschrijvingen van de nucellus, micropyle, embryozak en het ontstaan van secundair kiemwit uit de embryozak (endosperm) en van kiemwit afkomstig van de nucellus (perisperm). In Browns artikels over Orchideeën en Asclepiadaceae (1831, 1833) staan die berichten, rustig, duidelijk en overtuigend geformuleerd.

Browns leerling, William Griffith (1810–1845) werkzaam in India, slaagde er in de zich verlengende pollenbuis te volgen tot de micropyle. Hij onderzocht *Calotropis gigantea* (1833). In Frankrijk bestudeerde A. Brongniart, gelijktijdig met Brown, dezelfde families en hij kwam tot gelijkluidende conclusies.

De nieuwe vondsten werden met grote instemming ontvangen, vooral door de Naturphilosophen (bij voorbeeld Nees ad Esenbeck; 1836) en C.A. Agardh, Endlicher en Schleiden waren bij de eersten die de nieuwe gegevens voor hun werk benutten.

Stephan L. Endlicher (p. 977) verdedigde in zijn kolossale boek *Genera Plantarum* (1836–1840) een natuurlijke rangschikking volgens de manier van groeien. Polariteit, het gericht groeien en gericht zijn van levende organismen, fascineerde de Naturphilosophen. Ofschoon het aanvaarden van polariteit als richtlijn voor een indeling begrepen kan wor-

den als een Naturphilosophische invloed, behoorde Endlicher toch zeker niet tot die in zijn dagen zo invloedrijke groep biofilosofen. Ook met Lagere Planten hield Endlicher zich bezig. Hij maakte een algensysteem. In 1836 rangschikte hij de Levermossen in vijf *Tribus* en dat systeem werd algemeen aanvaard. Hij begon met de Ricciae en eindigde met de Jungermanniaceae. S.O. Lindberg (1835–1889), hoogleraar voor de plantkunde en directeur van de Botanische Tuin in Helsingfors, koos zijn werk voor een volgens Darwinistische opvattingen herzien systeem in 1868.

Het hele plantenrijk kwam in *Genera Plantarum* aan de orde. Het ontbreken van gedifferentieerde weefsels volgens functie en vorm, kortom wortel en stengel, karakteriseert de Thallophyta. Alle planten met wortel en stengel als duidelijk verschillende organen moeten Cormophyta heten (De Candolle had het goed begrepen).

Thallophyta en Cormophyta zijn elk een 'regio', een benaming die Okens gebruik van 'Land' voor hoofdafdelingen in herinnering brengt.

Thallophyta zijn hetzij Protophyta (sectio 1, de Algen en de Korstmossen) hetzij Hysterophyta (sectio 2, de Fungi).

Cormophyta zijn drie secties, te weten Acrobrya (groei aan de top van de stengel), Amphibrya (groei rondom, in de dikte) en Acramphibrya (groei door combinatie van de twee vorige secties: de naam duidt dit aan).

1. Acrobrya zijn vooreerst een *Cohors* dat *Acrobrya anophyta* heet en uit Levermossen en Bladmossen bestaat. Het tweede *Cohors* (*Acrobrya protophyta*) is uit Varens, Selaginella, *Cycas*-achtigen, Watervarens en Paardestaartachtigen samengesteld. Een derde *Cohors*, de Rhizantheae, sluit de rij; het zijn *Acrobrya hysterophyta*.
2. Amphibrya zijn de Eenzaadlobbigen.
3. Acramphibrya zijn 4 Cohorten, te weten Gymnospermae, Apetalae, Gamopetalae en Dialypetalae.

Endlichers indeling had geen succes, want de rangschikking volgens groei was niet alleen onpraktisch, maar ook ongerechtvaardigd. Duidelijke scheidslijnen tussen de drie mogelijkheden zijn er immers niet. In zekere zin sluit Endlichers systeem voor de Cormofyten aan bij het polariteitsprincipe: bij Thallofyten ontbreekt polariteit, bij Acrobrya is de polariteit verticaal en bij Amphibrya horizontaal gericht. Acramphibrya zijn meerzijdig polair.

Niettemin werd Endlichers werk gewaardeerd. Zijn vier Cohorten van de Acramphibrya waren goed begrensd beoordeeld naar de ontwikkeling van de kennis van de wereldflora in zijn tijd en bovendien verschafte zijn immense werkstuk *Genera Plantarum* goede en graag gebruikte informatie. Eenvoudige tekeningen daarbij zijn te zamen getiteld *Iconographia Generum Plantarum*.

Herdoopt maar onmiskenbaar verschijnen Endlichers Cohorten opnieuw in de systemen van Engler (X.34) en van Bentham en Hooker (X.35).

In 1847 verscheen Endlichers *Synopsis Coniferarum*. Hij rekent de *Gnetum*-achtigen tot de Coniferen.

In Groot-Brittannië kreeg rond het midden van de 19e eeuw de systematiek van John Lindley (1799, Catton (Norwich) – 1865, Turnham Green (Middlesex)) grote invloed. Na studiejaren in Duitsland en na korte tijd in Joseph Banks' boekerij te hebben gewerkt, wijdde Lindley zijn aandacht vooral aan de sierteelt en het illustreren van wetenschappelijk botanisch werk. Hij was een goede botanische tekenaar.

Van 1829–1860 was hij werkzaam als hoogleraar voor de plantkunde in London, als

directeur (praefectus) van de beroemde apothekerstuin in Chelsea van 1836–1853. Hij redigeerde het Botanical Register (1826–1847) en begon als oprichter en directeur het bloemkwekerstijdschrift The Gardener's Chronicle (1841).

Van talrijke publikaties dateert een verhandeling over rozen (*Rosarum Monographia*; 1820) die hij zelf illustreerde en één over vingerhoedskruiden (*Digitalium Monographia*), die Ferdinand Bauer, een der beste botanische illustratoren van de 19e eeuw, van platen voorzag (1821). Ferdinand illustreerde een dozijn belangrijke boeken, o.a. de 10 foliodelen van Sibthorps *Flora Graeca* (1806–1840). J. Sibthorp (1758–1796) verzamelde in Griekenland en schreef, J.E. Smith (X.27) bewerkte het materiaal en schreef de begeleidende teksten. De laatste stierf in 1828, zodat de *Flora Graeca* onvoltooid zou zijn blijven liggen als Lindley er geen zorg voor had gedragen dat het standaardwerk compleet verscheen. De Lindley Library, een schatkamer voor geïllustreerde plantkundeboeken, is in beheer bij de Royal Horticultural Society en houdt Lindleys naam erkentelijk in herinnering, met meer reden en met meer succes dan waarop zijn systeem voor het plantenrijk aanspraak mag maken.

In 1830 verscheen Lindleys (in samenwerking met J. Hutton geschreven) An Introduction to the Vegetable System, gevolgd door *Nisus Plantarum* in 1833. Zijn Vegetable Kingdom maakte in 1846 zijn systeem nader bekend (3e druk 1853). The Vegetable Kingdom beoordeelde Möbius (1968: 54) als een 'gemakkelijk te raadplegen boek met goede afbeeldingen, duidelijk ingedeeld en met uitvoerige familiediagnoses'. Darwin putte veel informatie uit Lindleys werk. Lindley ontwikkelde zich tot een van de leidende orchidologen in Europa (Darwin en Robert Brown waren sterk in orchideeën geïnteresseerd).

Lindley wilde de geslachtloze Cryptogamen onderscheiden van de bloemdragende planten die zich geslachtelijk voortplanten. De Cryptogamen zijn thallogeen of acrogeen. De bloemplanten, Fanerogamen, zijn rhizogeen (Balanophoraceae, Rafflesiaceae), endogeen (Eenzaadlobbigen met evenwijdige bladnerven), dictyogeen (Eenzaadlobbigen met netvormige bladnervatuur), gymnogeen (Naaktzadigen) en exogeen (Tweezaadlobbigen).

De zwakheden in deze rangschikking zijn overduidelijk en hebben geen toelichting nodig. Toch noteer ik Lindley's standpunt dat de Naaktzadigen tot de Fanerogamen behoren en dus een 'bloem' bezitten (zij het nauwelijks ontwikkeld). Lindleys gissing kreeg later palaeobiologische steun, althans enigermate, toen fossiele Naaktzadigen als voorlopers werden beschouwd van Bedektzadigen (X.31). De Naaktzadigen kregen een middenpositie toegewezen, tussen de Een- en Tweezaadlobbigen, en dat besluit volgden Bentham en Hooker (X.35).

Lindleys systeem is een compositie van De Candolle's en Brongniarts systemen waar een snuifje Endlicher aan is toegevoegd; bij voorbeeld Endlichers Rhizantheae zijn Lindleys 'Rhizogens'.

Als laatst te noemen systeem vóór het verschijnen van Origin of Species, het ontwerp van Brongniart.

Met de plaatsing van de Gymnospermen bij de Apetalen (een bloemkroonloze groep Bloemplanten) had Endlicher R. Browns ontdekking van de naaktzadigheid gevolgd (zojuist vermeld); A. Brongniart sloot zich met meer nadruk in zijn systemen van 1843 en 1850 daarbij aan.

Over het leven en werk van Brongniart staan in XII.30 enige gegevens. Hij vulde de resultaten van het Europese onderzoek over de anatomie van levende planten aan met eigen bevindingen en bracht deze in verband met de morfologie van uitgestorven zowel als van moderne planten. Hierdoor werd hij niet alleen een grondlegger van de palaeobio-

logie, maar hij bepleitte bovendien lang vóór de fylogenetische systematiek zich ontplooide, een structuur van het plantenrijk die op lang verdwenen vormverwantschappen steunde.

Hij maakte zijn systeem bekend in Enumération des Plantes Cultivées au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, een van de laatste voorbeelden van de ruim honderd jaar oude traditie om de catalogus van een botanische tuin te gebruiken als middel voor publikatie van wetenschappelijke vernieuwingen.

I. Crytogames (Bloemloze planten)
a. Amphigenae (geen differentiatie van blad en stengel)
b. Acrogenae (blad en stengel aanwezig)
II. Phanérogames (Bloemplanten)
a. Met één zaadlob (Monocotyledoneae)
1. Albuminosae (met kiemwit)
2. Exalbuminosae (geen kiemwit)
b. Met twee of meer zaadlobben
1. Angiospermae (zaad door vruchtwand ingesloten)
1.1 Gamopetalae (bloemkroon vergroeidbladig)
1.2. Dialypetalae (bloemkroonbladen vrij van elkaar, of afwezig)
2. Gymnospermae (zaad niet door een vruchtwand omsloten)

Het systeem is zo overzichtelijk en zorgvuldig gearrangeerd door de invoer van gemakkelijk waarneembare hoofdkenmerken, dat Brongniarts systeem dadelijk ingang vond. Een blik op latere systemen (bij voorbeeld volgens Engler en Von Wettstein) toont aan hoezeer de 20e-eeuwse systemen aan Brongniarts begrenzing van de hoofdgroepen verplicht zijn. Brongniarts systeem is echter pre-Darwin.

Dit vraagt om toelichting. Nadat Darwin fylogenie tot een algemeen aanvaard dogma gemaakt had voor elke natuurlijke rangschikking was de *essentia* de leiding ontnomen. Voor de theorie een revolutie, voor de praktijk een accentverschuiving, een herschikking van tot niets verplichtende interpretaties.

De pre-Darwinse systematici die essentialisme verwierpen wilden een systeem construeren met behulp van zoveel eigenschappen als verkrijgbaar waren. Darwin beschouwde organismen als een onschatbaar groot aantal eigenschappen in samenhang. Die zienswijze paste precies bij de vroegere werkwijze.

Merk op dat de essentialisten de *fructificatio* als de zetel van het eigenlijke en kenmerkende van ieder taxon aanwezen: een theo-logisch standpunt. Verder dat de non-essentialisten om even klemmende redenen de *fructificatio* eveneens prioriteit toekenden. Ten slotte, dat na 1859 de Darwinse afstammingsleer even zeker voerde tot de vergelijkend-morfologische studie van de *fructificatio* bij de argumentatie over een fylogenie. De uitkomsten van de drie methoden konden dus weinig of niet verschillen, al verschilden de meningen over de herkomst van de vormen (en de functies) ook nog zo ingrijpend.

Voor en na Darwin bleef morfologie beslissend voor het omgrenzen van taxa. Weliswaar is de vorm van organen met hun functie verbonden, maar dit verbond is niet volstrekt. Ademhaling van dieren is mogelijk door longen, kieuwen en huid. Voedselopneming door planten slaagt door middel van bladgroenkorrels en door wortelharen, of door tussenkomst van symbionten. Een oog kan, al naar de diergroep, wel of niet accomoderen, een opperhuid zich tegen contact met de omgeving beschermen door haren, door veren, door

hoornplaten, door slijm of door vet.

De drie hier genoemde methoden hanteerden de morfologie van de organen en de bijbehorende functies in vast of los verband, bij het ontwerpen van systemen. Talloze vergelijkbare en bruikbare eigenschappen zijn voor en na Darwin dezelfde. Na Darwin moet elk systeem dualistisch geconstrueerd worden, met behulp van orgaanvormen zoals zij zijn en zoals zij in een fossiel verleden waren. Echter: indien dat verleden, de fylogenie, de structuur van het systeem beheerst, is het tot ontsporing (nieuwe ontdekkingen) of tot onbruikbaarheid veroordeeld. Onbruikbaarheid omdat het systeem in zijn geheel, of voor een taxon, passend moet zijn op de op dat moment levende natuur. Beslissend is hoe het nú gesteld is met de orgaanvormen en hun functies, en niet hoe het eertijds geweest kan zijn.

Een verklaring voor de mogelijke totstandkoming van overeenstemmingen en verschillen door ontwikkelingen in een thans dood verleden kan het huidige systeem illustreren. Zodra een fylogenetische interpretatie de vorm en de verwantschappen van de levende organismen, de hiërarchie, rangschikking en grenzen binnen het planten- of dierensysteem bepaalt, kan het systeem niet meer de getrouwe afspiegeling zijn van de huidige levende natuur. Omdat de controleerbare en herkenbare indelingen en groepkenmerken daarbinnen onmisbaar zijn voor biologisch onderzoek, stemmen de 'geslaagde' systemen voor en na Darwin in hoge mate overeen. Indien de fylogenie vroegere besluiten ten aanzien van vormverwantschappen niet scheen te steunen, volgde een globale verschuiving, hier en daar een accentverandering.

Door deze theoretische overwegingen en praktische maatregelen verschijnen de systemen na Darwin in een nieuw licht maar in een nauwelijks veranderde gedaante.

30. Naturphilosophische systematiek

De Naturphilosophie beïnvloedde de systematiek van de late 18e en de vroege 19e eeuw sterk. Het natuurlijke bestel volgens Linnaeus, de rangschikking van de als vormen zichtbaar geworden en tot uitdrukking gebrachte *essentiae*, voegde zich ongedwongen in de denkwijze van de biologisch werkzame Naturphilosophen. Als eerste voorbeeld de geschriften en werkzaamheden van A.L.C.G. Batsch (1761–1802), die in zijn geboortestad Jena studeerde, medicijnen en natuurwetenschap.

Hij schreef een systematische studie over Fungi (*Elenchus Fungorum*; 1783–1789) en maakte een geordende beschrijving van de in Jena in de Botanische Tuin aanwezige planten volgens het systeem van Linnaeus, met omgrenzing van de natuurlijke families (*Dispositio Generum Plantarum... Jenensium*; 1786).

Met zijn benoeming als hoogleraar in Jena (1794) en zijn directoraat van de Botanische Tuin begon de botanie in Jena een tijdperk van leven en bloei. Nog in 1794 maakte Batsch een natuurlijk systeem voor de Europese flora (*Dispositio Generum Plantarum Europae*).

De strikt formele plattegrond van de volgens zijn systeem aangeplante hertogelijke tuin die Batsch beheerde, is schijnbaar strijdig met een natuurlijke rangschikking volgens huidige inzichten. Voor Batsch en zijn tijdgenoten echter was de levende natuur een statische samenhang, bewegend volgens vaste banen, functionerend zoals een uurwerk. Daarom is zijn tuinplan natuurlijk, en maakt het de natuurlijke rangschikking zichtbaar.

Een tweedelige *Synopsis Universalis Analytica* verscheen in 1793 en 1794, gebaseerd op Linnaeus' systeem, naar Batsch verklaarde, maar aanzienlijk vermeerderd en aange-

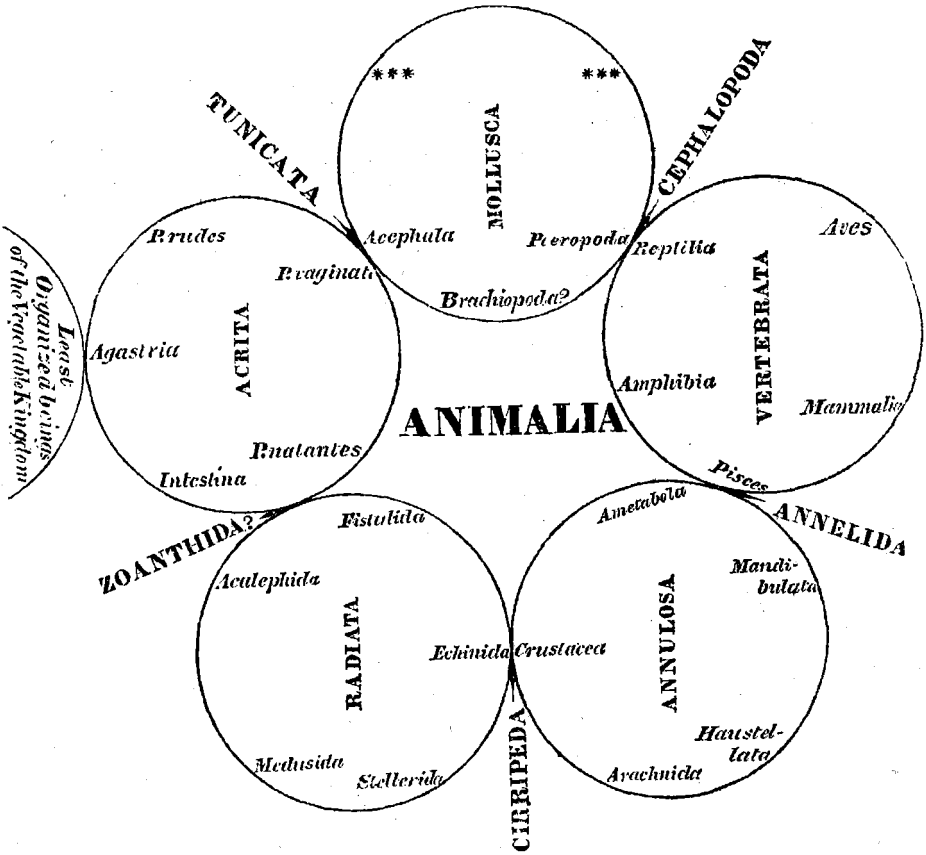


Fig. 84. Het vijfvoudig dierenrijk volgens de rangschikking door W.S. Macleay. Darwins besluit om de Cirripedia (Rankpootkreeften: Eendemossels en Zeepokken) te bestuderen werd veroorzaakt, of althans sterk bevorderd, door het systeem van het Dierenrijk dat W.S. Macleay (1792 – 1865), de zoon van de vooraanstaande naturalist en entomoloog A. Macleay (1767 – 1865), ontwierp. W.S. Macleay bedacht, neo-Platonisch bevlogen, een systeem met modulus 5; hij droeg de Naturphilosophie een warm hart toe.

In Macleays systeem zijn de Cirripedia het scharnier tussen Radiata (bij voorbeeld Zeeëgels) en Annulosa (bij voorbeeld Kreeften). Zij nemen dus een sleutelpositie in als over afstamming wordt nagedacht en zeedieren waren Darwins eerste belangstelling. Hij berichtte over zijn eerste biologische waarnemingen langs de kust van de Firth of Forth tijdens een vergadering van de Plinian Society in 1826 toen hij 17 jaar was.

vuld met later werk.

Goethe kende Batsch goed en was in zijn systematische werk geïnteresseerd, want het streefde naar een overkoepelende samenhang, naar immateriële eenheid. Zijn invloed komt duidelijk naar voren in Batsch' poging de diversiteit van de vormen in het dierenrijk toe te lichten (1800).

De slotsom van Batsch' plantensystematiek kwam in 1802 van de pers (*Tabula Affinitatum*). Hij legt zijn geloofsbelijdenis af. De begrenzing van de families (*designatio familiarum*) begint door ontvankelijkheid voor de gedaante (*sensum physiognomicum*) en tevens voor het totaal van de tot uitdrukking gekomen dingen, een inzicht dat men zich voorafgaand aan de analyse door aanschouwing heeft eigen gemaakt, dat in overeenstemming daarmee geheel en al een werkstuk van de verbeeldingskracht (*omnino phantasiae ope*) is. Batsch verdeelt het plantenrijk in 8 klassen:

Classis I: Rosaceae
Classis II: Cruciatae
Classis III: Ringentes
Classis IV: Liliaceae
Classis V: Incompletae
Classis VI: Monopetalae
Classis VII: Compositae
Classis VIII: Cryptogamae.

Het zou te ver voeren de motieven na te gaan die Batsch had voor zijn volgorde van acht klassen en voor hun samenstelling. Hier noem ik slechts dat hij met Roosachtigen begon en dat Roosachtigen nu juist voor Oken - zijn geestverwant - een struikelblok werden, het sluitstuk van zijn systeem, zeven jaar later. L. Oken (1779–1851) doceerde in Göttingen en na Batsch' dood in Jena (1807–1819).

Vier is het Pythagorese getal voor ♀, het lichamelijk voortbrengende, en het vierkant, de figuur die twee rechthoekige driehoeken samen maken, de heilige tetractys (p. 146). Oken wist dat de levende natuur uit driehoeken en in viervoud samengesteld is en ontwierp zijn quaternaire systeem. Het verscheen in 1809 in druk (Oken zei later '1810'), in een voorlopige vorm. De Allgemeine Naturgeschichte für alle Stände (Botanik 2(1), 1841) gaf Oken de gelegenheid zijn plantensysteem in uitgewerkte vorm beschikbaar te stellen.

Na een toelichting op de geschiedenis van de systematiek volgt Okens systeem volgens zijn 'Philosophische Anordnung'. Oken herinnert o.a. aan Linnaeus en De Jussieu, en noemt ook K. Sprengels 6e editie van Linnaeus' *Systema Vegetabilium* (1825–1825) en D. Dietrichs *Synopsis Plantarum* (1839).

Het systeem voor het plantenrijk heeft dezelfde bouw als het systeem voor het dierenrijk. Het orgaan en zijn bouw is de maatstaf voor beide; rekenkunde en meetkunde beheersen de architektuur.

Voor dieren geldt dat insekten de materialisering zijn van het concept: longenstelsel, vissen van het gebeente, amfibieën van het spierstelsel, vogels van het zenuwstelsel en 'haardieren' van het zintuigenstelsel. Om het plantensysteem te kunnen construeren moeten we dus weten, om te beginnen, welk orgaan een plantengroep tot uitdrukking brengt.

Okens erkent daar eerst wel moeite mee gehad te hebben, maar na enige overweging begreep hij dat zich zestien planteorganen laten onderscheiden. Dus moeten er ook zestien klassen zijn. De uitwerking van deze optellingen bood geen noemenswaardige moeilijkhe-

den, zij het dat de expressie van de appel nog min of meer onzeker blijft. De zestien klassen zijn dus Okens natuurgetrouwe toepassing van het essentialisme in de Naturphilosophische systematiek.

De zestien organen rangschikt Oken in trio's. Het levert vijftien (3 × 5) klassen en de 16e klasse is voor de (twist)appel bestemd.

De uitkomst is dat men Acotyledones (mergplanten), Monocotyledones (schede- of foedraalplanten) en Dicotyledones (orgaanplanten) moet onderscheiden. Hierbij moet worden onthouden dat Oken de naam 'merg' (Mark) voor weefsels gebruikt. Weefsels zijn cellen of aderen (vaten), of spiraalvaten. Zodoende worden de Acotyledones: (1) celplanten (Fungi), (2) vaatplanten (Bladmossen, Korstmossen en Wieren), en (3) spiraalvatplanten (Varens).

Oken verichtte een kolossale arbeid om het hele plantenrijk op deze manier in het gelid te zetten en in enig detail uit te werken. Overigens maakte hij wel snel vorderingen, want onzekerheden of onjuistheden in kleinigheden konden zijn vaart niet temperen.

Nog vermeld ik hoe hij in 1841 in staat was om de parallellen tussen de plant- en dierklassen bekend te maken, viervoudige overeenstemmingen. Voor het rechte begrip moet men het vogelei betrekken bij de vergelijking.

Uit Okens lijst kies ik de kwartetten: eidooier = infusoriën = lintwormen = paddestoelen; de eischaal = kwallen = rondwormen = varens; aderen = krabben = zeeëgels = Rubiaceae. Een brede kennis van deze stand van zaken leert in een oogopslag de medicinale werking van planten kennen en de organen waar zij op inwerken.

Elke Klasse verdeelde Oken in 16 Zünfte (niet-ingewijden spreken van Families). Het plantenrijk bestaat dus uit 256 Zünfte. Zestien genera maken één Zunft, en elk genus bevat weer zestien soorten, zodat 65 536 soorten moeten worden herkend.

Het getal 10 speelt natuurlijk ook een rol in Okens systeem. Het is de som van 1 + 2 + 3 + 4, het Pythagorese getal dat onze rekenkunde bleef beheersen. Hier laat ik het bij de mededeling, dat de Acotyledones 3 maal 256 genera tellen, de Monocotylen evenveel en dat de Dicotylen 10 maal 256 genera omvatten.

Een terugverwijzing naar Linnaeus' inzichten toont verschillen en overeenkomsten met Okens aanpak. Linnaeus verklaarde in 1759 (*Syst. nat.*, ed. 10(2): 826) dat de bloem is samengesteld uit de kelk (cortex), de kroon (*liber, floëem*), de meeldraden (xyleem) en de stamper (medulla, merg), een viervoudige expressie van vier hoofdorganen van hogere planten.

Het merg, verzekeren Platoon en Linnaeus, is door de Schepper toegerust met een veelvoud van vormingsmogelijkheden. In het eerste stadium van schepping, preciseerde Linnaeus, ontstonden ongeveer 60 prototypen, vergelijkbaar door hun vormen met Orden in aanleg. De vermenging van de 60 verschillende cortex-typen (uit het buitenste merg) met 60 verschillende medulla-typen (uit het binnenste merg) leidde tot 3600 genera.

In die genera bracht de natuur de cortex en de medulla opnieuw tot diversificatie en tot vermenging, zodat omtrent 60^3 soorten ontstonden, zo'n 216 000 (berekening door Bremekamp, 1950, 1953 en door Stafleu, 1971: 27, 137, 138).

De gedachtegang en de aanpak corresponderen in zo hoge mate met de methode van Oken, en van de Naturphilosophen in het algemeen, dat de waardering in die kringen voor Linnaeus begrijpelijk is. Het verklaart ook waarom een langdurige pennestrijd ontstond over de *prolepsis*-theorie van Linnaeus (IX.30) en de Metamorphose-theorie van Goethe (p. 836): wie de prioriteit toekwam.

De vergelijkende studie van tenminste nog een half dozijn andere Naturphilosophische

systemen uit de vroege 19e eeuw, alle nu vergeten, zou boeiende cultuurhistorische vergezichten openen. Ik moet het laten bij een vluchtige notitie.

J.B. Spix (1781–1826), geboortig uit Zuid-Duitsland, de streek waar Paracelsus en Oken ter wereld kwamen, een land van biowaarzeggers en zieners, was een bezielde onderzoeker die naar Platonisch voorbeeld de levende natuur doorschouwde.

Hij studeerde natuurlijke historie en medicijnen, promoveerde tweemaal en werd een toegewijde leerling van Von Schelling. Studiereizen naar Parijs en Italië gingen aan zijn benoeming vooraf als Conservator van de zoölogisch-zoötomische [dieranatomische] collecties van de Beierse Akademie van Wetenschappen in München (1810). Met Martius (en nog enige andere natuuronderzoekers) ging hij met de aartshertogin mee op expeditie in Brazilië (1817–1820) en verzamelde in het Amazonegebied en de Andes om na terugkeer de zoölogische collecties te bewerken (Apen, Vleermuizen, Vogels en Reptielen. Agassiz (XII.43) deed de Vissen).

Spix wilde Okens diersystematiek verbeteren, uitgaande van de schedelbouw (de interpretatie van het kopskelet volgens Goethe's en Okens opvattingen vermeld ik in IX.34). Spix schreef in 1815 *Cephalogenesis*, een vergelijkend morfologische studie van de schedelbeenderen bij alle diergroepen, zowel de embryonale als de volgroeide bouw.

Het dierenrijk laat zich volgens Stufen rangschikken en deze gelaagdheid – kenbaar door vergelijkende studie van de thans levende dieren en de fossiele dierenwereld – toont ons de 'goddelijke architectonische kunst van de Natuur', aldus Spix in 1811 (Geschichte und Beurtheilung aller Systeme in die Zoologie...). Leven ontstaat door *generatio spontanea* (XII.11) en het ei is de beginmetamorfose van alle dieren, de eerste larve. Het dierenrijk bestaat uit 9 Stufen: *zoophytum, vermis, insectum, molluscum, piscis, amfibium, avis, mammale, homo.* De hiërarchie van het dierenrijk laat zich versymboliseren door concentrische cirkels (Giseke, 1789, Linnaeus' leerling): Klassen / Order / Familien / Genera / Abarten. Vijf ringen.

Aan I. Jahn (1982: 318) dank ik het volgende citaat uit Spix dat Hayata niet kende (p. 1040), maar hem op het lijf geschreven is.

> 'Kunstmatige systemen zijn het resultaat van subjectieve voorkeur, omdat een willekeurig deel van een organisme uitgekozen en bij alle dieren vergeleken wordt en alle volgens die maatstaf gerangschikt worden... De natuurlijke methode vereist, integendeel, dat alle delen en eigenschappen van de organismen in aanmerking komen, zodat in de natuurlijke ordening niet alleen de organen van een individueel dier in samenhang, maar ook het beweeglijke verband van alle dieren onderling, zoals de wijd en zijd verbreide geledingen van een enkel kolossaal organisch lichaam (*anima mundi*) tot uitdrukking komen.'

De getalmagie had ook aanhangers in Engeland. A. MacLeay (1767–1848), een Schot die in de Zuidoostaziatische tropen insekten en Lagere Planten verzamelde en als hoge regeringsambtenaar in Australië (Sydney) goed biologisch werk verrichtte, inspireerde zijn zoon, W.S. MacLeay (1792–1865), tot het opstellen van een cirkelsysteem voor het dierenrijk met het getal 5 als modulus (fig. 84).

J.J. Kaup (1803–1873) publiceerde in 1844 een Classification der Säugethiere und Vögel in harmonie met de vijf mensezintuigen, die Kaup wel wat anders onderscheidde dan tegenwoordig gebruikelijk is.

De dieranatomie is vijfvoudig. Anatomisch (en organisch) bestaan de dieren uit 5 stelsels: (1) zenuwen, (2) ademhalingsorganen, (3) skelet, (4) spieren en spijsverteringsorga-

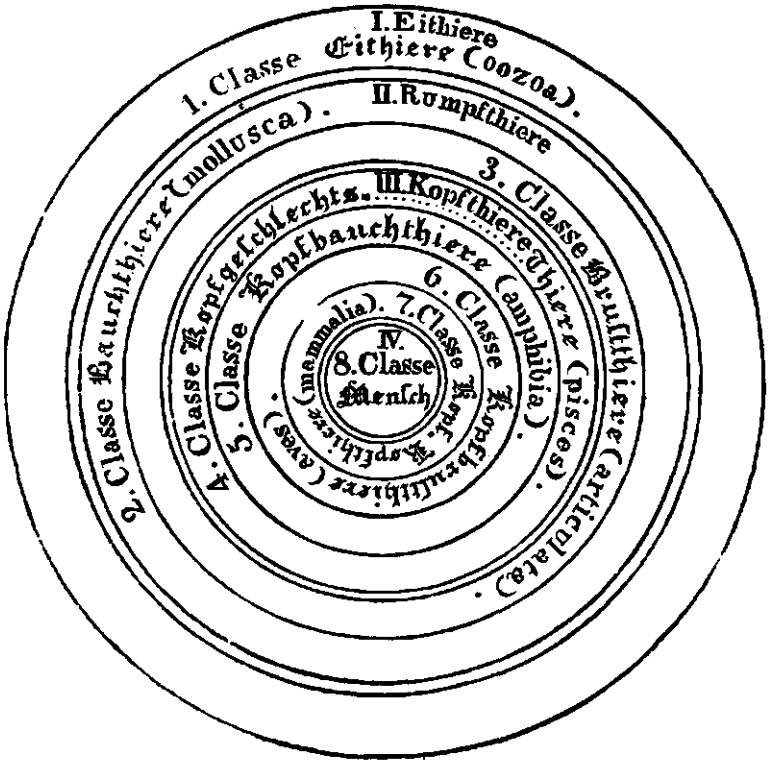


Fig. 85. De opbouw van het systeem der dieren volgens C.G. Carus (Lehrbuch der Vergleichende Zootomie; 1834: 21). Het natuurlijke systeem behoorde, schematisch voorgesteld, de vorm en bouw van de macrokosmos te tonen, weerspiegeld in de microkosmos volgens Naturphilosophische inzichten. Wiskundige vormen, volmaaktheid en harmonie, volgens Pythagoreïsche en Platonische richtlijnen. Zo besloot C.G. Carus tot een hiërarchie van groepen die men stuk voor stuk als een bol kon opvatten, een sfeer, en de verschillensferen elkaar omkapselend. Zijn tekening toont de dwarsdoorsnede door de dierenwereld. Zeven diersferen in overeenstemming met de harmonie van de zeven sferen. Het dierenrijk is vierledig: Eidieren, Rompdieren, Kopdieren en ten vierde de Mens. Deze laatste is het middelpunt van de macrokosmos (zoals de romantiek dat vereist). Zeven sferen omcirkelen hem. De buitenste sfeer (Classe Eithiere) is het kosmische ei, de tweede sfeer is de weekdieren (Classe Bauchthiere) die slechts uit een romp bestaan. De derde sfeer is Borst- of Gewrichtsdieren (Articulata), de vierde is Kop-Geslachtsdieren (Vissen), de vijfde is Kop-Buikdieren (Amfibiën) de zesde is Kop-Borstdieren (Vogels) en de zevende sfeer is Kopdieren (Zoogdieren). De zeven sferen zijn samen een van alle lichaamsdelen voorzien kosmisch dier: het Dierenrijk. Carus' systeem is rechtstreeks uit Okens systematiek (X.30) afgeleid. Door dit 'natuurlijke systeem' had Carus de Platonische en alchemistische getallensymboliek in de taxonomie tot uitdrukking gebracht: vier (even) in de acht Klassen, en drie (oneven) in de vier + drie sferen. De octaaf in de muziekleer sluit niet toevallig hierbij aan en ik laat een wereld van natuuroverpeinzingen die hun echo's nog krachtig in de huidige biologie laten horen, onbesproken. Ik wil er nog slechts op wijzen dat Carus' zevende hemel de sfeer is van het ei, de kosmische levensbron, voorwerp van biologisch onderzoek bij uitstek. Carus' model voor het systeem van het dierenrijk had overigens een voorganger voor het plantenrijk. P.D. Giseke maakte een rangschikking volgens concentrische cirkels van de Linneaanse groepen in 1789 (p. 947, 1012). C.G. Carus (1789, Leipzig – 1869, Dresden) studeerde medicijnen in Leipzig en Halle. Als hoogleraar was hij in Leipzig (anatomie, 1814) en in Dresden (gynaecologie) werkzaam. Hij zette Okens museale werk in Leipzig voort en werd president van de Deutsche Akademie der Naturforscher ('Leopoldina'). Goethe behoorde tot zijn vrienden. Carus schreef enige waardevolle handboeken, o.a. het bovengenoemde over vergelijkende anatomie. Zijn taxonomische rangschikking van het dierenrijk is een zeer goede toelichting op de gedachtenwereld van de Naturphilosophen. Schleiden trof (in 1842) in de 'zogenaamde wetenschappelijke (philosophische) inleiding' van Carus' fysiologie 'geen greintje wetenschap aan'.

nen, (5) huid en voortplantingsorganen. Deze 5 catagorieën gaan samen met een vijfdeling van het lichaam: (1) kop, (2) borst, hals en voorpoten, (3) romp en wervels, (4) buik met maag en staart, (5) bekken en achterpoten.

De 5 lichaamsafdelingen zijn verbonden met vijf zintuigen: (1) oog en zenuwen, (2) oor en ademhalingsorganen, (3) neus en skelet, (4) tong en spieren en spijsvertering, (5) huid en urogenitaalsysteem.

Het getal 3 mag natuurlijk niet ontbreken. Er zijn drie Unterreichen in het dierenrijk en elk Unterreich bestaat uit 5 Klassen: huid-, tong-, neus-, oor-, en oogdieren. Bij voorbeeld: het eerste Unterreich bestaat uit 4 Klassen gewervelde dieren plus de Weekdieren.

Men zou in de bloesemende wildernis van de vroeg-19e-eeuwse systematiek nog lang willen ronddwalen, maar het moet bij deze voorbeelden blijven. Naast de zoekers naar vijfvoudigheid systematizeerden anderen in viervoud. Oken kwam zojuist ter sprake. Reichenbach oordeelde dat de Natuur zich, in principe, in viervoudigheid geordend heeft. Zijn tijdgenoten, en biologen nog jaren daarna, ondergingen zijn invloed. E. Stresemann (Der Entwicklung der Ornithologie von Aristoteles bis zur Gegenwart; 1951) herinnerde eraan dat A.E. Brehm voor zijn fameuze Illustriertes Thierleben (eerste editie 1864–1869) – een boek dat veel jonge biologen stimuleerde – Reichenbachs Das Natürliche System der Vögel (1852) als model adopteerde.

Het systeem voor het plantenrijk dat Reichenbach in zijn Übersicht des Gewächsreiches had opgesteld (1828) werkte hij verder uit in Handbuch des natürlichen Pflanzensystems (1837).

H.G.L. Reichenbach (1793–1879), sedert 1820 hoogleraar in de natuurlijke historie en directeur van de Botanische Tuin in Dresden, schreef talrijke en omvangrijke boeken waarvan *Icones Florae Germanicae* nog steeds aan de vooraanstaande plaats herinneren die Reichenbach in zijn tijd innam. Hij distribueerde duizenden gedroogde Duitse planten, duplicaatcollecties die het wetenschappelijke verkeer stimuleerden. Zijn zoon H.G. Reichenbach (1823–1889), die in Hamburg sinds 1863 dezelfde functies als zijn vader in Dresden bekleedde, werd een leidende specialist voor de orchideeënsystematiek. Ons houdt het werk van Reichenbach senior bezig; hij was een gloeiende romanticus en ontwikkelde een plantensysteem gedreven door Naturphilosophische gevoelens.

In 1828 deelde hij mee dat het plantenrijk uit Vezelplanten (Faserpflanzen: Fungi en Korstmossen), Stockpflanzen, Blätter- und Fruchtpflanzen bestaat (*Conspectus Regni Vegetabilis*).

Reichenbach verklaarde in 1837 de Stamm oder Verzweigung des Gewächsreiches te hebben voltooid. Van nature zijn er Klassen, Orden, Families, Genera en Soorten. De verwantschappen leert men kennen voorgelicht door de Metamorphose, de geografie en de polariteit van de planten. Hij begint met zijn lezers een overzicht aan te bieden van de historie van de systematiek en laat een beschouwing volgen gewijd aan de levende natuur mit deutschem Auge und deutschem Gemüthe. Door de toepassing van Goethe's Metamorphose-leer komt Reichenbach tot een Beschauung des Pflanzenreiches in seiner Totalität. Hij kan zeven Klassen aanwijzen.

Klasse I: Fungi
Klasse II: Korstmossen
Klasse III: Chlorophyta. Het zijn o.a. Algen, Bladmossen en Varens, en Reichenbach rekent de *Cycas*- en *Zamia*-achtigen tot de Varens.

Klasse IV: Coleophyta of Scheidenpflanzen. Zij onderscheiden zich door het bezit van bladscheden of schutbladen.
Klasse V: Synchlamydeae of Zweifelblumige. Hier ontmoeten *Najas*-achtigen, Chara (Kranswieren), Hoornblad (*Ceratophyllum*) en Wolfsklauwen (*Lycopodium*) elkaar, in één Orde. In een andere Orde staan de Coniferen (Kegeldragers), Proteaceae, Paardestaarten (*Equisetum*) en Thymelaeaceae verdraagzaam bijeen.
Klasse VI: Synpetalae of Ganzblumige.
Klasse VII: Calycanthae of Kelchblüthige.

Er zijn totaal 132 (4 × 33) families. Een blik op de rangschikking leert dadelijk hoe Reichenbach, in de traditie van Oken en Von Schelling, elke oppervlakkige gelijkenis (Analogie) als een bewijs voor verwantschap hanteert.

De Urquell der Wissenschaft droeg Linnaeus in zich, zei Reichenbach. Wat voorgangers aan goeds gezaaid hadden, verzorgde Linnaeus en 'liet het kiemen en uitbotten (knospen) tot vreugde van de samenleving (Mitwelt)'. Deze overdenking is de opmaat naar een dithyrambe over Linnaeus (die herlezen volop waard blijft). De Jussieu kon Reichenbach ook wel waarderen, ofschoon hij te onvast was in zijn opvattingen (vagirendes Prinzip) hetgeen een willekeurige volgorde van de taxa tot gevolg had.

De deutsche Botanik, vervolgde Reichenbach, bracht de synthese tussen de twee antipoden, Linnaeus en De Jussieu, tot stand, hetgeen uitmondde in het objectieve begrip van de samenhang in de hele levende natuur. Dank zij Goethe's Metamorphose der Pflanze, een verhandeling geheel en al geschapen voor het tiefe deutsche Gemüth en die enige auteurs kon bezielen. Reichenbach wil slechts twee daarvan noemen: Ch.G. Nees von Esenbeck (Handbuch der Botanik) en F.S. Voigt (System der Natur und ihre Geschichte; 1817). Voigt (1784–1850), hoogleraar in Jena, zorgde voor de in het Duits vertaalde uitgaven van Franse biologen (onder meer Cuviers Règne Animal) en paste Goethe's opvattingen toe in zijn eigen werk (Jahn c.s, 1982: 281). Mägdefrau (1973: 125, 180) typeerde Voigt als een 'verworrene kritiklose Geist', maar liet niet na te vermelden dat hij tot de Duitse geleerden behoorde die in de eerste twee decaden van de 19e eeuw het transformisme verdedigden, zoals Lamarck kort tevoren in Frankrijk. Voigt vond evenmin gehoor, ook niet bij zijn bewonderaar Reichenbach die nu eenmaal, zoals Goethe, een afstammingsleer naar Lamarckse of naar Darwinse snit volkomen vreemd was.

Bij Reichenbach keert het model van de *scala naturae* terug. Van elk taxon boven soortniveau moet men de hoogste ontwikkeling vaststellen (vollendeten Typus) en daarna de overgangsvormen aan weerszijden vinden, hoger (Steigerung) en lager (Zurückgeblieben) die de afstand naar de buurvorm overbruggen.

Reichenbachs inleiding tot zijn Handbuch, met pagina's vol winderige wijsgerigheid, hoe vergeten en verouderd hij ook moge zijn, blijft amusante en leerzame lectuur, een historisch curiosum.

B. Hayata (1874–1934), hoogleraar voor de plantkunde in Tokyo, zocht nog in de 20e eeuw naar een systematiek voor het plantenrijk volgens Naturphilosophische richtlijnen, in het bijzonder die welke Goethe had gegeven.

Darwins evolutietheorie schiet te kort, zegt Hayata (*Ic. Pl. Formos.* 10, 1921: 75–95), want hij vereist een fylogenetisch stamboom-model. Het natuurlijke bestel heeft Goethe omschreven: 'De Natuur schept eeuwig nieuwe gedaanten. Wat nu leeft leefde nimmer in het verleden, en wat geweest is zal zich nooit meer herhalen. Alles is nieuw en blijft

toch gelijk aan het aloude.'

Door de Metamorphose der Pflanzen te bestuderen (1790) begreep Hayata dat Goethe's opvatting over de samenhang van de planteorganen overeenstemde met zijn gedachten over de samenhang van de soorten.

Goethe schreef bovendien: 'Al wat leeft is niet enkel- maar meervoudig. Zelfs al schijnt ons een levend wezen een zelfstandig individu, het is niettemin een verzameling van levende zelfstandige wezentjes (Wesen) die als Idee of concept (Anlage) aan elkaar gelijk zijn, maar die gematerialiseerd (in der Erscheinung) al dan niet gelijk en hetzelfde, of anders en ongelijk kunnen worden.'

'Die wezentjes zijn ten dele al bij hun ontstaan aan elkaar verbonden, ten dele ontmoeten zij elkaar en verenigen zich. Zulke paren gaan uiteen en komen weer bijeen (Sie entzweien sich und suchen sich wieder), en zo komt een onmetelijke menigte voortbrengselen tot stand, op elke manier en alzijdig.' Hayata wijst erop dat A. Bielschowsky Goethe's 'levende zelfstandige wezentjes' als cellen interpreteerde (Goethe, sein Leben und seine Werke; 1911), maar hijzelf denkt dat het de genen zijn, volgens moderne biologische inzichten, die Goethe aanduidde (De Wit denkt aan Leibniz' Monaden; VII.1).

Terecht noteerde Hayata dat Goethe geen transformisme bedoelde (een misvatting van bij voorbeeld F. Cohn in Die Pflanzen; 1896: 122) en hij wilde Goethe's visie vangen in zijn participatie-theorie, die steunt op de wederzijdse bindingen tussen de genen.

Een aantal verschillende genen brengen in samenwerking een orgaan voort; het is een samenwerking die zowel onmiddellijk en daadwerkelijk is, en die ook op de toekomst gericht is, een toekomst die voorziet in het samenleven van en uitwisselen tussen plantindividuen. Het universum is een alzijdige samenhang; alles is met alles verbonden (Hayata had hier Leibniz kunnen citeren: 'tout se tient').

Zijn participatie-theorie wil Hayata vergelijken met Vines' standpunt. S.H. Vines (1849–1934), plantenfysioloog, leerling van Sachs en hoogleraar in Oxford, concludeerde dat in een eencellige plant, wortel, stengel en blad in posse aanwezig zijn, zoals de mens in de amoebe. Het vergt wat tijd voordat de ingeboren neiging tot een meer complexe bouw, die zowel in de eencellige als in de amoebe aanwezig is, tot volle ontwikkeling kan komen.

Welnu, vervolgt Hayata zijn betoog, geen nieuw gen wordt ooit voortgebracht, geen bestaand gen zal ooit verdwijnen, Genen zijn latent of actief, nooit geïsoleerd en altijd gekoppeld aan hun *essentia*. Om de lezers zijn theorie te verduidelijken, vergelijkt Hayata individuele organismen met een wirwar van rozekransen, een kluwen van snoeren talloze kristallijne kralen die allerlei kleuren en tinten kunnen weerspiegelen. De kralen zijn met genen vergelijkbaar. Nooit leiden zij een eigen onafhankelijk bestaan en zij zijn zichzelf en blijven die ze zijn, alle met dezelfde potenties maar met een verschillende toekomstige ontwikkeling. Nu eens maakt de natuur sommige latent en dan weer andere actief.

Goethe had verklaard dat de zaadlobben en de latere stengelbladen wezenlijk dezelfde organen zijn. K. von Goebel had het bevestigd (Organographie der Pflanzen; 1898–1901: 588–605). De kransstand van organen, van bladeren, die de kiemplant van sommige Coniferae (*Pinus*) zo treffend toont door de stand van zijn cotylen, vinden we terug bij de Verticillatae (*Casuarina*). De Duitse School (X.33,34) volgde hier Goethe en Goebel, en Hayata sloot zich aan: zo'n overeenstemming moet in een goed systeem tot uitdrukking komen.

Langs drie wegen, zegt Hayata, kunnen soorten ontstaan: (1) schepping, (2) evolutie, (3) volgens Goethe's Metamorphosenleer (in de vorm van Hayata's participatie-theorie, dat is gemeenzame, oneindig veel en gecoördineerde genen-activiteiten). De participatie-

theorie is de basis van Hayata's 'dynamische systeem'.

In 1928 lichtte Hayata zijn opvattingen over systematiek met drie artikels toe (Proc. 3rd Pan-Pacific Sci. Congr. Tokyo 1926, vol. II; 1867–1876). Zijn studies van de vegetatie op de Fujiyama brachten hem tot de successie-theorie. Elke soort en elk plantengezelschap zal van nature door zichzelf te gronde gaan, zijn plaats op aarde overlaten aan een opvolger, onverschillig welke. Natuurlijke teeltkeus, selectie en fylogenie zoals Darwin verdedigde, zijn illusies. Er is een *causa* (something essential) die dit komen en gaan teweegbrengt zoals een man die de trekdraden van marionetten manipuleert, en Hayata duidt die *causa* aan als 'innermost factor'.

Interacties, interrelaties en correlaties van genen, werkzaam door een immanente aandrift (intrinsic necessity) brengen soorten tot leven en vernietigen ze. Elk taxon heeft talrijke directe voorouders. De Darwinse evolutieleer daarentegen schrijft een progressie, een toenemende ontwikkeling toe aan nakomelingen, veroorzaakt door één factor of weinig factoren, maar progressie is een illusie. Uit één of weinig voorouders ontstaan talrijke rassen, zeggen Darwinisten, en het is een onbewezen, zelfs onjuiste veronderstelling.

Terwijl Hayata zich beroept op J.P. Lotsy (Evolution by Means of Hybridization; 1916), J.C. Willis (Age and Area; 1922) en W.B. Crow (Phylogeny and Natural System; 1926) die evenals hij het Darwinisme afwijzen, luidt zijn conclusie dat morfologie het enige middel is om te ordenen. Nooit zijn morfologische eigenschappen echter in staat het bewijs te leveren voor een afstammingsreeks.

Soorten zijn veelzijdig verwant en elk kenmerkenpatroon verandert voortdurend door inwendige oorzaken. Ook Darwinisten kunnen in het minst niet aannemelijk maken dat de kenmerken die voor hoofdgroepen gelden, voor een Klasse, Divisie of Fylum, door adaptatie of selectie ontstaan zouden zijn.

De planten moeten groepsgewijs gerangschikt worden binnen een bewegend en veranderend bestel, een netwerk, een dynamisch systeem (dynamic system). In die ordening, in een systeem, krijgt een soort, een taxon, een plaats afhankelijk van de voorkeur van de systematicus voor het ene of het andere kenmerk in de morfologische constellatie dat naar zijn smaak en oordeel leiding krijgt. Deze stand van zaken is de natuurlijke orde.

De Naturphilosophische systematiek heeft Hayata consequent doordacht. Onnodig op te merken dat zijn conclusies geen weerklank vonden, geen weerwoord. Zijn 'dynamic system' past uitstekend bij de waarnemingen en ervaringen van elke systematicus. Het welbekende verschijnsel, dat als nieuwe fossiele vormen gevonden worden zij zich nimmer voegen in een voorontwerp van een fylogenetische lijn, maar altijd een grensoverschrijdende plaats moeten innemen, bevestigt Hayata's stellingen. Meer en meer worden groepen die aanvankelijk van dezelfde stamouder schenen voortgekomen te zijn, beschouwd als groepen met een parallelle ontwikkeling, zij aan zij. Na grondig onderzoek van een 'homogene' groep onderscheidt een systematicus in de regel een aantal subgroepen, elk met eigen voorouders (polyfylogenie). Dikwijls wordt het ontstaan van hetzelfde taxon op meer dan een plaats vermoed (polytoop) om verwantschap en geografische verspreiding verklaarbaar te maken. De mutatie-theorie, bastaardering, polyploïdie, alloploïdie, ze sluiten alle ongedwongen bij Hayata aan.

Niettemin, een natuurwetenschappelijk bewijs voor het dynamische systeem ontbreekt. De theorie behoort tot de metafysica, evenals het Darwinisme. Beide theoriën zijn niet voor causaal, meetbaar, herhaalbaar en controleerbaar (falsifiabel) onderzoek vatbaar en beide moeten zich beroepen op de schijn van de dingen. Het Darwinisme echter wordt door het 'dynamic system', de ware natuurlijke ordening naar Hayata's overtuiging, niet

bedreigd. Natuurlijke teeltkeus, selectie, 'survival of the fittest', progressie naar beter en hoger, ondergang van de ondeugdelijken; het zijn alle voor de mens, natuuronderzoeker of niet, onverbeterlijk verleidelijke perspectieven. Al die begrippen kunnen deelnemen aan Hayata's dynamische ordening van de levende natuur.

31. De herkomst van de Bedektzadigen (Angiospermae)

Planten in het bezit van één of meer (in een stengel gelegen) vaatbundels, waarbinnen zich voedend (bodem)vocht beweegt, heten Cormofyten. Endlicher bedacht die naam in 1836, terwijl hij alle overige, vaat- of vaatbundelloze planten Thallofyten noemde. Overigens, De Candolle had al in 1813 de principiële scheiding tussen vaat- en celplanten bepleit.

Vaatbundels ontbreken in alle plantaardige fossielen uit de oudste aardlagen; in het Boven Siluur leefden de eerste planten met eenvoudige vaatbundels. Om die reden mag men veronderstellen dat vaatbundellozen voorafgingen aan de van vaatbundels voorziene gewassen.

Misschien zijn groenwierachtigen voorouders van de Cormofyten, want groenwieren stemmen nog het meest met Cormofyten overeen. In zoetwaterpoeltjes levende groenwieren zijn beter met Cormofyten vergelijkbaar dan mariene en zo ontstond de hypothese dat in de randzone van periodiek uitdrogende ondiepe plassen groenwierachtigen (in het Siluur of daarvoor) langzamerhand landbewoners werden. Zowel in- als uitwendig veranderden zij om de levenscyclus op het droge en in de lucht te kunnen laten plaatsvinden.

Een gerichte reeks van ingrijpende wijzigingen was vereist. Men moet ze alle bedenken en ze zijn bedacht, maar fossiel of anders geaard materiaal behorend bij de migratie van groene Thallofyten uit het water en de noodzakelijke veranderingen bij hun vestiging op het land, ontbreekt.

De eerste Cormofyten waren stellig kruidachtig en kruiden zijn niet of nauwelijks fossiliseerbaar.

In 1859 (Quart. Journ. Geol. Soc. 15) beschreef I.W. Dawson een Canadees fossiel als *Psilophyton princeps*. Talrijke daarna gevonden fossielen daarbij gevoegd leidden tot de groep Psilofyten (de naam brengt het werk van Swartz in herinnering, X.27) en deze zouden, naar veel onderzoekers menen, de oorsprong van de Vaatcryptogamen en de Cormofyten zijn. Als Psilofyten gelden ook de Rhyniopsida.

In kiezelzandsteen in Aberdeenshire (Schotland) bij het dorp Rhynie werden fragmenten gevonden van eenvoudig gebouwde kruidachtige vaatplanten, die de naam *Rhynia* ontvingen. R. Kidston en W.H. Lang publiceerden over de *Rhynia*-flora vier artikels (1917-1921), die tijdens het Devoon zou hebben gefloreerd (On Old Red Sandstone Plants, Transact. Roy. Soc., Edinb. LI, LII). Tegen hun conclusies - het zouden de meest oorspronkelijke voorlopers zijn van de Cormofyten - zijn ernstige bezwaren ingebracht. Toch zijn de palaeobotanici algemeen van oordeel dat de eerste vertegenwoordigers van de huidige Vaatcryptogamen (varens, wolfsklauwen, en paardestaarten) en van de Cormofyten in het Boven Siluur en het Devoon geleefd hebben. Sommige Psilofyten zouden al sterk op de huidige vaatcryptogamen geleken hebben. De Maanvaren is een voorbeeld van een varen met overoude relaties.

De Cormofyten bestaan uit Vaatcryptogamen en Spermatofyten (Zaadplanten), die ook wel Anthofyten (Bloemplanten) genoemd werden en nog andere namen ontvingen. De meeste Cormofyten zijn Zaadplanten. De Zaadplanten omvatten de Naaktzadigen

(Gymnospermen) en de Bedektzadigen (Angiospermen). Met laatstgenoemden houden we ons hier bezig. Welke voorouders hebben de Bedektzadigen, en zijn de Naaktzadigen de oorsprong van de Bedektzadigen?

De tweedeling van de Zaadplanten in Naakt- en Bedektzadigen droeg bij tot de veronderstelling dat de Bedektzadigen uit de Naaktzadigen evolueerden. Het vergelijkend onderzoek van uitgestorven en nog levende plantegroepen heeft in de 20e eeuw aangetoond dat hiervoor elk bewijs ontbreekt en dat integendeel fossiele zogenaamde Zaadvarens (Pteridospermae), die sinds het Devoon en tot het Krijt hebben geleefd, de stamouders van Bennettitales (uitgestorven) in het Carboon geweest zijn, verder dat opnieuw uit Zaadvarens in het Perm de Cycasachtigen ontstonden en ten slotte dat Zaadvarens in het Trias de Bedektzadigen hebben voortgebracht.

De kegeldragers, de Naaktzadigen in het algemeen, zouden in het Carboon uit Cordaitales zijn voortgekomen, een groep planten die gedurende het Carboon en het Perm hebben geleefd. *Ginkgo*-achtigen zouden ook nakomelingen van Cordaitales zijn.

De systematische plaats en dus de oorsprong van *Cycas*-achtigen is zeer onzeker. Sommige Zaadvarens hadden echter de heel bijzondere bouw van de zaadbeginsels, zoals bij de tegenwoordige *Cycas*-achtigen voorkomt. Zelfs heeft G.W. Rothwell pollenbuisrestjes in het zaadbeginsel van een Zaadvaren aangetroffen (Science 175: 772–774; 1972).

Alle Zaadplanten hebben stuifmeel, korrels die 'kiemen', hetgeen wil zeggen dat een korrelbuisje tevoorschijn komt. Bij *Cycas* hecht dit buisje zich aan het zaadbeginsel vast – een heel bijzondere gebeurtenis – en als Rothwell zijn waarnemingen goed heeft verklaard, zou zijn vondst een krachtig argument zijn voor de herkomst van de *Cycas*-achtigen. De thans levende *Cycas*-achtigen zijn de laatste overlevenden van de *Cycas*-orde, die sinds het Boven Trias bekend is en in het Jura algemeen en met talrijke vormen voorkwam. Als Zaadvaren-voorouders zijn de gedachten soms uitgegaan naar fossiele Medullosaceae of *Lagenostoma*-soorten. Hoe dan ook, *Cycas*-achtigen zijn hoogstwaarschijnlijk niet de voorouders van de Bedektzadigen.

De thans levende Zaadplanten kunnen worden gerangschikt als (1) Naaktzadigen (in brede betekenis: Kegeldragers of Coniferae), (2) Chlamydospermae (*Gnetum*- en *Ephedra*-achtigen, en *Welwitschia*), en (3) Bedektzadigen. In een recente opstelling worden de Zaadplanten een afdeling met vier onderafdelingen: (1) Cycadospermae, (2)/ Coniferospermae (met inbegrip van *Ginkyo*), (3) Chlamydospermae en (4) Angiospermae (Stoffers e.a., *Compendium* van de *Spermatophyta*; 1982).

Rond de eeuwwisseling ontstond een neiging de herkomst van de Bedektzadigen bij de Chlamydospermen te zoeken, niet bij de Naaktzadigen. Een krachtig argument voor deze koerswending was de bestuiving. Naaktzadigen zijn windbestuivers. Strasburger ontdekte insektebestuiving bij *Gnetum* in 1871, Pearson bij *Welwitschia* in 1906 en Porsch bij *Ephedra* in 1911. Algemeen geloofde men dat *Cycas* eveneens door insekten bestoven zou worden, maar nader onderzoek leverde geen sluitend bewijs op. De meerderheid van de palaeobotanici is tot de overtuiging gekomen dat elk van de drie groepen een eigen evolutie hebben ondergaan, anders gezegd, dat zij in elk geval na het Carboon geen aanwijsbare onderlinge contacten met gevolgen voor afstamming hebben gehad.

Naakt- en Bedektzadigen zijn afzonderlijk uit gemeenschappelijke voorouders ontstaan, dachten de markies G. de Saporta en de hoogleraar te Marseille, A.F. Marion.

De Saporta (1823–1895), van Italiaanse adel, bestudeerde de flora van Zuidoost-Frankrijk en vond toevallig bij een handelaar in oudheden stenen met plantafdrukken afkomstig uit steengroeven in Aix-en-Provence. Te rade gegaan bij A. Brongniart (X.29)

wees deze hem op verschillen tussen de levende flora en de gefossiliseerde plantresten. Nader vergelijkend onderzoek van tropische planten in het Parijse Muséum stimuleerde De Saporta's belangstelling zozeer, dat hij daarna talrijke fraaie fossielen uit lagen die hij op zijn landgoed aantrof aan het licht bracht. Hij deed zeer goed werk over de tertiaire flora in de Provence. In 1860 verscheen zijn studie over bijna 500 uitgestorven soorten, die bewees dat ter plaatse eens een ander klimaat moet hebben geheerst. Standaardpublikaties over de flora van de Franse Jura (4 delen; 1871–1891) en over het Portugese Mesozoïcum gingen onder andere aan zijn grote onderneming vooraf om de verdwenen planten- en dierenwereld van het Secondair en Tertiair tezamen te reconstrueren (1879).

In samenwerking met Marion verscheen l'Évolution du Règne Végétal. Het eerste deel betrof Cryptogames (1881), het tweede Phanérogames (1885). De Phanérogames (en dus met inbegrip van de Bedektzadigen) werden voorafgegaan door een groep die zij Proangiospermes wilden noemen. Over deze uitgestorven planten werd weinig medegedeeld. Vele jaren later stelden O. Lignier en A. Tison voor om *Welwitschia* en de Katjesdragers tot die hypothetische Proangiospermen te rekenen (zodat deze nog in de huidige wereldflora vertegenwoordigd zouden zijn). Zelfs zou *Welwitschia* als een bedektzadige mogen worden aangezien (1912, Les Gnétacées; 1913, L'Ovule Tritégum. d. Gnétac.). Ofschoon Lignier (1855–1916), hoogleraar voor de plantkunde in Caen, zeer zorgvuldig anatomisch onderzoek deed slaagde hij er niet in in brede kring gehoor te vinden. Hij onderzocht stengelachtige fossiele planteresten (cauloïde) die in Normandië gevonden waren, vergeleek deze met de anatomie van thans levende planten en specialiseerde zich op de Carboonflora van Westfalen en van Silezië.

Omstreeks de eeuwwisseling gingen stemmen op *Gnetum* als een schakel tussen Naakt- en Bedektzadigen te beschouwen (bij voorbeeld Lotsy (1899), Lignier, en met enig voorbehoud Engler en Von Wettstein). Hallier (p. 1070), die de taxonomie bij voorkeur zo breed mogelijk wilde ondersteunen, wees erop dat van alle Naaktzadigen *Gnetum* de enige is met 'echte' houtvaten, zoals Bedektzadigen hebben.

O. Hagerup (1889–1961), leerling van Warming en van 1935–1960 Curator van het Botanisch Museum in Kopenhagen, dacht dat de *Gnetum*-achtigen een tussentrap kunnen zijn naar zowel de Naakt- als de Bedektzadigen. Hij schreef 4 artikels over afstammingsmogelijkheden (Danske Vid. Selsk. Biol. Medd. 11–14, 1934–1939) en betoogde dat *Gnetum* uit fossiele Wolfsklauwachtigen, Cordaitales en Coniferae zou voortgekomen zijn en dat, enerzijds, weliswaar Bedektzadigen uit *Gnetum*-achtigen ontstonden, maar anderzijds ook Bedektzadigen uit Zaadvarens en *Cycas*-achtigen evolueerden: Bedektzadigen hebben dus een 'diphyletische' oorsprong. Anatomisch onderzoek van de zaadbeginsels gaf M. Chadefaud aanleiding bezwaren tegen Hagerups standpunt te uiten (Rev. Sci. 84, 1946: 502–509).

In 1947 concludeerde F. Fägerlind dat niet alleen enige Proangiosperme groepen zich tot moderne Bedektzadigen ontwikkelden, maar dat bovendien nog vóór het ontstaan van de Proangiospermen een voorloper stamouder werd van *Gnetum, Ephedra* en *Welwitschia*: drie Chlamydospermen hebben dus een gemeenschappelijke voorouder. Hij baseerde zijn mening op het anatomisch onderzoek van de *Gnetum* fructificatio (Arkiv Bot. 33A: 1–47).

Terwijl Fägerlind een geïsoleerde ontwikkeling van de drie Chlamydosperme taxa na hun ontstaan bepleitte ontwikkelde zich een tegenstroom: de drie werden door 20e eeuwse systematici ook opgevat als drie genera in één familie (C.J. Chamberlain, Gymnosperms...; 1935) of als drie families in één orde (F. Markgraf, in Nat. Pflzfam. 2e ed.,

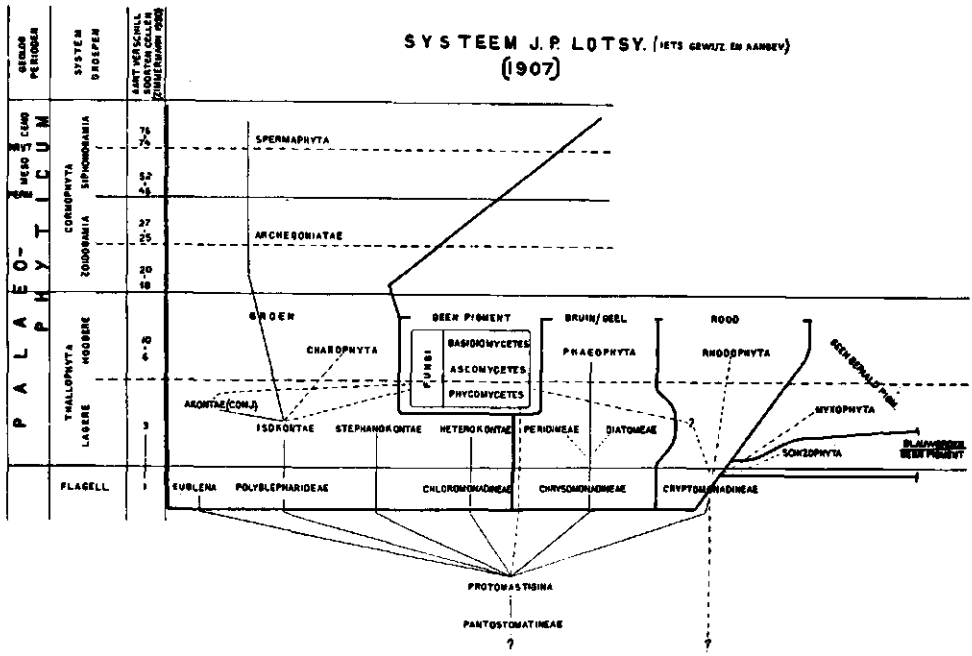


Fig. 86. Het systeem van het plantenrijk volgens Lotsy, door H.J. Lam gewijzigd en aangevuld (Acta Biotheor. A, II (3), 1936: 161). Met waardering van Hayata's 'ultra-dynamische ideeën' (p. 1040), dat wil zeggen met aandacht voor de Naturphilosophie, verwerkte Lam de richtlijnen van W. Zimmermann (1930) in Lotsys systeem (1907). Evenals Zimmermann, die een tweevoudig afstammingsmodel ontwierp (bifylese; Schizofyten en al hun nakomelingen, naast Eencelligen en al hun nakomelingen), zocht Lam een dubbelsporige plantenfylogenie. In later jaren zou hij een gevorkt systeem voor de Bedektzadigen uitwerken.

Van links naar rechts: in de eerste kolom de geologische perioden, in de tweede kolom de richtlijn (*fundamenta divisionis*): (Thallofyten (twee groepen), Cormofyten (twee groepen)). Merk op: Flagellaten (eencellige, gewimperde, bladgroen en kern bevattende organismen) het begin van de planten. In de derde kolom noteert Lam de toenemende graad van celdifferentiatie ('verschillende soorten cellen'). Thallofyten (1–10), Cormofyten (18 – 20), (25 – 27), (46 – 52) en (74 – 76). Een nadere studie wijst uit dat trekken van Englers systeem leiding geven bij de rangschikking (Lotsy was Engleriaan), maar vooral is interessant dat de celdifferentiatiegraden volgens Zimmermann en Lam duidelijk discontinuïteit aantonen.

vol. 13, 1926) of als drie orden in één Klasse.

Ik noteer nog dat de mogelijkheid overwogen werd dat, omgekeerd, Bedektzadigen voorouders van *Gnetum*-achtigen geweest kunnen zijn en dat laatstgenoemden als in de loop van de evolutie gereduceerde Bedektzadigen moeten worden beschouwd. Omdat *Gnetum* tot dusverre fossiel met zekerheid slechts door enige stuifmeelkorrels uit het Trias is herkend, zijn de vormverwantschappen van *Gnetum*-achtigen in het verre verleden bijzonder twijfelachtig.

Ephedra-achtigen worden als een goed onderscheiden groep bestudeerd sinds 1863, toen J.D. Hooker ze als verwanten van *Welwitschia* en *Gnetum* herkende (On Welwitschia, a New Genus of Gnetaceae). Zij hebben een eigen geïsoleerde plaats in het systeem behouden, maar hebben slechts in de Duitse School een belangrijke rol in de systematiek gespeeld. In de loop van de 20e eeuw wint de mening dat zij geen voorouders van Bedektzadigen zijn voortdurend veld.

Omstreden blijft de positie van *Ginkgo*, een ook in Nederland veel gekweekte boom uit Oost-Azië. Enige verwantschap met *Cycas*-achtigen en ook met Coniferen is onmiskenbaar. Fossielen wijzen uit dat de Ginkgo's reeds in het Onder Perm een vormenrijke groep waren en dat zij aanmerkelijk eerder verschenen dan de *Cycas*-achtigen (in Boven Trias) of de Bedektzadigen (in Boven Jura). Aanleiding om te vermoeden dat van de twee laatstgenoemde groepen de voorouders onder *Ginkgo*-achtigen gezocht moeten worden, is er niet of ternauwernood.

Met drie publikaties stelde L. Emberger een diep ingrijpende reconstructie van het plantensysteem voor: in 1949, Les Préphanérogames (Ann. Sci. Nat. Bot. XI. 10; 131–144), in 1960, Traité de Botanique (met M. Chadefaud; vol. II: 256–290) en in 1968, Les Plantes Fossiles dans leurs Rapports avec les Végétaux Vivants.

Een omvangrijke groep Zaadplanten heeft zaden die de moederplant loslaten terwijl zij een bevruchte eicel bevatten, maar geen embryo. Strikt genomen vermeerderen die planten zich door zaadbeginsels (zaadknoppen, bevruchte ovula), omdat het embryo zich zal gaan ontwikkelen nadat de fysiologische samenhang met de moederplant verbroken is. Naar evolutionaire maatstaf beoordeeld zijn de echte kegeldragers (Coniferen) verder geëvolueerd dan de laatstgenoemde Bedektzadigen, want hier ontwikkelt het embryo zich in het met de moederplant verbonden zaad (in de kegel).

Gesteund door recent onderzoek (M. Favre-Duchartre, Ginkyo, an Oviparous Plant; Phytomorph. 8: 377–390) onderscheidde Emberger Préphanérogames, de Vaatplanten met zaadbeginsels (ovules) die pas een embryo vormen nadat zij de fysiologische betrekkingen met de ouderplant verbroken hebben. Pteridospermen, Caytoniales, *Cycas*-achtigen, Cordaitales en *Ginkgo*-achtigen zijn Préphanérogames die als voorouders de Devonische Psilophytinae hebben (ze werden in de aanhef van deze paragraaf genoemd). De Phanérogames, de Zaadplanten in hoogste ontwikkeling, zijn Bennettitales, Chlamydospermen, Angiospermen (Bedektzadigen), en tenslotte Kegeldragers (Coniferae).

Embergers systeem bezit de schoonheid van een logische voortzetting van de leidraad voor de hoofdafdelingen van het hele plantenrijk: de voortplantingsbiologie uitgedrukt door morfologische en functionele eigenschappen. Zijn slotsom is echter zo revolutionair dat, althans voorlopig, geen uitzicht bestaat op algemene instemming.

Zoals de vondst van *Archaeopteryx* – het fossiele, vogelachtige reptiel – in de Jurakalksteen bij Solnhofen (Beieren) oproer in de fylogenetische studies van de gewervelde dieren teweegbracht, veroorzaakte *Archaeopteris* groot opzien. Het betrof sporedragende bladeren van in Noord-Amerika, Europa en Australië tijdens het Devoon en Onder Car-

boon levende planten, die aanvankelijk voor struiken werden gehouden. Planten met varenachtige maar ook naaktzadige eigenschappen. C.B. Beck ontdekte in 1960 (Brittonia 12: 351–368) dat *Archaeopteris* identiek was met gefossiliseerd hout van bomen uit dezelfde periode, die Ch.A. Arnold *Callixylon* gedoopt had (An Introduction to Paleobotany; 1947). Callixylon zijn resten van versteende stammen van grote bomen en *Archaeopteris* is het bijbehorende loof. Het hout is weliswaar karakteristiek voor een bijzondere groep, maar deze moet toch tot de Cordaitales gerekend worden.

Beck stelde mede op grond van deze vondst de klasse van de Pregymnospermen voor (1962). Het zijn, gelooft hij, voorlopers van de Naaktzadigen (Amer. J. Bot. 49: 373–382). De Pregymnospermen zouden in het Devoon als nakomelingen enerzijds Cordaitales en anderzijds Zaadvarens hebben gehad. Dit betekent dat nu de oorsprong van de Bedektzadigen in het Devoon gezocht wordt, dat wil zeggen reeds in de periode waarin de eerste landplanten verschenen zouden zijn.

Het Carboon en het Perm zijn de perioden waarin de Cordaitales ontstonden, leefden en verdwenen als we de fossielen mogen geloven.

R. Florin bestudeerde de opperhuid (epidermis) en de huidmondjes van Naaktzadigen, zowel die van uitgestorven als van nog levende groepen en kwam o.a. tot de conclusie dat de anatomische kenmerken gekoppeld aan de anatomie van de plantorganen de mening wettigen dat Cordaitales en Kegeldragers in een groep behoren die van Bennettitales, *Gnetum* en *Welwitschia* afgezonderd moet blijven (1931). Verder voortgezet onderzoek van de kegel (strobilus) van de Cordaitales maakte door Florins minutieuse werk overtuigend duidelijk dat deze de voorloper is van, wezenlijk gelijk is aan, de kegel van de huidige Kegeldragers (Evolution in Cordaitales and Conifers; 1951). *Araucaria* en *Agathis* dateren uit het Trias, *Taxodium* en *Juniperus* uit de Jura, *Pinus* uit het Krijt.

De stand van zaken halverwege de 20e eeuw is dat de meeste palaeobotanici de voorouders van de Bedektzadigen bij voorkeur zoeken onder de Zaadvarens en daarvan de Glossopteridaceae, de Caytoniaceae of de Bennettitales.

De *Glossopteris*-achtigen zijn weliswaar nog zeer onvolledig bekend, maar vele geconserveerde bladafdrukken uit het Boven Carboon tot Onder Trias gaven aanleiding te spreken van een *Glossopteris*-flora die in het Perm op het Zuidelijk Halfrond geleefd moet hebben. Dat Zuidcontinent (Gondwanaland) zou zich in de loop van miljoenen jaren in enige continenten hebben gesplitst. *Glossopteris*-fossielen zijn bij het opsporen van die vroege scheuringen in het aardoppervlak van grote betekenis. In 1952 vond E.P. Plumstead afdrukken van de voortplantingsorganen (Transact. Geol. Soc. S. Africa 55: 281–328) die enige steun geven aan de theorie dat *Glossopteris*-achtigen voorlopers van de Bedektzadigen waren. Het onderzoek van de bodem van Antarctica kan bijdragen tot meer zekerheid.

In 1925 bepleitte H.H. Thomas Caytoniales als Bedektzadigen (Proangiospermen) aan te wijzen (Phil. Transact. Roy. Soc. London, B213). Het zijn Mesozoïsche Zaadvarens en zij zijn hoogst onvolledig bekend. T.M. Harris wijst de bewering, dat hier het begin van de moderne Bedektzadigen zou schuilen, beslist van de hand (Phytomorph. 1: 29–39; 1951).

Veel weerklank vindt de gedachte, dat Bennettitales de oorsprong van de Bedektzadigen zijn. Dat waren kleine, dikstammige, Mesozoïsche bomen, wereldwijd verspreid en op veel plaatsen in overvloed en vormenrijk aanwezig, tijdens de Jura en het Onder-Krijt. De voortplantingsorganen, evoluerend volgens Darwinse richtlijnen, schijnen zo ongedwongen tot de (bloem)bouw van de huidige Bedektzadigen te leiden dat zij inderdaad als stam-

ouders kunnen gelden. Toch is deze optimistische visie, die vooral door A.G. Wieland, hoogleraar aan de Yale universiteit (Newhaven), voor de palaeobotanie verdedigd werd (A study of Some American Cycads, 8 artikels; 1899–1918), zeker vatbaar voor kritiek.

Eén van de obstakels om tot een bevredigende interpretatie van de voorgeschiedenis van de Bedektzadigen te geraken, is de volgende. Het doorslaggevend onderscheidingskenmerk van de Bedektzadigen is niet het omsloten zijn van de zaden door een wand, c.q. een vruchtwand, maar de 'dubbele bevruchting', een nergens elders in het plantenrijk aangetroffen proces dat bij alle Bedektzadigen optreedt.

Nadat de groeiende top van de pollenbuis de embryozak is binnengegaan, versmelt één van de stuifmeelkorrelkernen die uit de buis ontsnapt (de 'spermakern') met de eicel(kern) in de embryozak. Het is de eerste, 'normale' bevruchting, de aanzet tot een plantembryo. Vervolgens versmelten de twee poolkernen in de embryozak (al dan niet eerst verenigd) met de tweede, uit de pollenbuis ontsnapte, pollenkern. Uit deze drievoudige kern ontwikkelt zich het kiemwit (endosperm). Bedektzadigen-kiemwit heet secondair endosperm en Naaktzadigen-kiemwit heet primair endosperm. Deze gebruikelijke naamgeving is verwarrend, want het Naaktzadigen-endosperm is van volkomen andere herkomst en heeft enkelvoudige celkernen.

Het moet uitgesloten worden geacht dat ooit dubbele bevruchting in fossiele resten zal kunnen worden aangetoond. En bovendien stemt het tot nadenken dat voor deze uitzonderlijke dubbele bevruchting, het constante en unieke kenmerk van alle Bedektzadigen die zaden met endosperm bezitten, elke aannemelijke fylogenetische, Darwinistische (doelmatigheid, selectiewaarde) verklaring ontbreekt. Juist het bevruchtingsproces, dat gehomogeniseerd de niveaus en de gang van de evolutie regeert, verloopt bij de (hoogst ontwikkelde?) Bedektzadigen zó dat een natuurwetenschappelijk logische interpretatie faalt.

Om kort te gaan: de oudst bekende planten, die als zij thans zouden leven zonder bedenken tot de Bedektzadigen zouden worden gerekend, zijn fossielen uit het Onder Krijt, gevonden op allerlei plaatsen op het Noordelijk Halfrond (Amerika, Siberië, Portugal). Oudere resten (stuifmeel, blad) laten ruimte voor twijfel, maar gewoonlijk schrijft men die toch toe aan ware Bedektzadigen die in Jura en Trias leefden, zelfs al in het Perm. De fossielen uit het Onder Krijt suggereren dat ongeveer een kwart van de wereldflora bedektzadig was (driekwart varenachtig en naaktzadig). In het Midden Krijt waren de Bedektzadigen verreweg in de meerderheid.

Of de tropen het land van herkomst van de Bedektzadigen geweest zijn – of althans tropische klimaten – staat niet vast; overtuigende fossielen zijn tot dusverre niet binnen de keerkringen gevonden.

Deze globale aantekeningen over de ontwikkeling van het onderzoek naar de herkomst van de Bedektzadigen sluit ik af met enige opmerkingen. Ten eerste dat een mate van onzekerheid alle overwegingen en mogelijkheden vergezelt. Ontstonden de klassen, orden, families, de genera en soorten uit één stamouder, één taxon dat voorafging, of droegen juist enige verschillende taxa bij, aan het ontstaan, het begin, of later ook nog? Was de evolutie mono-, pleio-, of polyfyletisch, misschien voor elk taxon verschillend? Waren de mogelijkheden te veranderen, te vernieuwen, op aarde steeds dezelfde?

Zijdelings speelt hier het antagonisme een rol dat de levende natuur eigen is. Er is een vastberadenheid om erfgoed van generatie op generatie onveranderd door te geven en tegelijkertijd een tegenspel, een drift naar diversificatie die de evolutieleer poogde te verklaren

door zich te beroepen op het ontstaan van mutaties in het genengarnituur. Dit glijdende evenwicht, in harmonie met de veranderende wereld waar Empedokles zich zo levendig van bewust was, verliep het in vervlogen aardperioden zoals nu het geval is?

Indien een zelfde orgaanbouw of weefselstructuur na een afwezigheid van millioenen jaren opnieuw (in de fossielen) verschijnt, is die bouw dan identiek met de voorafgaande (homoloog) of een herhaling-in-gelijkheid, een nieuwe overeenstemming (convergentie)? Anders gezegd: is zo'n gelijkheid een stabilisering, het gevolg van miljoenen jaren van duurzaamheid, of een evolutieverschijnsel?

De hierboven vermelde gegevens over de inzichten betreffende plantentaxa in het verre verleden verduidelijken de motieven voor de thans geldende hoofdindelingen van het plantenrijk. De volgende paragrafen (X.32–34) behandelen de systemen die enige leidende systematici voor en na Darwin tot in de eerste helft van de 20e eeuw opstelden.

32. De fundamenten van de moderne plantensystemen

Zo men wil kunnen in de systematiek van de late 19e en eerste helft van de 20e eeuw, twee scholen worden onderscheiden. Beide stoelen in hoofdzaak op de Frans-Zwitserse systemen (De Candolle, Brongniart).

Ten eerste de Duitse School. Voorbeelden: Braun, Eichler, Engler, Von Wettstein. Kenmerken:

(1) geloof aan de pseudanthiumtheorie of, indien afgewezen, het ontbreken van een alternatief.
(2) Een- en Tweezaadlobbigen parallel en zelfstandig geëvolueerd; Eenzaadlobbigen oorspronkelijker.
(3) Windbestuivers hebben door insekten bestoven nakomelingen.
(4) Kransstandig is bij Hogere Planten oorspronkelijk; cyclische bloemen komen gewoonlijk bij oorspronkelijke groepen voor.
(5) Katjesdragers gingen aan Tweezaadlobbigen met tweeslachtige bloemen vooraf.
(6) De Bedektzadigen kwamen voort uit aan *Gnetum*- of *Ephedra*-achtigen verwante taxa. De bloemkroon is een tijdens de evolutie van de Bedektzadigen verworven eigenschap.
(7) *Cycas*-, *Ephedra*-, *Gnetum*-, *Ginkgo*-achtigen en *Welwitschia* zijn bijzondere Naaktzadigen.

Ten tweede de Angelsaksische School. Voorbeelden: Arber en Parkin, Bessey, Hutchinson(1939). Kenmerken:

(1) geloof aan de euanthiumtheorie (X.37).
(2) Ofschoon Een- en Tweezaadlobbigen onafhankelijk van elkaar evolueerden zijn de Tweezaadlobbigen meer oorspronkelijk (ouder) en ontstonden de Eenzaadlobbigen uit Ranales (kruidachtige Polycarpicae).
(3) Insektenbestuiving en windbestuiving zijn vergelijkenderwijs fylogenetisch niet of nauwelijks verschillend.
(4) Kransstandig is bij Hogere Planten een ver afgeleide eigenschap; spiralend ingeplante (bloem)organen zijn oorspronkelijk.
(5) Katjesdragers zijn ver afgeleide groepen.

(6) De meest oorspronkelijke Eenzaadlobbigen zijn kruidachtige, moeras- of waterplanten.
(7) Zeven gescheiden ontwikkelde hoofdgroepen zaaddragende vaatplanten zijn thans (nog) in leven, in de taxonomische hiërarchie van ongeveer gelijke status: *Cycas-*, *Ephedra-*, *Gnetum*-achtigen, *Ginkgo*, *Welwitschia*, Naakt- en Bedekt-zadigen.
(8) De meest oorspronkelijke, thans levende Bedektzadigen zijn Polycarpicae (Magnoliales - Ranales).

33. Grondslagen van de Duitse school

Het systeem dat A. Braun (IX.34) ontwierp werd gedrukt in het jaar dat Origin of Species verscheen en het is daarom een werkstuk uit de periode vóór Darwin. Brauns systeem wijkt niet wezenlijk af van de systemen volgens Endlicher en Brongniart, en toch kan het beschouwd worden als een eerste stap naar de fylogenetische systemen die de Duitse systematiek een eeuw daarna zouden beheersen.

Na werk in München, Karlsruhe, Freiburg en Giessen was Braun naar Berlijn gekomen, waar hij in 1852 de Botanische Tuin - toen nog in Schöneberg - onder zijn hoede nam naast zijn taak als hoogleraar. Zoals gebruikelijk diende de plattegrond van de Tuin om zijn systeem aanschouwelijk voor te stellen. De Flora der Provinz Brandenburg (die P. Ascherson redigeerde; 1859-1864) diende voor de publikatie.

Drie trappen van ontwikkeling in het plantenrijk: Stufe I Bryophyta, Stufe II Cormophyta en Stufe III Anthophyta.

Bryofyten verdeelt Braun in Thallodea, een Klasse van Algen, Korstmossen en Fungi samen, en een Klasse Thallophyllodea. Het zijn Charinae (Kranswieren) en Bladmossen.

Cormofyten zijn niets dan Varenachtigen.

Anthofyten (Bloemplanten) rangschikt Braun in twee Hauptabteilungen, de Naaktzadigen en de Bedektzadigen. Laatstgenoemden zijn de Een- en de Tweezaadlobbigen.

De opbouw van het systeem in zijn geheel is steeds gericht naar het meer complexe, meer ingewikkelde. Dezelfde gerichtheid komt tot uiting in de lagere categorieën. De Klasse Eenzaadlobbigen begint daarom met Eendekroosachtigen (Lemnaceae) en de meest ingewikkeld gebouwde familie is de Orchidaceae, die de Klasse besluit.

Tweezaadlobbigen beginnen, evenzo, met Apetalen (= bloemkroonbladlozen). Hiertoe moeten families met beginnende bloemen gerekend worden, 'beginnend', want de bloem bestaat uit ten hoogste enige schubjes die niet als kelk en kroon onderscheiden kunnen worden en gewoonlijk min of meer in één krans staan. Het is vergelijkbaar met situaties die in de Naaktzadigenkegel worden aangetroffen (en die Hauptabteilung gaat dan ook aan de Bedektzadigen vooraf). Onverwachts ontmoeten Brauns lezers tussen de Apetalen families zoals Begoniaceae, Aristolochiaceae en Polygonaceae.

Een vergroeidbladige bloemkroon is eenvoudiger dan een vrijbladige en daarom is de tweede Klasse Tweezaadlobbigen Sympetalae. De maskerbloemen van het Blaasjeskruid typeren de eerste familie (Lentibulariaceae). De Eleuteropetalae (*eleuther* (Gr.) = vrij) zijn de hoogst ontwikkelde Tweezaadlobbigen en daarvan besluiten de Vlinderbloemigen met hun tweezijdig symmetrische bloemen (en eigenaardige getalsymboliek, vijf en tien) de rij.

Brauns brilliante morfologische onderzoek, zijn wetenschappelijke relatie met zijn vriend K. Schimper, 'het Noorderlicht van de Naturphilosophie op zijn werk' en de echo's

van Linnaeus', Von Schellings en Goethe's denkbeelden daarin kwamen al even ter tafel (IX.34). Zijn leerling A.W. Eichler getuigde dat alles wat Braun besprak, overwoog, of schreef ' aus tiefster Quelle geschöpft' was. Toch geldt voor de meeste plantkundigen Brauns systeem niet als zijn beste prestatie. Eichlers aanpak en conclusies kregen veel meer aanhang, geholpen door de bloemdiagrammen die Braun hem had geleerd te tekenen. Zo'n diagram is een geschematiseerde plattegrond van het bouwplan van een bloem die aantal en plaatsing van de bloemorganen in een oogwenk verduidelijkt. Een bijbehorende bloemformule bestaande uit gestandaardiseerde cijfers, letters en tekens verschaft dadelijk onmisbare informatie bij classificatie en identificatie.

A.W. Eichler (1839, Neukirchen – 1887, Berlijn) was student in Marburg toen Origin verscheen. Hij bewerkte opvallend bekwaam 22 families voor Martius' *Flora Brasiliensis* (1840–1906) in München, werd in 1871 hoogleraar in Graz en al in het volgende jaar in Kiel. Na Brauns dood volgde Eichler hem in Berlijn op (1878).

Na enige wijzigingen (sinds 1875) besloot Eichler in 1883 (Syllabus, 3e editie) tot het volgende systeem:

A. Cryptogamae
Abt. I. Thallophyta
Klasse 1. Algen
Klasse 2. Fungi
Abt. II. Bryophyta
Gruppe 1. Levermossen
Gruppe 2. Bladmossen
Abt. III. Pteridophyta
Klasse 1. Paardestaartachtigen
Klasse 2. Wolfsklauwachtigen
Klasse 3. Varenachtigen
B. Phanerogamae
Abt. I. Naaktzadigen
Abt. II. Bedektzadigen
Klasse 1. Eenzaadlobbigen
Klasse 2. Tweezaadlobbigen
Unterklasse 1. Choripetalae
Unterklasse 2. Sympetalae

De eerste versie van Eichlers systeem (Blüthendiagramme; 1875) volgde Brauns systeem op de voet en daar stonden de planten met vergroeidbladige bloemkroon (Sympetalae) vóór de planten met vrijbladige bloemkroon. In 1876 echter, toen Eichler in Kiel zijn eerste Syllabus uitgaf, draaide hij de volgorde om en nu gingen de vrijbladigen (Choripetalae) aan de Sympetalae vooraf. Dat bleef zo in Eichlers Berlijnse Syllabus (1880) en bovendien begonnen de Tweezaadlobbigen nu met de Cupuliferae (Napjesdragers, ook Amentaceae (door Eichler) of Katjesdragers genoemd) en de Klasse eindigde met de Zonnebloemachtigen (die ook Compositae of Aggregatae (Eichler) mogen heten).

Cryptogamen onderscheiden zich van Fanerogamen, omdat bevruchting dikwijls niet vereist is of zelfs uitblijft en toch vermeerdering plaatsheeft. Er is de veel eenvoudiger bouw van de 'zaden', die van Cryptogamen sporen moeten heten, en de eigenaardige ge-

neratiewisseling.

De klasse van de Algen begint met de Blauwalgen (Cyanophyceae) en uit deze Klasse is, nog steeds volgens Eichler, de gestructureerde wereld van de planten in al zijn diversiteit geëvolueerd.

Voor de Varenachtige planten in brede zin had F. Cohn (in 1871) de naam Pteridophyta voorgesteld; Eichler nam dit over, en de driedeling van de Pteridophyta (die Sachs in 1874 bepleitte) aanvaardde hij eveneens. Daarentegen wees hij de fylogenetische systematiek van Sachs (Physiologische Notizen; 1876) van de hand. Sachs kon zes Architypen aanwijzen, die morfologisch en fylogenetisch 'unter sich gleichwertig' zijn en die door 'innere Gestaltungsursachen' ontstaan zouden zijn. Lagere planten met ♀ organen (Archegoniaten: ze komen hierna bij Engler aan de orde) zijn de voorlopers van de Een- en Tweezaadlobbigen geweest. Meende Sachs.

Geheel in overeenstemming met Darwins denkbeelden veronderstelt Eichler dat plantegroepen met eenslachtige, kroonbladloze of -arme bloemen die door de wind bestoven worden voorouders waren tweeslachtige bloemen met goed ontwikkelde bloemkroon die door insekten bestoven worden.

Met alle nadruk verklaarde Eichler dat de ware kennis van verwantschappen voortkomt uit vergelijkend morfologisch onderzoek, van de thans levende planten in samenhang met de fossiele. Een architectuur, een bouwplan, komt daardoor aan het licht en onder leiding van zo'n bouwplan wordt de fylogenie opgehelderd. Darwin zelf heeft het Eichler uitgelegd in zijn Origin en in zijn orchideeënverhandeling: twee wetten hebben de vormen van organismen bepaald: de consequenties van het bouwplan en de levensvoorwaarden (invloeden van het milieu). Het bouwplan is met het taxon verstrengeld en kan nimmer door het milieu veranderd worden. Homologie van de organen, herkenning van orgaanidentiteit in mettertijd verschillende orgaangedaanten, is het richtsnoer en de hoeksteen van de systematiek, besloot Eichler. Hoezeer ook het bouwplan en de loop van de evolutie elkaars tegenspelers waren, over het ontstaan van die bouwplannen, liet Eichler zijn lezers in het ongewisse.

Eichlers systeem bleef tientallen jaren het meest gevolgde en werd, in meer of minder herziene vorm door Engler en zijn medewerkers en leerlingen in omloop gehouden.

34. Engler brengt de Duitse School meesterlijk tot ontwikkeling

H.G.A. Engler (1844, Sagan (Silezië) - 1930, Berlijn) werd na studiejaren in Breslau Kustos van de botanische Staatsanstalten in München (1871–1878), daarna als opvolger van Eichler, hoogleraar in Kiel (1878 - 1884). Zijn ongewone talent bleek uit zijn Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt (2 delen, 1879–1882); een benoeming in Breslau (thans Wrocslaw) volgde spoedig (1884–1889). Twee jaar na Eichlers overlijden volgde Engler hem in Berlijn op (1889–1921).

In 1905 en 1906 bereisde Engler tropisch Afrika, India, Ceylon en Java. Ongetwijfeld hebben 's Lands Plantentuin te Buitenzorg en zijn directeur M. Treub (1851–1910) hem geïnspireerd. Treub, de ontdekker van chalazogamie (VIII.24), had van de Botanische Tuin een biologisch centrum gemaakt in de tropen, vergelijkbaar met de positie die de Berlijnse Botanische Tuin (sinds 1879 naar Dahlem verplaatst) buiten de tropen bereikte onder leiding van Engler. Het Herbarium te Berlijn en het Herbarium te Buitenzorg behoorden tot de meest vooraanstaande systematisch-botanische instellingen ter wereld.

In München had Engler botanisch onderzoek gedaan en de systematiek pakte hij in Breslau aan met zijn Führer durch den Botanischen Garten zu Breslau (1886). Hij vernieuwde en hervormde de Führer tot een Syllabus der Pflanzenfamilien in 1892, en maakte deze tot een gezaghebbend leer- en handboek (12e druk, 1954–1964).

Engler ondernam, samen met de Münchener plantenanatoom K. Prantl (1849–1893), hoogleraar in Aschaffenburg (later in Breslau), het redigeren en schrijven van een kolossaal standaardwerk, Die Natürlichen Pflanzenfamilien, waarin het hele plantenrijk tot op genus-niveau systematisch behandeld zou worden (1887). Prantl werd belast met de Cryptogamen, die een reeks van 8 delen vulden toen zij in 1909 gereed kwamen, lang na Prantls dood. Engler zorgde voor de Fanerogamen en slaagde erin, geholpen door 57 medewerkers in 12 jaar tijd 24 delen het licht te doen zien. Hijzelf bewerkte 60 families. Vier supplementen (1897–1915) completeerden het gehele werk. In 1924 begon Engler, 80 jaar oud, aan de herziene tweede editie van Die Natürliche Pflanzenfamilien. Toen hij stierf waren 11 delen gepubliceerd, 6 daarvan aan Cryptogamen gewijd, en Engler zelf had 22 families herzien en bewerkt.

De eerste van de monumentale reeks monografieën van plantenfamilies met de algemene titel Das Planzenreich – een moderne *Species Plantarum* volgens Darwinistische richtlijnen – kwam in 1900 van de pers. Sindsdien verschenen meer dan honderd delen. Engler was de organisator en stuwende kracht (en medeauteur), maar zijn talrijke medewerkers bereikten niet allen het hoge niveau dat de meeste bewerkingen kenmerkt.

Botanische Jahrbücher (gewoonlijk als Englers B.J. aangeduid) verschijnt sinds 1881 en behoort tot het dozijn beste systematisch-botanische tijdschriften. In samenwerking met Drude redigeerde Engler Die Vegetation der Erde, in 1896 begonnen en in 1923 voltooid (15 delen), en hij nam het schrijven van de vijf delen Afrika voor zijn rekening, evenals het plantengeografische overzicht van het plantenkleed der aarde, dat de syllabussen besloot.

O. Drude (1852–1933) wijdde zich, na enig werk over orchideeënmycorhiza en groeifysiologie, aan de plantengeografie en schreef na voorbereidende werken Handbuch der Pflanzengeographie (1890). De plantengeografie is een uit de plantentaxonomie voortgekomen wetenschap (die in mijn boek nauwelijks enige aandacht kan krijgen) en Drude legde de nadruk op milieueigenschappen als beslissende oorzaken voor een bestaande verbreiding van plantengroepen. Sinds 1879 was hij als hoogleraar en directeur van de Botanische Tuin in Dresden werkzaam.

De Berlijnse systematische botanie werd tijdens Engler een overal erkend voorbeeld van gezaghebbend vruchtbaar onderzoek. De oorlog van 1939–1944 ontnam Berlijn zijn plaats tussen de eersten (p. 245).

Getrouw aan de Franse systematiek (De Jussieu) en zijn Duitse voorbeelden (Endlicher) gaf Engler aan morfologie en harde feiten voorrang; tevens verschaffen anatomie en geografie waardevolle gegevens. Tegelijkertijd wilde hij de fylogenie, een onmisbare theorie maar een afgeleide wetenschap, voortdurend betrekken bij een verklarende argumentatie voor mogelijke verwantschappen. Sedert 1884 ontwikkelde Engler Prinzipien der systematische Anordnung (bijgewerkt in 1886, 1892, 1897) die zijn systeem, uiteengezet in de Syllabussen, toelichtten. Een korte samenvatting, zoals die Prinzipien daarna algemeen met varianten werden toegepast, volgt hier.

1. Gereduceerde organen (rudimenten) zijn eigen aan afgeleide groepen, nageslacht van meer volkomen ontwikkelde voorouders met dezelfde organen.

2. In elk milieu is de graad van specialisatie in overeenstemming met de graad van evolutie.
3. Morfologisch veelvormige families evolueren. Groepen met weinig soorten en geringe vormvariaties sterven uit als zij geïsoleerd zijn (nauwe verwantschappen ontbreken).
4. Houtig gaat aan kruidachtig vooraf.
5. Ver gedifferentieerde bloeiwijzen (bij voorbeeld met functieverdeling, zoals lokbloemen) zijn ver afgeleid.
6. Indien de plaats van de bloemorganen streng gefixeerd is en het aantal gelijkvormige organen niet varieert, is de groep gewoonlijk ver afgeleid. Een variabele plaatsing en een niet gefixeerd aantal duiden op oorspronkelijkheid.
7. Een spiralende bloembouw (inplantingswijze van de organen op de bloemas) is gewoonlijk oorspronkelijker dan een cyclische (principe van de Angelsaksische School).
8. Gescheiden organen (kelk- en kroonbladen, meeldraden, stampers) gaan gewoonlijk vooraf aan vergroeide (vergroeibladige kelk- of kroon, syncarpie).
9. Aan tweezijdig symmetrische bloemen gaan van nature steeds meerzijdig symmetrische vooraf.
10. Een onderstandig vruchtbeginsel volgt op een bovenstandig.
11. Zaadbeginsels met een weinig ontwikkelde nucellus zijn gevolgd op zaadbeginsels met een sterk ontwikkelde, meerlagige nucellus.
12. Zaadbeginsels met één integument zijn dikwijls gevolgd op zaadbeginsels met twee (of meer) integumenten.
13. Bijzondere vormen van de bloemas (discus, zoals bij Resedaceae, of een kom- of buisvormige bloembodem, zoals bij Bauhinieae) zijn afgeleid.
14. Gescheiden verspreidingsgebieden van genera wijst op een hoge ouderdom van de familie (bij voorbeeld: Palmae).

Al naar de onderzoeker kregen sommige Prinzipien overwicht of voorrang. Het bleek door de vergelijkende studie van fossielen dat de tijdsduur nodig voor hetzelfde traject in de evolutie bij de ene groep veel verschilde met het tempo in andere groepen en dat deze eenvoudige regels met grote omzichtigheid toegepast moesten worden. De ontwikkelingsgang van het ene orgaan hield in de regel geen gelijke tred met die van een ander. De Wet van Dollo, die voor het dierenrijk misschien wel geldig kon zijn, was voor de plantenevolutie zeker niet steeds van kracht.

L. Dollo (1857, Lille - 1931, Brussel) studeerde zoölogie en mijnbouw in Lille (Rijssel). Zijn opzienbarende resultaten na reconstructie van fossiele skeletresten van 27 Iguanodons (reptielen uit het Boven Jura) die in 1878 bij Mons (Bergen; Bernissart) ontdekt werden, vestigden zijn reputatie als paleontoloog. Zijn benoeming als conservator van het Musée Royal d'Histoire naturelle te Brussel volgde in 1892. Van 1909–1928 was hij daar hoogleraar voor paleontologie en zöogeografie. Dollo bedacht de term 'paleobiologie', een detail dat zijn levenswerk aanduidt, want hij werd een van de grondleggers van de studie van de levensvoorwaarden (paleoëthologie) van uitgestorven organismen.

Een stelling van Darwin: 'zelfs al zouden dezelfde levensvoorwaarden zich ooit [later in de aardgeschiedenis] nauwkeurig herhalen, dan nog zou een uitgestorven soort nimmer opnieuw verschijnen' (Origin, 5e druk), gaf Dollo aanleiding tot zijn Irreversibiliteitswet, dat is de onomkeerbaarheid van de evolutie (Les Lois de l'Évolution; 1893). Als in de loop van de fylogenie een gewijzigde orgaanbouw tot stand is gekomen, zal nooit een terugkeer naar de meer oorspronkelijke toestand plaatsvinden.

Ik laat de theoretische achtergronden (correlatiewet, p. 1268, convergentie, p. 1050) van Dollo's wet onbesproken, ofschoon ik terloops opmerk dat de wet de autonomie en de stabiliteit van het soorteigen onderstreept. De wet van Dollo voert, bij constructies ten aanzien van de evolutie van plantetaxa, dikwijls niet tot bevredigende verklaringen, misschien ten gevolge van fundamentele verschillen tussen dierlijk en plantaardig leven.

In 1889 maakte Engler een ontwerp voor de bouw van het plantenrijk bekend (Nat. Pflz. Fam. II (1): 1–5). Vier Hauptabteilungen wil hij onderscheiden:

(1) *Mycetozoa* (een groep die Aristoteles' zoophyta in herinnering roept), (2) Thallophyta die onderverdeeld moeten worden in Schizophyta, Algae en Fungi (met inbegrip van de Korstmossen), (3) *Embryophyta zoidiogamae* (Archegoniatae) en deze onder te verdelen in Bladmossen, Levermossen, Varens, Paardestaarten en Wolfsklauwen, en ten slotte (4) *Embryophyta siphonogamae*, bestaande uit Naaktzadigen en Bedektzadigen, die een Abteilung met twee Klassen zijn. Engler liet de Klasse Eenzaadlobbigen (Monocotylen) aan de Klasse Tweezaadlobbigen (Dicotylen) vooraf gaan. Laatstgenoemden kunnen bij uitzondering meer dan twee zaadlobben hebben. Soms, door reductie (Abort), is maar één zaadlob aanwezig.

De Tweezaadlobbigen omvatten twee Unterklassen, vooreerst de Archichlamydeae (bestaande uit Choripetalae, met gescheiden kroonbladen) en Apetalae (zonder bloemkroon). De andere Unterklasse zijn de Sympetalae (bloemkroonbladen onderling vergroeid).

In zijn rangschikking van de Natürliche Pflanzenfamilien openen de Cycas-achtigen de rij. A.W. Eichler, die begint met de bewerking van de Cycadaceae, Coniferae en Gnetaceae, spreekt niet over de fylogenie. Engler voegde aan dat werk eigenhandig een aantekening toe over de Cordaitaceae, een uitgestorven groep (Siluur tot Perm). Zij zijn, verklaart Engler, enerzijds aan de huidige Cycadaceae verwant (door de bouw van de ♀ 'bloem') en anderzijds aan de Coniferae (door anatomische eigenschappen).

De oorsprong en evolutie van de bloem van de Embryophyta laten Eichler en Engler onbesproken (de eenslachtige kegel van Cycadaceae en van Coniferae is, in de Englerse School, gelijkwaardig aan, en mogelijk direct in verband te brengen met, de bloem van de Bedektzadigen).

De evolutie heeft een toenemende diversiteit in de bouw van de organismen teweeggebracht. Een als een boom getekende afstamming is een suggestie van een rechtstreekse voortgang of verbinding. Engler acht pogingen om de ontwikkelingsgang op zo'n manier te illustreren onberaden, allereerst omdat de kennis van de fossiele planten ontoereikend is en verder omdat tijdens de evolutie groepen meermalen parallelle ontwikkelingsreeksen ontplooiden.

Eichlers mening dat Katjesdragers en verwanten, zoals Brandnetelachtigen (Urticaceae) en Veelknopigen (Polygonaceae), in het algemeen planten zonder bloemkroon (Apetalae) of met vrijbladige bloemkroontjes (*Choripetalen*) als voorlopers van latere Tweezaadlobbigen met al dan niet vergroeidbladige bloemkroon gezien mogen worden – men zou die stamgroep Archichlamydeae kunnen noemen – werd door Engler onderschreven. De planten met vergroeibladige bloemkroon zijn de hoogst ontwikkelde Metachlamydeae (Sympetalae). Davis en Heywood merkten verbaasd op (1963: 59) dat de volgorde die De Jussieu ontwierp (in 1774), daarmee overeenstemde. De oorzaak van die overeenstemming heb ik elders (X.15) uiteengezet.

Een- en Tweezaadlobbigen zijn uit nog niet ontdekte, uitgestorven Naaktzadigen voortgekomen en hebben zich onafhankelijk en parallel, gescheiden geëvolueerd.

Een vergelijkende studie van de eerste tien Syllabussen (Engler redigeerde ze tijdens zijn leven) zou, schijnt mij toe, tot de gevolgtrekking leiden dat Engler meer en meer fylogenie uit zijn argumentatie weerde. Bij voorbeeld: in de 5e Syllabus verklaarde hij dat de Archegoniatae (Abt. XII) 'nach unten' aan Abt. VI. de Groenwieren, en daarvan de Klasse Confervales, aansluiten (1907: 51). Die opmerking (Diese Abteilung schlieszt nach unten an...) houdt in dat de Bladmossen uit Groenwieren zijn voortgekomen. In de 6e Syllabus echter schrijft Engler: 'Diese Abteilung [XII] dürfte nach unten an...' (1909: 53), en een bezwaar tegen deze suggestie volgt. Het voorbehoud dat Engler in 1909 toevoegde, handhaafde hij in de Syllabus van 1924 en nu schreef hij 'jedoch besitzt keiner jetzt lebende...' de bijpassende bouw van archegoniën en antheridiën. Hij voegde toe – waarbij hij zorgvuldig vermeed enige sympathie voor de gedachte te kennen te geven – dat Abt. XII volgens sommigen ook van Phaeophyceae kan worden afgeleid. Kortom, Engler erkent dat een fylogenetische interpretatie hem geen opheldering hierover verschaft en trekt zijn vroegere, met jeugdige voortvarendheid ingenomen standpunt terug.

De slotparagraaf van Englers laatste verhandeling (1926: 167) begint: 'Hoezeer ik mijzelf ook voorhoud dat het zoeken naar fylogenetische bindingen bij de bestudering van de afzonderlijke families, vooral – indien de plantengeografie hierbij betrokken wordt – vruchtbaar zal zijn, toch blijf ik wantrouwig ten aanzien van talrijke pogingen families van elkaar, thans levende of uitgestorven families, af te willen leiden. Wat zich met grotere zekerheid vast laat stellen is of een taxon tot een groep families of tot een Unterreihe behoort, en bovenal de Stufe [graad] van morfologische ontwikkeling'.

In hoofdtrekken volgt hier het laatste systeem dat Engler (met medewerking van E. Gilg) publiceerde (Syllabus 9e en 10e editie, 1924).

I. Abt. Schizophyta
  Klasse 1. Schizomycetes
  Klasse 2. Schizophyceae
II. Abt. Myxomycetes
  3 Klassen, 2 Reihen
III–IV. Abt. Flagellatae, 7 Reihen
V. Abt. Bacillariophyta
VI. Abt. Conjugatae
VII. Abt. Chlorophyceae
  4 Klassen
VIII. Abt. Charophyta
IX. Abt. Phaeophyceae, 7 Reihen
X. Abt. Rhodophyceae
  2 Klassen, 5 Reihen
XI. Abt. Eumycetes (Fungi)
  Klasse 1. Phycomycetes, 2 Reihen
  Klasse 2. Ascomycetes, 2 Reihen
  Klasse 3. Protomycetes
  Klasse 4. Basidiomycetes, 2 Unterklassen, 4 Reihen

(De Fungi Imperfecti moeten bij Klasse 2 of Klasse 3 gevoegd worden. De Korstmossen (Lichenes) zijn een Nebenklasse (bij Kl. 2 en Kl. 3) en ze bestaan uit 2 Unterklassen en 2 Reihen).

XII. Abt. Embryophyta Asiphonogama (Archegoniatae)
Unterabt. 1. Bryophyta
Klasse 1. Hepaticae
Reihe 1. Marchantiales
Reihe 2. Anthocerotales
Reihe 3. Jungermanniales
Klasse 2. Musci, 3 Unterklassen, 2 Reihen
Unterabt. 2. Pteridophyta
Klasse 1. Filicales, 3 Reihen, 2 Unterreihen
Klasse 2. Articulatae, 4 Unterklassen, 2 Reihen
Klasse 3. Lycopodiales, 2 Reihen, 2 Unterreihen
Klasse 4. Psilotales
Klasse 5. Isoëtales
XIII. Abt. Embryophyta siphonogama (Zaadplanten)
Unterabt. 1. Gymnospermae
Klasse 1. Cycadofilicales (Pteridospermae)
Klasse 2. Cycadales
Klasse 3. Bennettitales
Klasse 4. Ginkgoales
Klasse 5. Coniferae
Klasse 6. Cordaitales
Klasse 7. Gnetales
Unterabt. 2. Angiospermae
Klasse 1. Monocotyledoneae, 11 Reihen (Pandanales tot Microspermae)
Klasse 2. Dicotyledoneae
Unterklasse 1. Archichlamydeae, 30 Reihen (Verticillatae tot Umbelliflorae)
Unterklasse 2. Metachlamydeae (Sympetalae), 11 Reihen (Diapensiales-Ericales tot Campanulatae)

In de hiërarchie van de taxa is Englers gebruik van 'Reihe' van belang. Het betekent Progressionsreihe, de volgorde van lager naar hoger, van eenvoudiger naar meer complex gebouwde organismen. Meervoudigheid die als een polyfyletische ontwikkeling mag worden begrepen door wie dat wil, maar die – als ik Englers denken goed heb begrepen – ook gezien kan worden als een vormenrijkdom zonder meer, is 'natuurlijk'.

Band 14a van Die Natürlichen Pflanzenfamilien is Englers laatste verhandeling over de bedektzadige Siphonogamen: de Unterabteilung Angiospermae van de Embryophyta Siphonogama. Hij besluit (1926) een met meesterhand geschreven uiteenzetting van de morfologie, microanatomie, bevruchting en kieming met een overzicht van fossiele kenmerken die ten behoeve van hypothesen over de herkomst van de Bedektzadigen belangrijk zijn.

Von Wettsteins mening, dat de bloem van Bedektzadigen uit een 'bloeiwijze' zoals die van *Ephedra* of van *Gnetum* ontstaan zou zijn (pseudanthium-theorie), wijst Engler van de hand. De afleiding van Bedektzadigen uit Naaktzadigen zoals Von Wettstein zich dat voorstelde, kon Engler evenmin accepteren (1926: 132–133). Het is al te moeilijk te geloven, verzekert Engler, dat Bedektzadigen bloemen met één stamper, bloemen met veel stampers (Polycarpicae, Magnoliales) zouden hebben voortgebracht. G. Karstens' herhaalde pogingen (Zeitschr. Bot. X, 1918: 369) om de Bedektzadigen-bloem uit

Gnetum-bloeiwijzen af te leiden acht Engler al evenmin geslaagd. En ten slotte:

'Wat de rechtstreekse afleiding van de Bedektzadigen uit de Bennettitales of, uit de Cycadales of uit Gnetales betreft, kan ik met geen van de genoemde hypothesen geheel instemmen' (1926: 135).

In grote meerderheid hebben de Abteilungen of de Stämme van de Hogere Planten zich naast elkaar (parallel) en niet uit elkaar ontwikkeld, concludeerde Engler.

Het is, zo gaat hij verder, zeker niet uitgesloten, dat de zogenaamde Apetalae - waarvan vele slechts gereduceerde en eenslachtige bloemen hebben - evenals de *Magnolia*-achtigen van stamouders met kegelvormige (Strobilusartigen), tweeslachtige bloemen afstammen. Van Proranales (die Prantl had bedacht) wilde Engler niets weten en de Proangiospermen (door Strasburger in 1872 voorgesteld) stellen hem niet tevreden.

Pandanaceae benaderen hypothetische Protangiospermae (A. Engler) heel sterk, maar noch bij de Protangiospermae, noch bij de Bennettitales of Cycadofilices, noch ook bij de Pteridospermae kan men een directe aansluiting (keinen rechten unmittelbaren Anschlusz) aantonen. Het is zelfs uiterst twijfelachtig of ooit een groep als Protangiospermen in fossiele staat kan worden gevonden (en in zijn kwaliteit kan worden herkend).

35. De opkomst van de Angelsaksische School

In de loop van de tweede helft van de 20e eeuw verdringt de Angelsaksische school de Duitse school langzamerhand en komen nieuwe systemen op de voorgrond. Drie voorbeelden van systemen die toenadering tot de Angelsaksische school aantonen, volgen: van Rendle, een Engelsman, van Pulle, een Nederlander en van Skottsberg, een Zweed.

A.B. Rendle (1865-1938), als Keeper voor de plantkunde verbonden aan het Brits Museum, liet zoals Engler de Eenzaadlobbigen vooraf gaan aan de Tweezaadlobbigen. Hij plaatste echter de Palmae, Aronskelk- en Eendekroosachtigen in één Orde (houtig tot ver gereduceerd en kruidachtig), een rangschikking die als een verbetering begroet werd.

Bij de Tweezaadlobbigen wilde Rendle drie ontwikkelingsniveaus, trappen van evolutie, onderscheiden (Engler slechts één Stufe). De Monochlamydeae, dacht Rendle, zijn de 'first grade' (en moeten ten dele als reducties van hoger ontwikkelde vormen gezien worden en ten dele als de voorzetting van minder geëvolueerde groepen), de tweede graad zijn de Dialypetalae (met vrijbladige bloemkroon) en de derde graad de Sympetalae. In de afzonderlijk fylogenetisch ontwikkelde reeksen zijn telkens de drie niveaus terug te vinden. De systematiek van Rendle (The Classification of Flowering Plants, 2 delen; 1904, 1925) munt uit door duidelijke omschrijvingen, veel biologische gegevens en een zorgvuldige argumentatie.

A.A. Pulle (1878-1955), hoogleraar voor de plantkunde in Utrecht (1914-1948) stelde voor het Englerse systeem enigermate te veranderen (*Compendium* 1938, 2e editie 1950). Zijn voorstellen waren in sommige opzichten een toenadering tot de Angelsaksische School, want hij wilde de Zaadplanten (die Spermatophyta moesten heten) volgens vier, onafhankelijk ontwikkelde afstammingsreeksen rangschikken: (1) Pteridospermen, (2) Gymnospermen, (3) Chlamydospermen en (4) Angiospermen. Tot de Chlamydospermae rekende Pulle *Gnetum*-achtigen (samen met *Ephedra*) en *Welwitschia*. De Cycas-achtigen bleven, als een eigen Klasse, binnen de Coniferae.

In 1950 wijzigde Pulle de positie van veel Orden binnen de Dicotylen (die volgens 8 series opgesteld behoorden te worden) en die met *Casuarina* begonnen om met de ver-

groeidbladige Tubifloren te eindigen. Dat paste uitstekend bij de Englerse traditie. Voor biologen met smaak voor klassieke vormgeving is het een genoegen als 'vernieuwing' *Casuarina* (boom van droge standplaatsen met gelede takjes en kransstandige bladschubjes) aan het begin van Pulle's (en Englers) systeem aan te treffen. Bij Pulle verschijnt als tegenvoeter *Hippuris* (kruidachtige waterplant met gelede stengels, kransstandige blaadjes en sterk gereduceerde bloemen) aan het slot van de Tweezaadlobbigen. Het is een groep, zegt Pulle, waar noch hij noch iemand anders raad mee weet, zodat hij *Hippuris* maar helemaal achteraan zet. Misschien onbedoeld, maar toch komen nu karakteristieke Monochlamydeae-eigenschappen als laatste evolutiefase aan het eind, terwijl Pulle niettemin het klassiek-Duits beginstadium Monochlamydeae vrijwel handhaafde. Bovendien wordt zijn systeem door de plaatsing van *Casuarina* aan het begin en *Hippuris* aan het eind een afspiegeling van het klassieke betoogmodel: beginnen en eindigen in dezelfde toonaard.

C. Skottsberg (1880–1963), hoogleraar in Göteborg, wijzigde Englers systeem door met meer nadruk fylogenetische meningen – op de manier van Von Wettstein – in te voeren en anderzijds ook, zoals Pulle, de Angelsaksische inzichten uitdrukking te geven (Växternas Liv 5, 1940). Hij voegde Ephedrales, Gnetales en *Welwitschia* samen als een Klasse en plaatste deze als een eigen afstammingsreeks naast de Coniferae. De Eenzaadlobbigen zijn, zoals de Angelsaksische school bepleit, ontsproten aan een primitieve Dicotylengroep waarover Skottsberg niet anders kan meedelen dan dat hij eens moet hebben geleefd.

Terwijl Skottsberg vrije stampers en vrije kroonbladen als primitief beschouwde (Polycarpicae) en vergroeiing karakteristiek voor een daarna volgende ontwikkeling (Sympetalae), zette hij niettemin zoals Engler *Casuarina* (Verticillatae) aan het begin van de Tweezaadlobbigen. Toch, verklaarde Skottsberg, moet *Casuarina* als een eindstadium gezien worden (geen verder geëvolueerde Tweezaadlobbigen kwamen uit *Casuarina*-achtigen voort).

36. Von Wettstein paste het Darwinisme zonder bedenken toe

De rangschikking van het plantenrijk naar Linneaanse smaak en voorschriften (X.16–20) vereiste de voorrang van de planten met zichtbare bloemen (Publicae) en verwees de planten zonder bloemen naar de achterhoede (*Cryptogamia* of Clandestinae). Het meest volmaakte het eerst, ook al was God andersom te werk gegaan. Van de Publicae zijn bezitters van tweeslachtige bloemen bevoorrecht en dus de eersten; de eenslachtigen komen daarna en geslachtlozen sluiten de rij.

R. Ritter von Wettstein (1863, Wenen – 1931, Trins, Brenner), hoogleraar in Praag en Wenen, aanvaardde Darwins richtlijnen zonder voorbehoud en de volgorde in zijn Handbuch der Systematischen Botanik (1901–1908) is zodoende tegengesteld aan Linnaeus' ordening. Fr. von Wettstein bewerkte de 4e druk van het Handbuch (2 delen; 1933–1935, herdruk 1963), het tweede deel met medewerking van K. Süssenguth, hoogleraar en conservator van het Botanisches Museum in München.

Alle levende organismen behoren of tot de dieren of tot de planten, meende Von Wettstein, en plantaardig zijn degene die in staat zijn zelf het benodigde voedsel te maken. Dierlijk van aard zijn alle levende wezens die dat vermogen missen. Leven ontstond – hier is geen twijfel mogelijk – in het water (1933: 304). Merk op: 'im Wasser' en niet in een

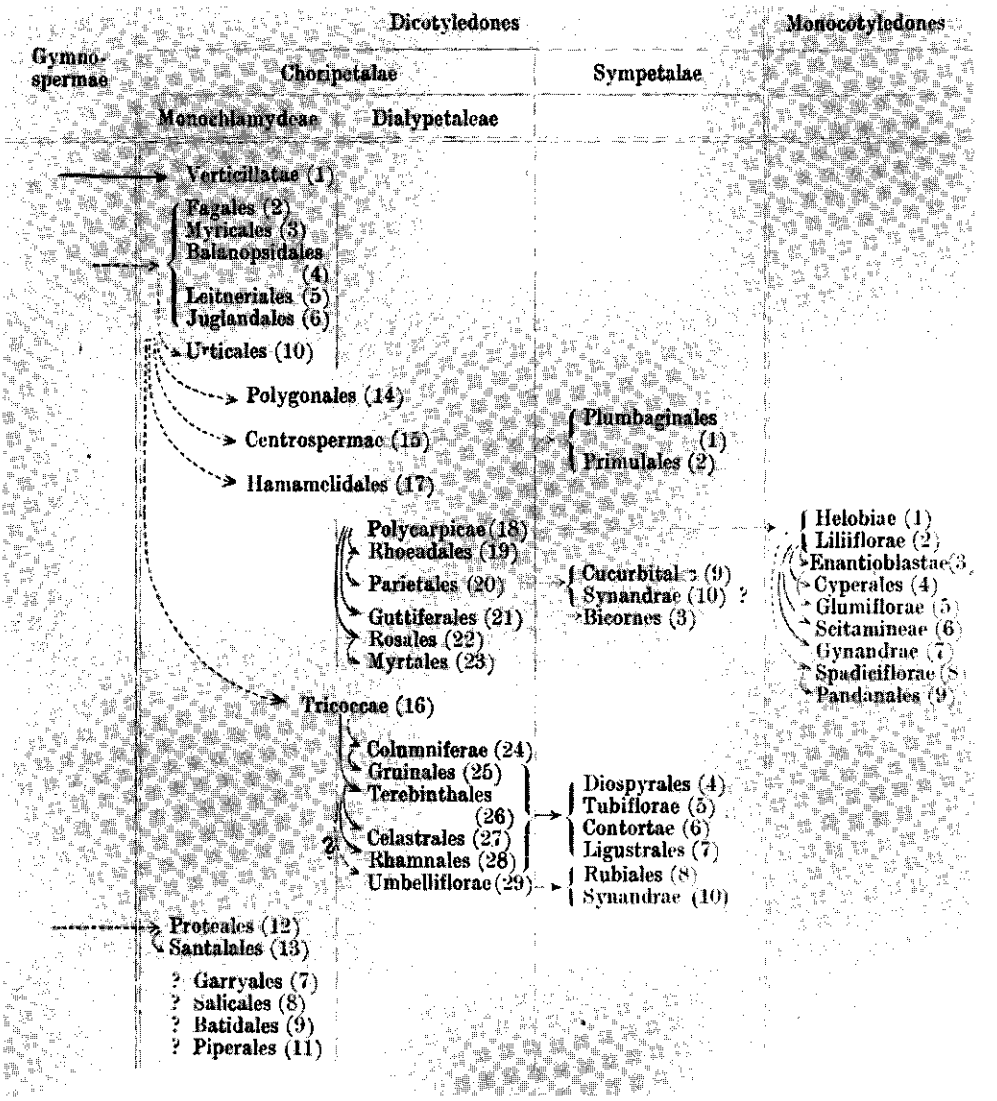


Fig. 87. Wettsteins systeem voor de Angiospermae (Bedektzadigen). Uit Handbuch der Systematischen Botanik 1935: 1068.

Met verwijzing naar de toelichting (X.36) wijs ik hier op de Naaktzadigen (Gymnospermae) die rechtstreeks (doorgaande pijl) de Bedektzadigen (Angiospermae) voortbrachten, en wel de Tweezaadlobbigen (Dicotyledones), vertegenwoordigd door de Casuarinaceae (Verticillatae; zie ook Treub, p. 693). De Monochlamydeae (o.a. de houtige Katjesdragers) kwamen misschien ook voort uit Naaktzadigen (gestippelde pijl). Zij waren misschien weer stamouders van veel bloemdragende groepen (met vrije bloemkroonbladen; een waaier van stippellijnen).

Links beneden een zestal orden van geheel onzekere herkomst. De Tweezaadlobbigen met vergroeidbladige bloemkroon kwamen voort uit enige verschillende groepen met vrije bloemkroonbladen en de Eenzaadlobbigen uit de Polycarpicae.

De herkomst en dus de plaats van de Polycarpicae kon Wettstein niet aannemelijk maken en dit was een van de oorzaken dat de Duitse School herziening nodig had.

contactzone water/lucht. Na dit ontstaan zorgde de evolutie ervoor dat eencelligen zonder kern ontstonden, zodat Stamm I Schizophyta moet heten, splijtplanten. Zij vermeerderen zich door splijting.

In de loop van de tijd volgden nog zeven Stämme: II–V zijn eencelligen en VI–VIII zijn, in overgrote meerderheid, meer- of veelcellige Cryptogamen. Evenals bij de eerste ontbreekt bij de tweede Stamm, de Monadophyta, sexuele voortplanting. Monadophyta herinnert aan Leibniz en aan Haeckel.

De achtste Cryptogamen-Stamm heet Euthallophyta en hiertoe rekent Von Wettstein twee Klassen, de Groenwieren en de Zwammen en, dat kan niet anders, de Korstmossen, want het zijn symbiosen van Groenwieren en Fungi.

Na de acht Stämme (*Phyla*) volgen veelcellige planten die (in principe) uit een wortel, stengel en blad bestaan. Het zijn de Cormophyta (X.29) , Stamm IX. Tot deze Stamm behoren zestien Klassen en de eerste zeven Klassen zijn samen een Abteilung (Divisio) die uit Bladmossen, Levermossen, Wolfsklauwen en Paardestaarten en nog enige groepen 'Varenachtigen' is samengesteld. Alle hebben zij nog enige Cryptogame eigenschappen uit de lagere Stämme behouden. De tweede Abteilung van de Cormofyten is Naakt- en Bedektzadigen die zich als negen Klassen laten ordenen

De volgorde weerspiegelt een toenemende lichaamsorganisatie, van eenvoudig naar gecompliceerd. Eencelligheid is minder gecompliceerd dan meercellig, volgens Von Wettstein.

Met uitzondering van Stamm I, Schizophyta, die zichzelf gelijk bleef, evolueerden alle Stämme, zowel de dierlijke als de plantaardige uit Stamm II, de Monadophyta (die ook Flagellata mogen heten). Dit leidt Von Wettstein af uit onmiskenbaar dierlijke eigenschappen die sommige Flagellaten bezitten. De veelzijdige zowel morfologische als biologische overeenstemming van de eenvoudigste Pflanzenstämme met *Protozoa*, de eenvoudigste dieren, is hiermee verklaard. In het voorbijgaan noteer ik de karakteristiek Darwinistische bewijsvoering: A gaat vooraf aan B en dit verklaart waarom B met A overeenstemt. A stemt overeen met B en dus gaat A aan B vooraf. Het is een tegen alle kritiek bestendige betoogtrant, onontkoombaar voor elke evolutionistische opstelling.

Fotosynthese, voortplanting buiten bereik van water als milieu en een steeds meer beschutte generatiewisseling (geslachtelijk/ongeslachtelijk) begeleidde een steeds verder vorderende, hogere, plantaardige evolutie. De drie morfologische categorieën (wortel, stengel, blad), typerend voor de Cormofyten, moeten als aanpassingen aan het landleven beschouwd worden.

Voor de herkomst van de Cormofyten moeten we vooral denken aan planten die zoals Groenwieren (Klasse VIII) gebouwd zijn. De Cormofyten-Stamm, verzekert Von Wettstein, bestaat uit vier 'scharf geschiedene' Onderafdelingen: Bryophyta (Mosachtigen), Pteridophyta (Varenachtigen), Gymnospermae (Naaktzadigen) en Angiospermae (Bedektzadigen); de eerste twee Onderafdelingen noemt Von Wettstein Archegoniatae en het tweede paar is Anthophyta. Hofmeisters vergelijkende onderzoek van de plantaardige voortplantingsbiologie (1851; VIII.15) is Von Wettsteins leidraad. Ik onthoud mij van vragen die zijn redenering (1933: 286–287) oproept.

De evolutie van de vier Onderafdelingen van Stamm IX (Cormofyten) ziet er als volgt uit. De Blad- en de Levermossen zijn elk een Klasse en ze stammen (naar waarschijnlijkheid) van Groenwierachtigen af. De Varenachtigen zijn vijf Klassen, twee uitgestorven (Psilophytinae en Psilotinae), en drie in leven (Wolfsklauwen, Paardestaarten en Varens).

Wolfsklauwen (Klasse Lycopodiinae) zijn, zegt Von Wettstein, sedert het Carboon be-

kend. Hij laat het bij onzekerheden. Paardestaarten (Klasse Articulatae) zijn sedert het Palaezoïcum bekend, maar hun afkomst is geheel onbekend. De suggestie van D.H. Scott, die aan Wolfsklauw-, Paardestaart- en Varenachtigen elk een afzonderlijke evolutie toeschrijft, schijnt nog het meest aanvaardbaar (maar verklaart niets).

De weg die de evolutie in het plantenrijk volgde laat zich aflezen aan de toenemende reductie van de geslachtelijke fase (geslachtscellen voortbrengende fase in de levenscyclus (levensduur, bouw en omvang van de gametofyt). Terwijl de planten zich op den duur van lager naar hoger ontwikkelen door een toenemend complexe bouw van de organismen als geheel (toevoeging en verfijning), ondergaat de gametofyt een toenemende reductie, beoordeeld naar zijn afmeting in verhouding tot het hele organisme, en naar levensduur en bouw (weefsels), een kenmerkend antagonisme tussen de evolutie van de sexuele en de vegetatieve generatie.

De Afdeling Anthophyta bestaat uit enerzijds Naakt- anderzijds Bedektzadigen, d.w.z. zeven Klassen Naaktzadigen en twee Bedektzadigen. De explosieve en spectaculaire evolutie van de Bedektzadigen poogt Von Wettstein te verklaren door op de situatie bij de dieren te wijzen.

Dieren zijn alle diplonten, dat wil zeggen dat alle dierlijke lichaamscellen het dubbele chromosomengarnituur bezitten. De eenvoudigste planten zijn daarentegen, zei Von Wettstein, haplonten (celkernloze Schizofyten blijven buiten bespreking). Door de evolutie van de generatiewisseling werden de hogere planten lichamelijk diploïd, zodat hun lichaamscellen met die van dieren (ten aanzien van het chromosomen-complex) vergelijkbaar zijn. Planten en dieren evolueerden dus naar hetzelfde einddoel.

De diplonte planten zullen ongetwijfeld de voorouders van de dieren niet zijn. Dieren moeten daarom zelfstandig tot diploïdie gekomen zijn nadat ze uit haploïde voorouders ontstonden, dezelfde voorouders als die van de planten. Zulke organismen zoekt Von Wettstein onder de Flagellaten.

Overigens: *diplonte* organismen zullen bij uitstek geneigd zijn 'neue Biotypen herbeizuführen' en ziedaar, de verbazende diversificatie van de Bedektzadigen. Von Wettsteins lezers kunnen bedacht hebben dat de *haploïde* voorouders dan toch maar in staat waren zowel dieren als planten voort te brengen, en die weer talrijke Klassen. De haploïde potenties op hoog niveau, welbeschouwd, waren zeker niet minder dan de diploïde.

De opwaartse weg die de Varenachtigen aflegden tijdens hun evolutie naar een land- en luchtleven schreef Von Wettstein toe aan het optreden van heterosporie, een term die wijst op verschillend gevormde en verschillend functionerende ♂ en ♀ geslachtscellen (sporen) die in verschillend gebouwde organen ontstaan. Heterosporie zou de emigratie naar een droog milieu bevorderen. Het bezwaar dat nu juist de verst ontwikkelde (gespecialiseerde) heterosporie bij Watervarens optreedt, wekte bij Von Wettstein het vermoeden dat de heterospore amfibische vormen die zich op het land wisten te vestigen, uitstierven en plaats maakten voor minder extreem toegerust nageslacht van die pioniers, terwijl de heterospore watervarens 'secundair aangepast' zich daarentegen goed in het water konden handhaven en overleven. Daarom bleven zij daar voortbestaan en verdwenen ze op het land. Voor elke historisch geïnteresseerde bioloog is het goed te bedenken hoe de Darwinistische benadering Von Wettstein, hiaten laat invullen met gefantaseerde missing links, even optimist als eertijds de essentialisten de hiaten in de *scala naturae* bezagen.

De Onderafdeling Naaktzadigen bestaat uit zeven Klassen; het werd zoëven vermeld.

Klasse 1, de Pteridospermae, zijn slechts fossiel bekend (X.31). Zij zijn een 'überaus bemerkenswerte' overgang van de Pteridophyta (Varenachtigen) naar de Naaktzadigen

en dus een bruggroep tussen twee Onderafdelingen, in het bijzonder tussen de echte Varens (bij voorbeeld en keuze *Marattia*-achtigen, tropische varens die in het Karboon voorkomen) en de Cycadineae (1933: 487). De laatsten verschenen in het Perm en zijn in de tegenwoordige wereldflora nog maar een schamel restant (X.31). Von Wettstein plaatst ze als Klasse 2 in de Naaktzadigen.

Klasse 3, de Bennettitinae, zijn alle uitgestorven. Ze bezetten een 'überaus bemerkenswerte' plaats tussen de Pteridospermae, de Cycadinae en de overige Naaktzadigen, en zelfs schijnen ze Von Wettstein toe nog 'primitiever' te zijn dan de Cycadinae.

De afleiding van de Bedektzadigen uit de Bennettitinae acht Von Wettstein onaannemelijk (1933: 494). Hij erkent dat de leer die Arber en Parkin verdedigden, dat de Polycarpicae uit Bennettitinae voortkwamen (X.37) 'etwas bestechendes' heeft (1935: 597), maar wil er niets van weten. Met een glimlach leest men dat zijn verzet grotendeels steunt op de noodzaak volstrekt hypothetische tussenvormen te construeren als bewijs van zo'n evolutie. Het is een bezwaar dat Von Wettstein elders in zijn eigen ontwerp niet voelde (p. 1063).

Klasse 4, de Cordaitinae, zijn ook alle uitgestorven; zij leefden al in het Devoon. Eigenlijk kan Von Wettstein niets met ze beginnen: ze schijnen een 'früh abgezweigte und selbstständig weiterentwickelte Pflanzenstamm' te zijn, die misschien nog het best als een voorloper van Ginkgoinae begrepen kan worden.

De drie resterende Klassen zijn alle nog in leven. De Coniferen (Kegeldragers; Klasse 6) dateren uit het Karboon, de Ginkgoinae uit het Laat-Karboon. De Coniferen kunen van de Ginkgoinae (Klasse 5) 'ganz allmählich' afgeleid worden. De Gnetinae (Klasse 7) zijn, dacht Von Wettstein, fossiel onbekend; er zijn drie Families. Zij maken de indruk eindstadia (Endgliedern) te zijn van verwante evolutiereeksen (Entwicklungsreihen); wat Von Wettstein nu precies met deze uitspraak bedoelt, weet ik niet. Hij verzekert dat de Bedektzadigen aan de Gnetinae ontsproten zijn en tekent aan dat de systematiek van de Bedektzadigen 'één van de moeilijkste vraagstukken van de hele systematiek is' (1935: 589); met zekerheid zijn Bedektzadigen sedert het Krijt bekend. Gnetums stemmen anatomisch (en biologisch: ze worden door insekten bestoven) van alle Naaktzadigen nog het meest met Bedektzadigen overeen (1933: 528). Toch is het niet noodzakelijk ze als directe voorouders aan te wijzen; een betere suggestie kan Von Wettstein echter niet aan de hand doen tenzij de (vermoedelijke) fylogenie van de bloem, dat zo uitzonderlijke en karakteristieke bezit van de Bedektzadigen, een gids mag zijn.

In Wettsteins schematische overzicht van het systeem der Bedektzadigen (fig. 87) staan de banden met de Naaktzadigen aangeduid door twee pijlen, de ene een gesloten lijn naar de Verticillatae (Casuarinaceae). Die pijl is de verbinding met de *Ephedra*-achtigen. De andere pijl is gestippeld en duidt de minder duidelijke verbinding aan tussen de laagststaande Bedektzadigen, (de Katjesdragers) en *Ephedra*, zowel als *Gnetum*-achtigen.

Bij Katjesdragers (bij voorbeeld de eik, beuk, noten) is van een goed ontwikkelde kelk en bloemkroon geen sprake. De fylogenetische systematiek vereist een standpunt over de herkomst van de kleurige, grote bloemen van de overige (verder geëvolueerde) Bedektzadigen.

Daartoe is het nodig dat zoveel tegenstrijdigheden en zo'n massa feiten in het gelid worden gezet dat Von Wettstein zich gedwongen zag Aristoteles' natuurbeschouwingswijze te volgen. Hij oordeelt het beter de als bloem functionerende organen van thans levende Naaktzadigen buiten bespreking te laten, maar de bloemmatrijs (Blütentypus) van de Anthophyta, de tweede, hoger geëvolueerde afdeling van de Cormofyten, zoals deze in de loop van de aardgeschiedenis zich ontwikkeld heeft, toe te lichten. Mij dunkt dat biologen

een historisch recht hebben desgewenst het woord Blütentypus door *Essentia* te vervangen en in de gerichte evolutie het Aristotelische entelechie-model getransponeerd van individu (Aristoteles) naar de opvolging der veranderde generaties te herkennen.

Von Wettstein vestigt de aandacht op de eenslachtigheid van alle (thans levende) Naaktzadigen. Bij de Bedektzadigen is eenslachtigheid een kenmerk van de Katjesdragers. Bij verder geëvolueerde taxa komt eenslachtigheid slechts bij hoge uitzondering voor. Ook staan bij verreweg de meeste Bedektzadigen de kelk- en kroonbladen in twee gescheiden kransen boven elkaar, terwijl bij Naaktzadigen die kransstand ontbreekt (zegt Von Wettstein). Bij de Katjesdragers staan bladachtige uitgroeiseltjes of knobbeltjes bij de meeldraden of bij de vruchtbeginsels.

Het stuifmeel van Bedektzadigen bevindt zich in vierhokkige helmknoppen maar van Naaktzadigen in stuifmeelzakjes van allerlei vorm, en nooit in vierhokkige kapsels. De cyclische rangschikking van alle bloemdelen, zo typerend voor Bedektzadigen, ontbreekt bij Naaktzadigen ten enen male.

Nu ontwerpt Von Wettstein het concept van de evolutie van de Bedektzadigen-bloem.

Eerste fase. De ♂ bloeiwijze van de Naaktzadigen wordt de eenslachtige ♂ bloem van de Bedektzadigen.

Tweede fase. Het aantal meeldraden neemt toe. Deze historische vermeerdering wil Von Wettstein zonder aarzeling onderstellen want, zo merkt hij op, een toeneming in aantal heeft heel dikwijls plaatsgehad in de evolutie van de Bedektzadigen. De bedachte bloemen met meer meeldraden hadden grotere overlevingskansen dan hun schraal bedeelde voorouders want - Von Wettstein herhaalt Darwins argument - er was een gulzige voorkeur van stuifmeel-verzamelende insekten (p. 676).

Derde fase. Enige meeldraden in de groep veranderen in bloemkroonbladen. Men ziet dit verschijnsel nog heden bij Ranonkel- en Anjelierachtigen, een 'analogie' met vroegere ontwikkelingen (1935: 605). Ook kan Von Wettstein nog een andere ontstaanswijze van de bloemkroon voorstellen: het uitgroeien van weefsels tussen de meeldraden (bij voorbeeld Kattestaartachtigen en Dichapetalaceae). De kelk ontstond daarentegen uit de wat lager geplaatste steunblaadjes of bracteeën. Die mogen worden gelijkgesteld aan de schubben onder de meeldraden van Naaktzadigen.

Omdat insektenbezoek (stuifmeeleters) voor de overlevingskans slechts van betekenis is als de dieren niet alleen met het stuifmeel maar ook met de stempels in aanraking komen, moet de tweeslachtige bloem tijdens Von Wettsteins derde fase ontstaan, de overgangsperiode naar de eindfase.

Eindfase. Tweeslachtigheid van de bloemen werd een snel groeiend succes, want de selectie bevorderde de voortplanting via tweeslachtige bloemen in hoge mate. Eenslachtige ♀ bloemen missen immers de meest effectieve lokmiddelen (stuifmeel, een bloemkroon). Von Wettsteins conclusie luidt: 'Het optreden van stuifmeelverspreiding door insekten heeft tweeslachtige bloemen noodzakelijk gemaakt en ten gevolge gehad' (1935: 607). Enige feitelijke steun, natuurwetenschappelijk of empirisch, is gewenst. Von Wettstein vervolgt:

De tweeslachtige bloeiwijzen van eens bestaande *Ephedra*-achtigen (de hoogst ontwikkelde Naaktzadigen, een 'Endglied') werden tweeslachtige bloemen van de meest oorspronkelijke Bedektzadigen, te weten de stamouders van de huidige Katjesdragers (Monochlamydeae). Het gesloten vruchtbeginsel van die Bedektzadigen ontstond door vergroeiing van dek- of steunschubben van Ephedra's. Von Wettstein tekent een reeks van hypothetische schema's die de verandering van een sterk vereenvoudigde bloeiwijze van

een hoogstaande naaktzadige (*Typus Ephedra*) in de bloem van een eenvoudige bedektzadige (*Typus Casuarina*) demonstreert (1935: 604).

Het blijft niet bij theorie. Als voorbeeld kan Von Wettstein *Ephedra campylopoda* aanwijzen. Aan de stengeltop staan paren tegenoverstaande, groene, vlezige schubben die in de oksel telkens een meeldraad dragen terwijl op de stengeltop twee ♀ organen (zaadbeginsels) staan. Dit is een tweeslachtige bloeiwijze. Zo'n rangschikking veranderde geleidelijk en werd de eerste Bedektzadigen-bloem. Deze verscheen eens en ergens in de groep van de Polycarpicae.

De samenvattende formule wordt: 'Degenen die de bloem van de Bedektzadigen afleiden uit de bloemen van de Bennettitinae of uit de 'bloemen' van de Kegeldragers, vatten de bloembouw op als eenassig, een stengeldeel met aanhangsels (*Euanthium*-theorie). Degenen die de Monochlamydae of de Polycarpicae van *Gnetum*-achtige voorouders afleiden, beschouwen de bloem als een veranderde bloeiwijze (*Pseudanthium*-theorie)' (1935: 598).

Ik noteer tot besluit nog dat Von Wettstein erop wees dat Een- en Tweezaadlobbigen van oudsher als duidelijk verschillende groepen Bedektzadigen erkend zijn, maar dat zij toch niet geheel onafhankelijk van elkaar evolueerden. Tweezaadlobbigen zijn zeker niet uit Eenzaadlobbigen ontstaan. Omgekeerd kan een vroegtijdige afsplitsing van Eenzaadlobbigen uit de Polycarpicae goed worden verdedigd. Niet mag worden vergeten, hoe dan ook, dat de Polycarpicae en Eenzaadlobbigen toch zeker de meest oorspronkelijke Bedektzadigen niet zijn. Een grondige vergelijkende studie leert dat de bouw van het hout, van de bloem, van de geslachtelijkheid, van de bloembekleedselen (kelk, kroon), bestuivingsbiologie (wind, insekten), van bevruchtingsbiologie (tijdbestek tussen bestuiving en bevruchting) en van stuifmeelkorrel-eigenschappen beoordeeld in samenhang met de fossiele bevindingen duidelijk maken dat Katjesdragers (Monochlamydeae, zoals De Candolle ze in 1813 noemde) de meest oorspronkelijke Bedektzadigen zijn.

De oorsprong van de Eenzaadlobbigen is fossiel niet achterhaald: beide komen voor in het Onder-Krijt en een duidelijk verschil in ouderdom is niet aantoonbaar. In 1920 maakte K. Süssenguth de aansluiting Polycarpicae–Eenzaadlobbigen door een uitvoerig overzicht overtuigend duidelijk (Beih. Bot. Zentralbl. XXXVIII, Abt. II). Eenzaadlobbigen zijn weliswaar een natuurlijke groep, maar niet wegens het bezit van één zaadlob maar door veel andere eigenschappen. De twee zaadlobben van de meer oorspronkelijke Bedektzadigen zijn vergroeid (synkotylie) en erfelijk gefuseerd gebleven bij de Eenzaadlobbigen (zegt Süssenguth).

Voor de rangschikking volgens Von Wettstein senior raadplege men Janchens Entwurf eines Stammbaumes der Blütenpflanzen nach Richard Wettstein (Oesterr. Bot, Zeitschr. 81, 1932: 161–166).

De plaatsing van de Eenzaadlobbigen ná de Tweezaadlobbigen in de finale 'Wettstein', vijfentwintig jaar na de eerste versie van Von Wettsteins systeem, kreeg algemeen steun en bovendien was de herziene opbouw van het Eenzaadlobbigensysteem zeer veel aantrekkelijker. De Pandanaceae (houtachtig, gereduceerde bloemen) sluiten nu de rij, en kruidachtige verwanten van Polycarpicae (Ranales) beginnen de ontwikkelingsreeks. Dit is een ingrijpende toenadering tot de Angelsaksische School ('Ranalian'), typerend voor de vernieuwing en vergroeiing van de twee scholen in de late 20e eeuw.

Ondanks toenemende bezwaren behield Von Wettstein een eigen en vooraanstaande plaats in de botanische taxonomie door de degelijke doorwrochte tekst, de schat van illustraties en de gulle literatuurgegevens.

37. De Angelsaksische School van plantensystemen (1862–1950)

George Bentham (1800, Stoke (Plymouth) – 1884, Londen) studeerde rechten in Londen, maar begreep na twee jaar dat plantkunde zijn roeping was, beschrijvende botanie en de synthese van de gevonden gegevens, de systematiek. Hij bracht omvangrijke herbariumcollecties bijeen, duizenden soorten die in 1854 aan het Kew Herbarium werden toegevoegd. Als voorzitter van de Linnean Society (1863–1878) schreef hij een Flora van Hong Kong (1861) en een Flora Australiensis (7 delen, 1861–1878). Enige 'grote' families bewerkte hij, in nauwe vriendschappelijke samenwerking met A.P. de Candolle voor de Prodromus (X.29). Zijn chef d'oeuvre was niettemin *Genera Plantarum*, waarover straks meer.

William J. Hooker (1785–1865) bezocht IJsland in 1805 als natuuronderzoeker, maar Deense krijgsgevangenen staken het schip met zijn verzamelingen op de thuisreis in brand. Na mossenstudies (bij voorbeeld *Muscologia Brittannica*; 1817) werd Hooker hoogleraar voor de plantkunde in Glasgow (1820), en twintig jaar daarna (1841) directeur van de 'Royal Botanic Gardens at Kew'. Een *Species Filicum*, de systematische behandeling van de varensoorten volgens Linneaans model, bevestigde zijn reputatie als specialist voor de Lagere Planten en zijn werk als redacteur, schrijver en tekenaar van de vermaarde botanische platenreeks Curtis's Botanical Magazine (sinds 1826 verschenen) droeg niet weinig bij om hem tot een erkende leidende taxonoom te maken.

Zijn zoon, Joseph Dalton Hooker (1817, Halesworth (Suffolk) – 1911), Sunningdale (Berkshire)) studeerde medicijnen, promoveerde in Glasgow (1839) en ging als scheepsarts en botanicus mee met de *Erebus* en *Terror*-Expeditie naar het Zuidpoolgebied. Hij bezocht Australië, Nieuw-Zeeland en Tasmanië (1839–1843), werkte van 1845–1851 als plantkundige in Noord-India (Himalaya, Sikkim); het Midden-Oosten bereisde hij in 1860 (Syrië, Palestina), Noord-Afrika (Marokko) in 1871 en Noord-Amerika in 1877.

In 1855 werd Joseph Dalton onderdirecteur van de Kew Gardens en hij volgde als directeur zijn vader op in 1865 (hij bleef tot 1885 in functie).

Zeer veel zeer goed botanisch-systematisch werk staat op naam van Joseph Dalton. Ik noem bij keuze The Botany of the Antarctic Voyage... (6 delen, 1844–1860), de Flora van Tasmania (1855–1859 ('1860')), van Nieuw-Zeeland (1864–1867). Een in 1855 begonnen *Flora Indica* (in samenwerking met T. Thomson, een Glasgowse medicus en leerling van W.J. Hooker) bracht het niet verder dan één deel, maar leidde tot de standaard Flora of British India (7 delen, 1875–1897), die hij redigeerde en grotendeels schreef.

Hooker was goed met Darwin bevriend, onderhield geregelde contacten met hem en hij bewerkte Darwins bescheiden plantencollectie van de Galápagos Eilanden. Door een legaat van Darwin daartoe in staat gesteld, begon Kew het meest belangrijke werk voor taxonomisch onderzoek te publiceren, de *Index Kewensis* (1895) onder redactie van J.D. Hooker. Een met tussenpozen aangevulde alfabetische index van alle ooit gepubliceerde wetenschappelijke plantnamen was de vanzelfsprekende consequentie van de regels voor botanische nomenclatuur die A.P. de Candolle had voorgesteld (Théor. Élém. 1813: 221–257) en die zijn zoon, Alph. de Candolle, ordende en formuleerde (Lois de la Nomenclature Botanique, 'Paris Code'; 1867).

Een paar maanden voor Origin verscheen (november 1859) hadden Bentham en Hooker de ordening en het model van een nieuw te schrijven *Genera Plantarum* voltooid. Samen zouden zij de genera van alle zaaddragende planten omgrenzen en rangschikken. Bentham was overtuigd van de onveranderlijkheid van de natuurlijke taxa en Hooker bekeerde

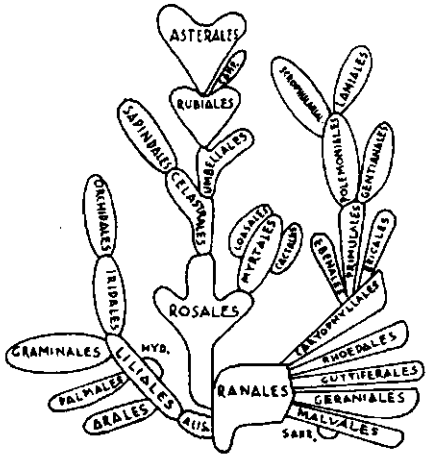


Fig. 88. C.E. Besseys systeem van de Bedektzadigen schematisch getekend (The Phylogen. Taxon. Flow. Pl., Ann. Missouri Bot. Gard. 2, 1915). Bessey tekende het model van een schijfcactus; elk segment een orde. De maat van de segmenten geeft ongeveer het aantal soorten per orde weer. R. Lucas Rodriguez probeerde door ruimtelijke tekeningen scheidslijnen zichtbaar te maken, gebaseerd op kenmerkverschillen (1950). D.B. Swingle had daartoe een eerste poging gedaan. (Textb. of System. Bot., 1934.)

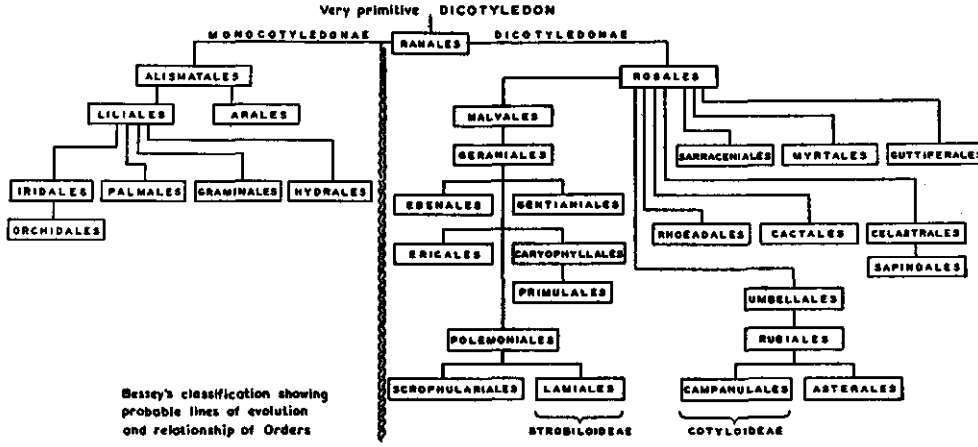


Fig. 89. Besseys systeem (1915) van de Bedektzadigen schematisch afgebeeld door J.N. Nitra (Introd. Syst. Bot. Ecol. 1964: 44). Nitra veranderde het schijfcactus-model van Bessey in een plattegrond, die schijnbaar hetzelfde systeem laat zien maar in feite een fundamenteel andere voorstelling van zaken geeft. Bij voorbeeld verschijnen in Besseys systeem *Malvales* uit *Ranales* terwijl in Nitra's plattegrond *Malvales* uit *Rosales* voortkomen.

zich tot het Darwinisme (XII.42). Na overleg besloten de twee onderzoekers het bouwplan van het boek niet te veranderen, een besluit dat Hookers inzicht in de systematiek aantoont.

Genera Plantarum verscheen in 3 delen (1862–1883). Het is de beschrijvende synthese van alle toen bekende genera, een monumentaal werk gebaseerd op de beschikbare morfologische en plantengeografische gegevens en deze door eigen onderzoek van de in Kew aanwezige collecties, aangevuld. De waarnemingen zijn zo betrouwbaar, de conclusies zo behoedzaam en weloverwogen, dat 'Bentham en Hooker' een duurzame bron van gezaghebbende informatie bleef, een symbool van volhardend onderzoek. Bentham erkende in 1865 dat hij na 'considerable pain' het Darwinisme aanvaard had.

Het systeem dat *Genera Plantarum* aanbood is pre-Darwin. Het volgt hier in hoofdzaak (een uitvoeriger samenvatting in J.C. Willis, A Dictionary of the Flowering Plants and Ferns, 8e editie (ed. H.K. Shaw), 1973).

Klasse A. Dicotyledones
Subkl. I. Polypetalae
Series 1. Thalamiflorae (6 Cohorten; Ranales–Malvales)
Series 2. Disciflorae (4 Cohorten; Geraniales–Moringeae)
Series 3. Calyciflorae (5 Cohorten; Rosales–Umbellales)
Subkl. II. Gamopetalae
Series 1. Inferae (3 Cohorten; Rubiales–Campanales)
Series 2. Heteromerae (3 Cohorten; Ericales–Ebenales)
Series 3. Bicarpellatae (4 Cohorten; Gentianales–Lamiales)
Onzekere positie: Plantagineae
Subkl. III. Monochlamydeae (of Incompletae)
Series 1. Curvembryae (7 Orden; Nyctagineae–Polygonaceae)
Series 2. Multiovulatae aquaticae (1 Orde; Podostemaceae)
Series 3. Multiovulatae terrestres (3 Orden; Nepenthaceae–Aristolochiae)
Series 4. Micrembryae (4 Orden; Piperaceae–Monimiaceae)
Series 5. Daphnales (5 Orden; Laurineae–Elaeagnaceae)
Series 6. Achlamydosporeae (3 Orden; Loranthaceae–Balanophoreae)
Series 7. Unisexuales (9 Orden; Euphorbiaceae–Casuarina, Cupuliferae)
Series 8. Anomalous: (4 Orden; Salicaceae–Ceratophyllaceae)

Klasse B. Gymnospermeae
Drie groepen: Gnetaceae, Coniferae en Cycadaceae.
De Klasse wordt op 1 bladzijde (Gen. Pl. 3, 1883: VII) afgedaan. Beter is het, zegt Bentham, deze Klasse niet, zoals eertijds, bij de Monochlamydeae te voegen, of zoals heden algemeen gewoonte is, ze als een subklasse van de Dicotylen te beschouwen of zelfs als een Dicotyle Klasse. Hij tekent aan dat naar een aansluiting bij voorkeur bij enige oude Cryptogamen moet worden gezocht.

Klasse C. Monocotyledones
Series 1. Microspermae (3 Orden; Hydrocharideae–Orchideae)
Series 2. Epigynae (7 Orden; Scitamineae–Dioscoreaceae)
Series 3. Coronariae (8 Orden; Roxburghiaceae–Rapateaceae)
Series 4. Calycinae (3 Orden; Flagellariaceae–Palmae)

Series 5. Nudiflorae (5 Orden; Pandaneae-Lemnaceae)
Series 6. Apocarpae (3 Orden; Triurideae-Naiadaceae)
Series 7. Glumaceae (5 Orden; Eriocaulaceae-Gramineae)

Bentham en Hookers systeem - Bentham nam ongeveer 150 families (ca. 5000 genera) dat is ongeveer tweederde van het totale werk op zijn schouders - sluit goed aan bij De Candolle. Een hogere ontwikkeling gaat gepaard met toenemende fusie van organen en bloemreductie. Een belangrijk verschil is de invoeging van de Disciflorae als een serie tussen de (hervormde) Thalamiflorae en Calyciflorae.

De plaatsing van de Naaktzadigen tussen de Twee- en Eenzaadlobbigen, de drie groepen op gelijk taxonomisch niveau, werd een grondslag voor de Angelsaksische School. Voor de huidige Naaktzadigen moet aansluiting bij de fossiele 'Cryptogamen' gezocht worden, zegt Bentham, en zet de drie Klassen in de huidige flora zij aan zij (géén aansluiting met Twee- of Eenzaadlobbigen).

Bezwaren ontmoetten o.m. de plaatsing der Kikkerbeetachtigen (Hydrocharideae) en de Orchideeën in één Series (Van Royen p. 1025), en de toenadering der Wolfsmelkachtigen (Euphorbiaceae) tot Casuarina en de Napjesdragers (Eikachtigen) in de subklasse Monochlamydeae, ook al was de status van Casuarina en de Napjesdragers als eindfase van de Monochlamydeae naar de mening van velen een goede beslissing.

J.G. Hallier (1868, Jena - 1932, Oegstgeest) was de zoon van de botanicus E. Hallier en hij studeerde in zijn geboortestad bij Stahl en bij Haeckel (1888-1890), daarna in München (1890-1892). Hij promoveerde in Jena (1892) op grond van een taxonomische studie over de Windeachtigen. Korte tijd was hij aan de Botanische Tuin te Göttingen verbonden en in 1893 ging hij naar Buitenzorg (Java) om in het Herbarium van 's-Lands Plantentuin te gaan werken. Tijdens zijn driejarige verblijf nam hij deel aan de Borneo Expeditie van 1893-1894 en hij bereisde de Filippijnen en Sumatra. In München (1897-1898) en in Hamburg (1898-1908) zette Hallier zijn onderzoek voort. Het Rijksherbarium te Leiden nam hem op in de staf (1908; Lotsy ging met pensioen) en hij bleef daar werkzaam tot 1922.

Voor 20e-eeuwse taxonomen is een verblijf in de tropen ter wille van waarnemingen, veldwerk en overdenking, onmisbaar. Hallier was na zijn tropenjaren een geïnspireerde onderzoeker, zelfs zo enthousiast dat hij meningen publiceerde die beter onbekend hadden kunnen blijven. Zo schreef hij dat Loranthaceae (Vogellijmachtigen) nauw aan Naaktzadigen verwant zouden zijn (een idee dat overigens nog van Schleiden stamt) en Hallier meende dat zij misschien een schakel tussen de Gnetums en de Bedektzadigen waren. *Gnetum*, dacht Hallier, stond van alle Naaktzadigen, de Bedektzadigen het meest nabij, want in *Gnetum*-hout komen dezelfde houtvaten voor als bij Bedektzadigen: een uiterst belangrijke gelijkheid. De taxonomie wilde Hallier aansluiten bij de fylogenie en beide afleiden uit een zo breed mogelijke keuze van anatomische, biologische en fytochemische eigenschappen, gekoppeld aan de morfologie en hij ontdekte zelfs analogieën in de volkstaal, varianten in spelling en spraak die met evolutie-vermoedens schenen samen te gaan.

In 1901 en 1902 sloot Hallier zich bij De Candolle aan door als uitgangspunt voor de Bedektzadigen de Polycarpicae (Ranales) aan te wijzen, de meest oorspronkelijke Tweezaadlobbigen (Übersicht über das natürliche System der Dicotylen). In 1903 onderstreepte hij die mening en schreef:

> 'De oerbloem van de Bedektzadigen is de Magnoliaceae-bloem. Het is een 'Cycadeae'-bloem, tweeslachtig, met lange bloemas, talrijke bloembekleedselen, *Cycas-*

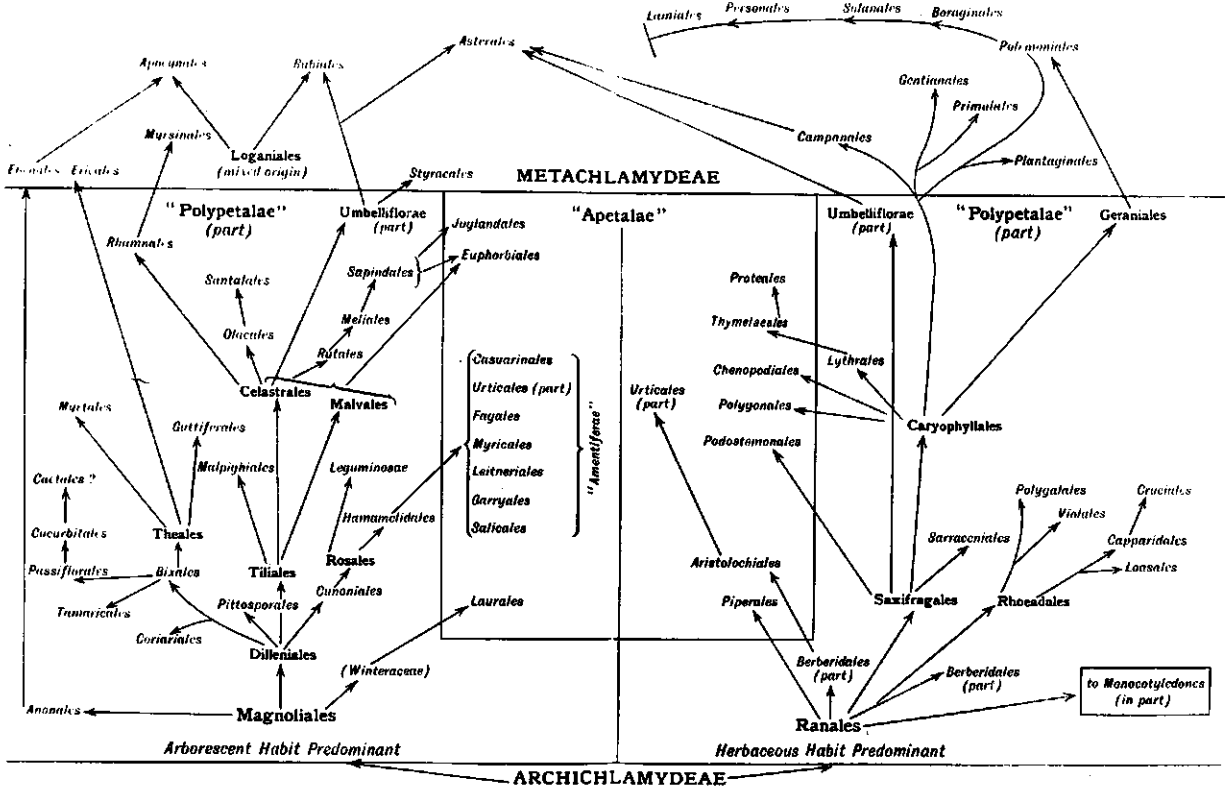


Fig. 90. Systeem voor de evolutie van de Tweezaadlobbigen door J. Hutchinson (Fam. Fl. Pl. I, 1926: [8 – 9]. Het schema maakt in een oopopslag duidelijk dat overwegend houtig of kruidachtig de eerste, algemene scheidslijn aanbrengt. *Magnoliales* (houtig) en *Ranales* (kruidachtig) zijn samen de Wettsteinse Polycarpicae (figuur 85). Gewassen vrijwel zonder bloemkroon zijn nakomelingen van planten met een bloemkroon en staan bijeen in een middenveld (Apetalae), gescheiden in houtige en kruidachtige. Gewassen met vergroeidbladige bloemkroon (Metachlamydeae) staan bovenaan en zijn afkomstig van verschillende voorouders (polyfyletische oorsprong). De Eenzaadlobbigen komen voort uit de *Ranales*, althans ten dele. Jaren daarna wijzigde Hutchinson dat standpunt. De *Piperales* staan in een geïsoleerde positie en zijn heel weinig geëvolueerd (denk aan Linnaeus' Piperitae, figuur 81, p. 943).

achtige helmknoppen (buitenwaarts openend en tweehokkig), talrijke meeldraden, talrijke stampers (met talrijke zaadbeginsels in een gesloten vruchtbeginsel) en de bloemorganen zijn spiralend om de bloemas ingeplant. Uit zo'n bloem kunnen alle twee- en eenzaadlobbige bloemen door reductie, differentiatie en ook vergroeiing van organen worden afgeleid' (Bull. l'Herb. Boissier 1903: 307).

Met de 'Cycadeae'-bloem bedoelde Hallier de *fructificatio* van fossiele planten die min of meer met de huidige *Cycas*-achtigen overeenstemden, zoals Bennettitales (of Arber en Parkins Hemiangiospermen die dadelijk ter sprake komen). Bennettitaceae zijn, zei Hallier, een uitgestorven groep (Verbindungsglied) tussen Cycadaceae en Magnoliaceae (1901, 1902, 1905).

In 1908 volgde een studie over de 'wahren Stammeltern' van de Katjesdragers (die ver gespecialiseerde groepen zijn). Ofschoon Hallier later zijn standpunten niet zelden wat wijzigde, lijdt het geen twijfel of zijn systematiek moet tot de Angelsaksische School gerekend worden.

Een Stammbaum des Pflanzenreiches publiceerde Hallier in de 2e editie van Reinhardts romantische boek Vom Nebelfleck zum Menschen (1914). Zaadvarens waren de voorouders van 'Cycadeeën', en deze op hun beurt van Ginkgo's, Gnetums, de fossiele Cordaitaceae, de Coniferen en de Tweezaadlobbigen. Tien jaar later bedierf Hallier zijn reputatie als vooraanstaand systematicus nog verder door de Stammbaum in de 3e editie van Reinhardts boek te herzien en nog minder geloofwaardig te maken.

Zijn Tweezaadlobbigen-systeem van 1912, L'Origine et le Système Phylétique des Angiospermes (Arch. Néerl. Sci. exact. 3B (1): 146–234), was in hoofdzaak als volgt samengesteld:

I. Proterogames. Vijf Orden, beginnend met Ranales (niet de Magnoliaceae)
II. Anonophylales. Vijf Orden, beginnend met Annonales (zoals Magnoliaceae, Annonaceae enz.). In deze groep ook Schermbloemigen en Zonnebloemachtigen, Linden en Toverhazelaars.
III. Rhodophylales. Zeven Orden, beginnend met Kruisbloemigen.
IV. Ochnigenes. Twaalf Orden, beginnend met Ochnaceae en eindigend met Buisbloemigen zoals Rubiaceae en Kamperfoelieachtigen.

De Eenzaadlobbigen wilde Hallier in zeven Orden verdelen; het verst afgeleid zouden de Helobiae zijn, families zoals de Kikkerbeet- en de Waterweegbreeachtigen. Zij zijn ontstaan, verklaarde Hallier al in 1905, uit Tweezaadlobbigen, uit heesters die verwant aan *Berberis* zijn, en uit kleine bomen en lianen die in Zuid-Amerika en Azië voorkomen en tot de (houtige) Ranales behoren, en hij geeft daarbij aan Lardizabalaceae voorrang. Deze familie was de oorsprong van kruidachtige Ranales en van de Liliiflorae, de grote Orde aan de basis van de Eenzaadlobbigen. Een dubbele herkomst van de Eenzaadlobbigen dus (Prov. Scheme... of Fl. Plants in New Phytol. 4, 1905: 157–162). Lotsy (VIII.24) verdedigde in 1911 de theorie dat de Eenzaadlobbigen uit een onbekende en uitgestorven groep, de Proranales zouden zijn ontstaan. Bovendien zou een tweezaadlobbige Orde, de Peperachtigen (Piperales) – een familie met een bijzondere stengelanatomie die de anatomie van Eenzaadlobbigen benadert en een embryozak-anatomie (tijdens de bevruchting) die nauw aan Lelieachtigen verwant is – de stamouder zijn van een evolutielijn van Eenzaadlobbigen, te beginnen met Aronskelkachtigen en via o.a. Palmen en Pandanaceae eindigend met de Lisdodden (Typhaceae).

Halliers en Lotsys Eenzaadlobbigen-systematiek toont een Duitse School-invloed. Engler liet de Piperales direct op de Casuarina's volgen. Lotsy's evolutielijn Aronskelkachtigen naar Lisdoddeachtigen is een rij Orden die, in dezelfde trant als de Monochamydeae (Katjesdragers) door afwezige of weinig ontwikkelde bloembekleedselen (uiterlijk) getypeerd is.

Ofschoon Hallier bij herhaling zijn fijne neus bij het zoeken naar verwantschappen bewees, konden zijn gevolgtrekkingen over scheiding of toenadering van families dikwijls niet overtuigen. Hij zag zich verplicht zijn regels voor de beoordeling van 'primitief' of 'afgeleid' bij te stellen. Ongewild droeg hij bij tot de zich wijzigende waardering van eigenschappen voor taxonomische doeleinden in de loop van de 20e eeuw.

E.A.N. Arber, Demonstrator van Paleobotanie in Cambridge (Engeland) en C.L. Parkin, Superior of National Forestry in West Virginia, besloten in 1907 (On the Origin of Angiosperms, J. Linn. Soc. (Bot.) 38: 28–80) dat de *Gnetum*-achtigen zowel als de Bedektzadigen uit Zaadvarens ontstonden, welbegrepen de Bennettitales – die sinds het Boven Trias bekend zijn – en dat Gnetums en Bedektzadigen zich van den beginne af zij aan zij ontwikkelden. *Gnetum*-achtigen zijn dus de voorouders van Bedektzadigen niet. Arber en Parkin bestreden de hypothese van de Duitse School dat kegels (strobili) van fossiele Naaktzadigen, die hetzij ♂ hetzij ♀ voortplantingsorganen droegen, als voorlopers van de eenslachtige katjes van de Katjesdragers mochten gelden. Als gevolg zouden, redelijkerwijs oorspronkelijke Bedektzadigen eenslachtige bloemen dragen. Tweeslachtige bloemen zouden ontstaan tijdens het verdere verloop van de evolutie, uit een tweeslachtig 'pseudanthium', dat is een samengedrongen bloeiwijze of stengeltop met zijdelings ingeplante ♂ en ♀ organen. Een kelk en bloemkroon, de bekleding van de voortplantingsorganen, evolueerden daarna. Volstrekt onaanvaardbaar, zelfs voor stoutmoedige Darwinisten.

De veronderstelling dat bij de Bedektzadigen bloembekleedselen als een extra, als iets nieuws achteraf, zouden zijn verschenen, wijzen Arber en Parkin dan ook af. De eenslachtige katjes van de Katjesdragers zijn allerminst eenvoudig gebouwde bloemen of bloeiwijzen. Integendeel, zij zijn complex gebouwde organen, ver gespecialiseerd en zeker niet primitief. Hun anatomie bewijst overduidelijk dat de eenslachtige katjes afstammelingen zijn van tweeslachtige bloeiwijzen en bloemen die van bloembekleedselen waren voorzien.

We behoren de Bedektzadigen-bloem te begrijpen, schreven Arber en Parkin, als een 'anthostrobilus', een nakomeling van de 'proanthostrobilus' en dat was een combinatie van aan het stengeluiteinde spiralend ingeplante ♂ en ♀ organen (de ♀ hoger dan de ♂ geplaatst). Planten met proanthostrobilus doopten zij Hemiangiospermae.

Fossielen die geheel en al aan het Hemiangiospermen-ontwerp beantwoorden stonden Arber en Parkin niet ter beschikking, maar enige Bennettitales benaderen de gezochte Hemiangiospermen. Zij hadden geslachtsorganen die min of meer hemiangiosperm lijken en deze waren door schubben of lobben, kortom zoiets als bloembekleedselen omringd. In 1908 gaven Arber en Parkin nog enige toelichting door hun studie over de verwantschap van Gnetums en Bedektzadigen (Ann. Bot. XXIII: 489–515). Zij concludeerden dat de bloem (*fructificatio*) van de Gnetums een voorbeeld is van een *proanthostrobilus*, echter een regressie, een gereduceerde vorm als slot van een evolutie. Een voorbeeld van een gereduceerde *anthostrobilus* is de ♂ bloem van *Welwitschia* die, zoals bekend, een onontwikkelde stamper bezit. De Hemiangiospermen waren voorouders van zowel de *Gnetum*-achtigen als van de Bedektzadigen.

C.E. Bessey (1844–1915), een leerling van Asa Cray en een fervente aanhanger van Dar-

win (en Wallace), geloofde niet in Englers plantensysteem. Het systeem waartoe hij na enige veranderingen besloot, kreeg in Noord-Amerika veel aanhang; het belichaamt de Angelsaksische School, stoelt op Bentham em Hookers systeem en het draagt enige karaktertrekken van Halliers systematiek. Bessey wilde de oorsprong van de anthostrobilus verklaren door te veronderstellen dat een spiralend gebouwde loot van bladvormige takken (*fyllomen*) tot een opeengedrongen dwergloot geëvolueerd zou zijn, terwijl de fyllomen vruchtbaar werden en het hele stelsel een uitgangsfase voor de strobilus werd. Bessey publiceerde in 1893 en in 1897 (Phylogeny and Taxonomy of the Angiosperms) ontwerpen, en de uitkomst van zijn overwegingen en studies verscheen in 1915: The Phylogenetic Taxonomy of Flowering Plants (Ann. Missouri Bot. Gard. 2: 109–164, fig. 88, p. 1068).

De 'dubbele bevruchting' (p. 690) achtte Bessey zo uitzonderlijk dat hij de Bedektzadigen als een monophyletisch taxon wilde beschouwen. Zij zijn voortgekomen, eenmaal slechts, uit op *Cycas* gelijkende naaktzadige, thans uitgestorven planten die aan de Bennettitales nauw verwant waren (Hallier).

Aan de Ranales (breed opgevat, op zijn Halliers) ontsproten drie 'phyla', drie stammen, te weten de Een- en de Tweezaadlobbigen, en de Tweezaadlobbigen (na de Ranales zijn de Roosachtigen de eerstvolgende groep) weken uiteen, dat wil zeggen de Strobiloideae en de Cotyloideae gingen elk hun eigen weg.

Strobiloideae begonnen met Kaasjeskruidachtigen en eindigden met de Lipbloemen, terwijl de Roosachtigen nog zeven fylogenetische afstammingslijnen afsplitsten. Van die zeven Cotyloideae zijn de *Campanula*-achtigen en de Zonnebloemachtigen het verst geëvolueerd.

Uit kruidachtige Ranales ontstonden de Eenzaadlobbigen. Al in 1884 had Naegeli de bloemen van Boterbloemachtigen (Ranunculaceae) en Waterweegbreeachtigen (Alismateceae) aangewezen als de meest oorspronkelijke Bedektzadigen-bloem. Die gedachte nam Bessey over. Hij maakte de Alismatales de eerste Orde van de (eenzaadlobbige) Strobiloideae (die zich door een bovenstandig vruchtbeginsel onderscheiden) en de andere subklasse van de Eenzaadlobbigen (met een onderstandig vruchtbeginsel) heette Cotyloideae. Omdat de stand van het vruchtbeginsel (voor Bessey) een maatstaf is voor de graad van evolutie, zijn de Cotyloideae verder afgeleid dan de Strobiloideae. De concepten Strobiloideae en Cotyloideae komen dus zowel bij de Twee- als bij de Eenzaadlobbigen tot uitdrukking.

De mate van fusie of vergroeiing van bloemorganen is ook van grote betekenis: hoe vrijer de bloemdelen, hoe primitiever de bloem. Niettemin is een vergroeibladige bloemkroon een eigenschap die niet zo veel mag meetellen dat families om die reden bijeen zouden moeten gevoegd. Een splitsing van de Tweezaadlobbigen in Polypetalen (met vrije bloemkroonbladen), Gamopetalen (met vergroeibladige bloemkroon) en Monochlamydeae (zonder bloemkroon of met vrije bloemkroonschubjes (Choripetalae)) is ongewettigd, dat wil zeggen niet in overeenstemming met de evolutie.

Besseys systeem toont aan, na analyse, dat de neiging om de fylogenie van de planten als een polyfylese, een web van veel afstammingslijnen (Hayata), op te vatten in de loop van de 20e eeuw toeneemt.

J. Hutchinsons hoofdindeling van de Bedektzadigen sluit aan bij De Candolle en bij Bentham en Hooker: de oer-Tweezaadlobbigen waren houtig (boomvormig) en droegen tweeslachtige bloemen met kelk en kroon (althans daarop gelijkende bloembekleedselen), en met talrijke vrije meeldraden en talrijke vrije en bovenstandige stampers, met andere woorden, zij waren aan Magnoliaceae verwant. Dikwijls zijn Bessey en Hutchinson het

over bepaalde familieverwantschappen van Tweezaadlobbigen eens.

J. Hutchinson (1884–1972) was de zoon van een tuinbaas; sinds zijn jongensjaren was hij door plantensystematiek geboeid. Twintig jaar oud werd hij tuinman in Kew en in 1905 benoemd als Preparer in het Herbarium. In 1919 werd hij lid van de wetenschappelijke staf en in 1936 Keeper of Museums te Kew, waar hij werkzaam bleef tot op zijn sterfdag. De lijst van zijn plantsystematische publicaties bestaat uit meer dan 350 titels en samen met zijn omvangrijkste boeken bevatten zij meer dan 6 000 pagina's. Hij was een begaafde plantentekenaar; zijn plantenkennis werd zelden geëvenaard.

In 1926 publiceerde Hutchinson zijn systeem voor de Bedektzadigen (The Families of the Flowering Plants), dat hij opgesteld had op grond van hun waarschijnlijke evolutie (based on their probable phylogeny). Zijn systeem voor de Eenzaadlobbigen volgde in 1934. Hij illustreerde de boeken, grotendeels met eigen tekeningen en hij componeerde sleutels die de bruikbaarheid van zijn werk sterk verhoogden (p. 1071).

De Tweezaadlobbigen evolueerden van het begin af langs twee gescheiden wegen die door (predominantly) houtig of kruidachtig getypeerd zijn. De Englerse Polycarpicae verdeelt Hutchinson daarom dadelijk in Magnoliales (de houtige eerste Polypetalae) en de Ranales (de kruidachtige eerste Polypetalae) waar vele Eenzaadlobbigen aan ontsproten.

De eerste afdeling van de Tweezaadlobbigen heet Archichlamydeae, een naam die Hutchinson van Engler overnam. Zij hebben vrije bloemkroonbladen en deze kunnen ook ontbreken. Er zijn 9 Orden, Magnoliales tot Umbellifloren (Schermbloemigen), te weten 213 Families, de meest oorspronkelijke de Magnolia's en de verst geëvolueerde Schermbloemen.

De tweede afdeling zijn de Metachlamydeae, een andere naam voor Gamopetalae en Sympetalae. Zij hebben een vergroeidbladige bloemkroon, en zij ontstonden bij verschillende gelegenheden uit Archichlamydeae, zowel van Magnolial als Ranal herkomst.

De onderklasse Monochlamydeae (o.a. Katjesdragers), die Bentham en Hooker ook Incompletae noemden, beschouwde Hutchinson als regressie-groepen, nakomelingen van Orden met volkomen ontwikkelde bloemen. De houtige Monochlamydeae ontstonden uit houtige voorouders en de kruidachtige uit kruidachtige. Hutchinson plaatste ze bijeen onder de naam Apetalae (Kroonbladlozen), tussen de houtige en de kruidachtige Archichlamydeae in. Zijn *fundamentum divisionis* vereist dat hij de Apetalae weer in houtig en kruidachtig onderverdeelt. Het blijkt dat de Katjesdragers (Amentiferae) bijeen komen te staan, in gezelschap van *Casuarina* en Wilgachtigen.

De Tweezaadlobbigen begonnen dus houtig en brachten in de loop van de aardgeschiedenis vaak kruidachtige groepen voort. Hutchinson wijst op E.W. Sinnott en J.W. Bailey die dit beloop in 1914 hadden aangetoond.

Aanvankelijk had Hutchinson, omdat Hallier en Lotsy een meervoudige herkomst van de Eenzaadlobbigen hadden bepleit, de mogelijkheid open gelaten dat zij een 'polyfyletische' groep zijn en slechts ten dele uit kruidachtige Ranales zouden zijn voortgekomen (1926). In 1934 oordeelde hij (na voortgezette studie) dat de Eenzaadlobbigen 'monofyletisch' zijn, uit één punt van aanraking met de Tweezaadlobbigen voortkwamen. De twee eerste Orden van de Eenzaadlobbigen zijn de Zwanebloemachtigen (Butomales) en de Waterweegbreeachtigen (Alismatales). Ranonkelachtigen (Ranunculaceae) en de Cabombaceae (Amerikaanse waterplanten) zijn de tweezaadlobbige liaison-families.

Drie evolutielijnen zijn binnen de Eenzaadlobbigen herkenbaar: (1) Calyciferae, (2) Corolliferae en (3) Glumiflorae. Deze laatste groep is een 'climax', een zijlijn ontstaan uit Lelieachtigen met sterk gereduceerde eenslachtige bloemen (zoals biezen, zeggen en gras-

sen). Ingrijpende verleggingen van familiegrenzen (bij voorbeeld van Lelie- en *Amaryllis*-achtigen) waren gevolgen van Hutchinsons besluit om een onder- of bovenstandig vruchtbeginsel veel minder zwaar te laten wegen dan de bouw van de bloeiwijze. Lelieachtigen zijn, van nu af aan, naar Hutchinsons mening, nimmer voorzien van een schermvormige bloeiwijze en hij bedoelde daarmee dat de bloemen nooit alle uit één punt, de stengeltop, te voorschijn komen.

De tweede editie van Hutchinsons The Families of Flowering Plants verscheen in 1959. De standpunten en oordelen die geleid hebben tot Hutchinsons eerste systeem wil hij handhaven, nu meer dan ooit overtuigd van hun juistheid.

Zowel de Twee- als de Eenzaadlobbigen ontstonden uit de Proangiospermen, een 'hypothetische groep'. Het wezenlijk houtige (fundamentally) subfylum zal Lignosae heten, het kruidachtige Herbaceae en zij zijn nu volstrekt gescheiden. Families die erg veel op elkaar lijken en die gewoonlijk daarom dicht bij elkaar in een systeem zijn geplaatst, worden nu in Hutchinsons systeem ver uiteen gezet. Men moet begrijpen dat die overeenstemming door convergente, parallelle ontwikkelingen ontstond, en dus misleidend is.

Een andere oneffenheid bleef dat bij alle Boterbloemachtigen, kruidachtige Ranales, in de zaden rijkelijk kiemwit aanwezig is. Bij de zojuist genoemde beginorden van de Eenzaadlobbigen ontbreekt het. Die 'considerable gap' kan Hutchinson overbruggen. De Zwanebloemachtigen en de Waterweegbreeachtigen hebben 'waarschijnlijk hun kiemwit verloren als gevolg van het betrekken van hun groeiplaats in het water'. Waarom een verblijf in het natte het kiemwit zou verjagen, is onduidelijk. Als Hutchinson de evolutie in de Orde van de Arales bespreekt (Eenzaadlobbigen met kiemwitrijke zaden), dan brengt hij de kwestie niet ter sprake, terwijl de land- zowel als de waterbewonende Aronskelkachtigen gelijkelijk van kiemwit voorzien zijn. Elke lezer moet zich toch afvragen waarom hier, bij de Aronskelkachtigen, het kiemwitverlies uitbleef.

Ik wijs dit voorbeeld van tegenstrijdigheid niet aan om de voorgestelde afleiding van de Eenzaadlobbigen in twijfel te trekken, maar om de al te gemakkelijke, pseudo-causale explicaties die Darwinisten plegen aan te voeren, af te keuren. Zij presenteren die altijd met het voorbehoud 'waarschijnlijk' of 'mogelijk' en achter dit schild gebruiken zij het geopperde als een bevredigende verklaring, een bijdrage tot bewijs. Als methoden voor wetenschappelijke argumentatie verdienen de Naturphilosophische en de moleculair-biologische beschouwingswijzen de voorkeur.

Zowel Von Wettstein (X.36) als Hutchinson probeerden de herkomst van plantengroepen tot uitdrukking te brengen in een systeem, een rangschikking volgens natuurlijke (genetische) verwantschappen. Bij hun compositie hadden beiden te kampen met dezelfde tegendraadse elementen. Dikwijls werden hiaten tussen de taxa in de levende flora verwijd of verplaatst tengevolge van fylogenetische veronderstellingen, voortvloeiend uit (nieuwe) fossiele gegevens. Fossiele informatie wijst veeleer op polyfylese, op scheiding en discontinuïteit, dan op vormreductie of verminderde complexiteit in het verleden. De ontwikkeling van de microanatomie en de verfijning van de fytochemie brachten nieuwe gegevens ter tafel en noopten tot herziening. Er is meer.

Een systeem voor het plantenrijk demonstreert en abstraheert de vormen, van organen, van individuele planten en hun combinaties in taxa. Het streeft naar een geordend beeld, een aannemelijke, herkenbare rangschikking van de huidige organismen. Het is een theoretisch ontwerp en een praktische handleiding ter identificatie van plantengroepen.

De functie als handleiding is een noodzaak voor de wetenschappelijke praktijk van biologisch onderzoek, want zonder de controleerbare identificatie van het onderzochte orga-

nisme kan geen betrouwbaar (controleerbaar) antwoord op de gestelde vraag volgen. De gidsfunctie van elk systeem is gebonden aan de herkenbaarheid van beschikbare en onderzochte vormen of organismen.

Door de evolutie – dat is een metafysische interpretatie van het traject van vormveranderingen in het verleden – in een systeem toe te laten worden de overeenstemmingen en verschillen van vormen in de thans levende flora getoetst aan vormen eigen aan verdwenen organismen. De opstellers van systemen hebben de uitslag van die toetsingen ingevoerd in de rangschikking, sinds Darwin meermaals met nadruk. Bij voorbeeld Von Wettstein en Hutchinson, zoekend naar een fylogenetisch systeem.

Naarmate fylogenie de bouw van het systeem meer beïnvloedt, moet de rangschikking zich conformeren met de (dikwijls verdwenen, hypothetische) vormverwantschappen in het verre verleden. Wie in een archipel van duizend eilanden een bijzonder eiland wil vinden en onderzoeken, zal weinig gebaat zijn met een geologische kaart van de samenstelling van de zeebodem.

De biotheoretische en praktische bezwaren tegen hybride systemen, structuren die zowel het heden als het verleden moeten verduidelijken, blijven hier verder onbesproken. Nu en dan wordt een dubbelsporige systematiek nagestreefd, een modern, morfologisch systeem naast een historisch fylogenetisch systeem voor dezelfde groep en dit is de meest doeltreffende werkwijze.

Hutchinsons systeem heeft, dank zij de kwaliteit en de kennis van plantengroepen van de auteur, de ontwikkeling van de biologie sterk gestimuleerd en zal nog lange tijd bijdragen. De fylogenetische richtlijnen veroorzaken veranderingen. Corrigerende voortzettingen van Hutchinsons systematiek werden gepubliceerd bij voorbeeld door A. Cronquist in 1968 en A.L. Takhtajan (Tachtadzjan) in 1959. E.J.H. Corners 'duriantheorie' en zijn beschouwingen daarop gebaseerd (Angiosperm classification..., Bot. J. Linn. Soc. 82: 81–87; 1981) behoren hier te worden vermeld.

In de 18e eeuw bereikte het conflict essentialisme versus Baconisme in de systematiek zijn hoogtepunt, metafysica (deductie) contra visueel materialisme (inductie). In de 19e eeuw werd fylogenie als metafysische factor de opvolger van het essentialisme bij het construeren van bouwplannen van de levende natuur. Of nu, in de 20e eeuw, het verwarrende dualisme in de systematiek zal dwingen tot een ontmenging, weet ik niet. Misschien zijn de omvangrijke en zorgvuldige tabellen van vergelijking en voorlichting die Hutchinson aan zijn klassieke boek (1959) toevoegde, een signaal.

38. De rijken der levende natuur

Uit welke afdelingen bestaat de levende natuur, op welke argumenten moet het *fundamentum divisionis* voor de eerste rangschikking rusten? Planten en dieren zijn naar het oordeel van leek en vakman, publiek en geleerden, sinds het begin van de biologie en heden ten dage, twee verschillende afzonderlijke groepen. Deze traditie van twee-deling wortelt zo diep, dat noch de natuurwetenschappelijke noch biofilosofische beweegredenen om meer 'rijken' dan planten- en dierenrijk te onderscheiden, nauwelijks tegenspraak hebben ondervonden en in de praktijk geen merkbaar effect op de taxonomie hebben gehad. Voor vrijwel iedereen bestaat de levende natuur uit planten en dieren, en daarmee basta. In het verleden kwam toch meermalen ter discussie of deze simpele systematiek een natuur-

getrouwe kan zijn.

De eenvoudigste levende wezens, dacht Aristoteles, vindt men in zee en ze zijn met rotsen of met de bodem, met bewegingloze materie verbonden. Gescheiden van die materie kunnen zij niet leven en voor zover zij leven is hun aard zo onzeker dat hij ze 'dierplanten', *zoophyta*, noemde. Men moet dieren en planten onderscheiden op grond van zieleigenschappen, reactievermogens en motorisch gedrag. Zoöfyten ontsnappen aan die criteria, min of meer, zodat zij noch het een noch het ander zijn.

Formeel zou men kunnen besluiten dat voor Aristoteles de levende natuur uit drie groepen bestaat: planten, dieren, en dierplanten. Meer in overeenstemming met Aristoteles' opvatting is de zoöfyten als schakel tussen dode en levende natuur te beschouwen en voor zover zij leven zijn zij zowel plant- als dierachtig. Voor zover zij niet leven zijn zij inerte materie, die leven-*in-posse* is, m.a.w. in levende materie kan overgaan. Laatstgenoemde omstandigheid is geen argument om zoöfyten af te zonderen van de overige natuur. Alle planten en dieren bestaan gedeeltelijk uit dode (inerte) materie, gedeeltelijk uit levende, en voedsel leeft niet, maar wordt onophoudelijk in levende materie veranderd. Er is geen onderscheiden zoöfytenrijk en voor zover zoöfyten bezield zijn, laat hun ziel zich niet van de planteziel en niet van de diereziel onderscheiden.

De indeling van de levende natuur als plantaardige en dierlijke organismen bleef (sinds Aristoteles) in de biologie voortbestaan. Ofschoon de mens door de eeuwen heen een erkende eigen plaats in de levende natuur bezette, behoorde hij, lichamelijk, tot de dieren.

De menseziel is de diereziel met een toevoeging. Het tijdperk dat de menseziel geacht werd een eigen, afzonderlijk bestaan te leiden, betekende een stilstand en zelfs achteruitgang van de biologie. Geesteseigenschappen rechtvaardigden een onderscheid, een afzondering van de overige dieren. Niet de lichaamseigenschappen gaven op den duur de doorslag als begrenzing van het dierenrijk. Alle biotheologie ten spijt bleef de levende natuur tweeledig. Alles wat ten volle leeft is òf plant òf dier.

Tot de 17e eeuw waren alle auteurs over biologie met die opvatting tevreden, behalve Robert Hooke die wat fungi aangaat niet kon kiezen (*Micrographia*; 1655) tussen planten en dieren en een mechanistisch-fysische verklaring voor hun ontstaan aan de hand deed. Zij ontstaan door rotting en warme lucht. Enige aanduiding van 'zaad' kon Hooke niet vinden en de verschijning van fungi uit levenloze materie zou vergeleken mogen worden met de verschijning van een schip met door de (warme) wind opgebolde zeilen.

In 1679 kwam Malpighi niet tot betere of even dichterlijke inzichten (*Anatome Plantarum*). Voor verdere bijzonderheden verwijs ik naar de paragraaf over de *Scala Naturae* (X.15), maar noteer nog dat Rudolphi in de 19e eeuw (1807) aan de oude leer vasthield: Fungi leven, maar zij zijn geen planten en geen dieren.

N.J. de Necker (1730–1793) trok de consequentie in 1783, in Traité sur la Mycitologie. De Fungi passen niet in Linnaeus' sexuele systeem en zij verschillen zozeer van dieren, planten en mineralen, dat zij zelf een natuurrijk vormen, organismen die een middenpositie tussen de andere rijken bezetten en daarom *mésymaux* mogen heten. Zij zijn het *Regnum Mésymale*.

P.R. Villemet (1735–1807), gelet op het feit dat Fungi heel bijzondere mineralen zijn en zowel steen- als dier-, als plantachtige eigenschappen bezitten, wilde een mildere aanpak en ze pseudo-zoö-lithofyten noemen (Essai sur l'Histoire du Champignon Vulgare; 1784).

In dezelfde tijd verhieven zich stemmen met het voorstel de Fungi als dieren te beschouwen (bij voorbeeld V. Picco, een Turijnse onderzoeker in zijn *Melethemata inauguralia*

(1788)). Omdat zij zich op een voor dieren uitzonderlijke manier voortplanten zou G.R. Lichtenstein (1745–1807) ze als lucht-zoöfyten willen opvatten (1803). De meerderheid hield echter vastberaden de oude indeling vast, dieren en planten, en de fungi zijn planten. Zij konden zich op Linnaeus beroepen en op zijn leerling J. Dryander (1748–1810), die juist voor hij naar Engeland ging (1777) een proefschrift maakte ter ondersteuning van dat standpunt (*Fungus Regno Vegetabile Vindicans*). Linnaeus had in 1735 (*Syst. Nat.*) de drie-eenheid van de natuur van namen voorzien: *Regnum animale*, *Regnum vegetabile* en *Regnum lapideum*. Twee *Regna* levend, en één dood.

De kwestie kwam in de tweede helft van de 19e eeuw opnieuw aan de orde. Haeckel stelde in 1866 een vierdeling voor: *Protophyta*, Protozoa, *Metaphyta* en Metazoa. Het schema was een direct gevolg van het Darwinisme. Als ongeorganiseerde levende materie – zoals Haeckel veronderstelde – zich geleidelijk ontwikkelt tot de huidige levende natuur moeten, vóór planten en dieren een eigen weg insloegen, gedurende een periode van geringe differentiatie (en dus weinig duidelijke scheidslijnen) organische vormen zowel met een plantaardige als dierlijke toekomst hebben geleefd, namelijk de *Protophyta* en Protozoa. Welbeschouwd handhaafde Haeckel de oude twee-deling maar hij gaf deze een fylogenetisch karakter door beiderzijds een *regnum* als voorloper toe te kennen met behulp van het voorvoegsel *proto*. Linnaeus' *regnum lapideum* (het delfstoffenrijk) had zijn isolement en autonomie verloren.

De ontdekking dat de celkern niet in alle levende cellen aanwezig is maar in grote groepen ontbreekt (De Bary, 1887: bacteriën zijn kernloos), leidde tot de verdeling van alle levende wezens in prokaryoten en eukaryoten (met een volkomen ontwikkelde celkern). Hierbij kreeg de leer dat de kern een plasmatische verworvenheid van de cel zou zijn, dank zij de evolutie, algemeen bijval. De verschijning van de celkern moet vroeg in de geschiedenis van de levende wezens hebben plaatsgehad; de kernlozen bleven naast de nieuwe, kernige organismen voortbestaan.

In 1894 wijzigde Haeckel zijn systeem enigszins. Hij stelde toen een groep Protisten voor, anders dan de Protisten die hij in 1866 onderscheidde en die uit fungi, sponzen, en lagere algen was samengesteld. Het zijn nu lagere organismen die geen weefsel vormen en bacteriën zijn Protisten zonder nucleus, een subgroep in de *Monera*.

Aan de hand van Leedale's overzicht van de 20e-eeuwse voorstellen voor een meervoudige rangschikking van de levende organismen (1974) noteer ik slechts dat, H.F. Copeland de erkenning van een viertal rijken bepleitte (1938, 1947, 1956).

De levende natuur bestaat, naar Copelands mening, uit *Mychota*, *Protoctista*, Planten en Dieren. De *Protoctista* (of ook wel, in wijdere zin, *Protista*) zijn de lagere eukaryoten samen met de prokaryoten.

De submicroscopie gaf F.A. Barkley aanleiding de virussen in een bijzonder rijk bijeen te plaatsen, zodat hij besloot tot een 5-voudige levende natuur: Vira, Monera, Protista, Planten en Dieren (1939). Dit stuitte op bezwaren van R.H. Whittaker, die het rijk van de virussen verwierp en terug wilde keren naar *Monera*, *Protista*, Planten en Dieren (1947). Hij kwam echter op andere gedachten in 1969 en stelde toen 5 rijken voor:

- *Monera* (prokaryoten),
- *Protista* (eencellige eukaryoten),
- Planten (veelcellige eukaryoten met fotosynthese),
- Fungi (veelcellige eukaryoten zonder fotosynthese),
- Dieren (veelcellige eukaryoten, energieverbruikers).

Deze indeling vond veel aanhangers met voorbehoud echter van enige, niet-principiële

wijzigingen die L. Margulis voorstelde (1971, 1973).

De kwestie van de begrenzing van de hoofdafdelingen van de levende natuur hangt ten nauwste samen met de evolutieleer en met zeer verreikende en veelzijdige biologische vraagstukken.

39. Slotaantekeningen

Het onderscheiden tussen systematiek en taxonomie werd dikwijls beproefd maar slaagde niet; de inhoud van de twee termen is onontwarbaar verweven. Soms schijnt ordenen volgens strikt morfologische criteria (systematiek) te verschillen van ordenen betrokken op genetische en/of fysiologische eigenschappen (taxonomie), maar deze scheiding is ten hoogste een methodische, geen wezenlijke. Overigens, de langs beide wegen bereikte resultaten zijn (vrijwel steeds) identiek. Ordening, al dan niet bestuurd door fylogenetische theorieën, kan evenmin een scheidslijn aanscherpen. Het richten van 'taxonomie' op theorie, op categorieën, hiërarchieën en kennistheorie (epistemologie) in tegenstelling tot 'systematiek', die de bedrijvigheid van beschrijven, omschrijven, terminologie en vergelijkend onderzoek, zou betreffen suggereert een autonomie voor beide die niet bestaat.

In deze biologiegeschiedenis zijn de twee termen als synoniemen opgevat. Een keuze had soms plaats in overeenstemming met het medegedeelde, als een accentverlegging, bij voorbeeld als een empirische analyserende en synthetische methode aan de orde was kreeg systematiek gewoonlijk de voorkeur en bij veronderstellingen, theoretisch gekleurde overwegingen, taxonomie. Kortom, zo men wil is systematiek meer Aristotelisch (inductief) van aard dan taxonomie die zich meer Platonisch (deductief) aandient.

De systematiek heeft als grondslag, en beoogt als resultaat de geordende en gestructureerde inventaris van wat de levende natuur, niet door menselijke interventie gestoord, tot stand bracht. Hiertoe onderzoekt de systematicus de vormen en de natuurlijke historie van zoveel mogelijk individuen, planten en dieren. Het aantal onderzochte groepen is beperkt, allereerst door de tijd die hem ter beschikking staat en vervolgens door de hoeveelheid individuen die binnen zijn bereik komen. De informatie uit de verzameling onderzochte individuen wordt gaandeweg vergroot omdat elke onderzoeker gebruik maakt van gegevens die voorgangers door onderzoek van dezelfde groep vastlegden. Nu dient aangetekend te worden dat bij een synthese van het totaal aan beschikbare gegevens de eigen observaties steeds zwaarder wegen dan die van de voorgangers, dat is: uit de literatuur. De filosofische, theoretische, methodische en feitelijke bezwaren die tegen deze gewoonte kunnen worden ingebracht, laat ik buiten beschouwing.

De steekproeven uit de voorraad van nature levende organismen tonen de onderzoeker na enige tijd aan dat een volgende, ditmaal vrijwillige, beperking van het bestudeerde aantal individuen, indien al niet gewettigd dan toch praktisch aanvaardbaar is. Een constante gelijkheid van orgaanvormen, gespreid over veel individuen, komt aan het licht. Een snelle controle is dan voldoende geworden van de reeds gevonden vormen, maten, getallen, plaatsingen en verhoudingen. Het is de afsluitende bevestiging van de voor een taxon (elke natuurlijke groep) ontworpen grenslijn.

Een optelling (opsomming) van deze gegevens leidt tot de omschrijving of begrenzing van de eerste categorie, de 'soort'. In geschrifte is de soort een met woorden gevormd beeld, een voorstelling, een door termen herkenbaar gemaakte verzameling van individuen die een systematicus een naar zijn oordeel voldoende mate van onderlinge gelijkheid

heeft toegekend.

Omdat nimmer twee individuen volkomen gelijk zijn, noch naar uiterlijk noch naar onzichtbare eigenschappen bemeten, is de systematicus genoodzaakt gelijkheden binnen een variatiebreedte te hanteren. Dit dwingt tot een subjectieve beoordeling van variaties, want natuurlijke middelen tot ijking van een variatiebreedte voor geconstateerde eigenschappen elk afzonderlijk of in combinatie ontbreken. Omdat een soortgrens volgen moet uit een beperkt aantal waarnemingen is deze, alleen al om die reden, onzeker. Toch komen in verreweg de meeste gevallen de meeste onderzoekers tot een overeenstemmende grenslegging.

Sinds het begin van de Westerse biologie heeft visuele morfologie de systematiek beheerst. Zolang het geloof aan een vormvaste schepping van alle levende wezens prevaleerde gold het bezwaar van subjectiviteit in de systematiek niet. Men beschrijve en onderscheide slechts wat de natuur ons toont en indien dit natuurgetrouw gebeurt, is de objectieve natuurwaarheid bereikt. Met door Platoon en Aristoteles geschoolde gedachten kon Linnaeus een wereldveroverende methode ontwikkelen om snel en doeltreffend, met gemakkelijk bruikbare resultaten, de natuur te ordenen. De essenties noteren en rangschikken is genoeg.

Anderen wezen deze methode, die zij als kunstgrepen beschouwden, af. Weliswaar is de natuur een constant bestel van levende wezens, maar de grenslijnen tussen de onmiskenbaar verschillende groepen moeten blijken uit de optelling van zoveel mogelijk geconstateerde verschillen (Ray, X.12; Adanson, X.21). Deze werkwijze moest, louter vanwege empirisch gevonden feiten, uitlopen op een toenemend besef van de subjectiviteit van de systematiek. Maak de optelling van de gevonden feiten zo lang als maar mogelijk is, en de begrenzing van de taxa zal een evenredige stabiliteit, objectiviteit, natuurtrouw, verwerven. Echter, hoe langer de verschillenlijst, hoe meer uitzonderingen, hoe meer verschillen in de stabiliteit van gemeenschappelijke kenmerken aan den dag komen. Verschillen zijn, gemeten naar constantie, nooit geheel gelijkwaardig en indien zij als bakens voor grenslijnen moeten dienen, zijn het bakens die herhaaldelijk verzet moeten worden. Vaste grenzen blijven onbereikbaar en men aanvaardt omgrenzingen die pragmatisch en daarom subjectief, de 'beste' zijn.

In de 18e eeuw deed zich een mogelijke oplossing aan de hand. De vormvaste schepping kunnen mensen slechts leren kennen omdat de geschapen levende wezens hun vorm vast hebben gehouden en voort hebben gezet door reproduktie van zichzelf. Ongewijzigd bleven de soorten bestaan omdat dier en plant de ouderlijke eigenschappen herhalen.

Dit uitgangspunt voor de systematiek laat zich omkeren en wordt een definitie. Levende wezens die zichzelf ongewijzigd voortplanten zijn soorten; zij behoren tot één groep. Dat wil zeggen dat kruising tussen soorten niet mogelijk is, althans hoogst ongebruikelijk. Indien het al eens voorkomt dan wijkt het kruisingsprodukt af van beide ouders. Het leverde een experimentele maatstaf toegevoegd aan en rustend op de morfologie.

Tot op de huidige dag is het kruisingscriterium de algemeen aanvaarde richtlijn, zij het bij lange na niet een zo krachtige meer als in de 18e en 19e eeuw. Vooreerst is deze test op soortechtheid slechts bij hoge uitzondering uitvoerbaar. Vervolgens omdat morfologisch zeer duidelijk verschillende taxa soms toch kruisbaar zijn.

Hoezeer morfologie de systematiek bleef beheersen kan bij voorbeeld begrepen worden uit de voorgeschreven manier om kruisingen van twee soorten (van in de natuur aangetroffen voorouders) van een wetenschappelijke soortnaam voorafgegaan door × te voorzien. De hybride wordt niet opgevat als bewijs dat de voorouders dezelfde soort zijn (ofschoon

zij kruisen met blijvend succes). Omgekeerd besluit men dat de verbazend verschillende vormen die kwekers tot stand weten te brengen varianten binnen één soort zijn (Locke wees al op deze inconsequentie). De toegepaste systematiek omzeilt deze klip door een geruststellende overweging. Menselijk ingrijpen is de oorzaak van de afwijkende vormen. Mensen maken geen soorten en de kweekprodukten kunnen zich in de natuur dan ook niet handhaven. De laat-20e-eeuwse moleculaire biologie bedreigt deze stelling meer en meer.

De evolutieleer, het transformisme, voerde tot de slotsom dat een soort niet meer dan een fase in de evolutie is. Deze metafysische formule, is weliswaar experimenteel onbewijsbaar en zonder praktische betekenis voor het natuuronderzoek, maar sluit ongedwongen aan bij de multipele kenmerkenmethode die tot aan de 19e eeuw de systematiek leidde.

De 20e-eeuwse theorieën die op deze aspecten van de systematiek betrekking hebben, blijven hier onbesproken. Voldoende is, samenvattend, te constateren dat morfologie (macro- en micromorfologie) de systematiek bleef regeren.

De fundamentele betekenis van de systematiek voor de ontwikkeling van de biologie is evident. Geen onderzoek kan reikwijdte hebben zonder begeleidende kennis van de systematische plaats van het onderzochte object, een plaats die door de wetenschappelijke nomenclatuur wordt aangewezen.

Ruw geschat en volgens opvattingen die ik zojuist aanduidde, kan het aantal soorten - in de zin van leven op aarde - omstreeks tien miljoen bedragen (Raven et al., 1971). In de 20e eeuw is de systematiek zover gevorderd dat één op de tien soorten omschreven is, herkenbaar dank zij morfologische gegevens die steunen op (geconserveerde) exemplaren en die bij eencellige organismen niet zelden door fysiologische gegevens moeten worden aangevuld. Het zijn 'bekende' soorten.

Deze inventarisatie is zeer ongelijkmatig verdeeld over de levende natuur als geheel. Bij voorbeeld zijn naar verhouding van vaatplanten, zoogdieren of vogels veel meer soorten omgrensd dan van veel groepen vaatloze plantaardige organismen, sommige groepen insekten, eencelligen of, zo men wil, kernloze materie-constellaties die men op grond van sommige eigenschappen tot de levende wezens wil rekenen. De laatstgenoemde groep plaatst de huidige biologen voor hetzelfde probleem als Aristoteles, die de spons en zijn rots (waarmee hij om te blijven voortbestaan verbonden moest blijven), niet in gescheiden categorieën kon plaatsen. De organische complexe 'levende' moleculen zijn voor het behoud van de eigenschappen krachtens welke ze als 'levend' worden beschouwd, onlosmakelijk aan volstrekt andere (organische) materie gebonden.

Welke groepen en hoeveel organismen reeds uitstierven door natuurlijke oorzaken of door toedoen van de aanzwellende mensenzwerm die het leven op aarde steeds ingrijpender en sneller vernietigt, laat zich niet raden. Vast staat dat de diversiteit van de op aarde levende wezens sedert de laatste honderd jaar in toenemend tempo vermindert en dat een natuurlijke fylogenie zoals die zich in het verleden voltrok, in de toekomst niet meer zal plaatshebben. Het meest vormenrijke biotoop, de bakermat van de plantenkleed der aarde, het tropische regenbos, zal binnen twintig jaar niet meer onaangetast op aarde voorkomen, voor zover het niet spoorloos verdwenen zal zijn. Vast staat ook dat honderdduizend soorten insekten, schimmelsoorten en andere organismen uit zullen sterven vóór zij door een systematicus beschreven of zelfs gezien zullen zijn. Zij zullen nimmer een plaats in het systeem bezetten. Het is zeker dat deze gang van zaken verreikende gevolgen heeft voor de mensen, de dieren en de planten die nu en later zullen leven, en het is tijdverlies naar die gevolgen te raden.

Een inventarisatie van de organismen die samen het leven op aarde, die de levende materie op aarde herbergen, is bij lange na niet mogelijk, niet voor het verleden (de door natuurlijke oorzaken uitgestorven soorten) en niet voor het heden. Het enig bereikbare in de toekomst is de systematiek van het overschot dat een overleven van de soort 'mens' nog juist mogelijk zal maken. De overweging dat de biologie wegen en middelen aanbiedt om de Aarde voor myriaden in diversiteit levende wezens bewoonbaar te houden, zal eens ernstig worden genomen, en mogelijk zelfs volstrekte prioriteit krijgen maar niet voor het te laat is. Deze ontwikkeling is van directe invloed op de toekomst van de systematiek.

Het vermaterialiserende Westeuropese natuurbeeld heeft in de 20e eeuw de wereld in zijn geheel veroverd. Daarom hebben chemie en fysica, de wetenschappen der dode materie en de daaruit afgeleide industrieën, het gezag over de levende natuur in handen. De bioindustrie, waartoe de biotechniek in de meest brede zin moet worden gerekend, heerst.

De moderne scheikunde begon in de laat-18e eeuw en de ontdekking van de chemische elementen valt in de periode van de omschrijving der klassen en families. De moleculaire biologie die zich met de chemie en de fysica van de kleinste componenten van levende materie bezighoudt, ontwikkelt zich en krijgt een leidende plaats in de periode dat het onderzoek van de kleinste taxonomische eenheid, de soort, tot een steeds verdergaande detaillering en splitsing van de soortcomponenten voert. Een maatschappelijke ontwikkeling die daarmee samengaat heb ik onlangs aangewezen; ik verwijs naar die argumentatie (Engl. bot. Jhrb. 102, 1981:137–145).

In de 20e eeuw zijn de levende wezens in grote verbanden gerangschikt, gescheiden door natuurwetenschappelijk niet-verklaarde hiaten. Met uitzondering van enige groepen microscopisch kleine organismen is het systeem voor de levende natuur nu in grote trekken gereed. Meer dan misschien nu en dan een grensincident valt niet te verwachten, al blijft discussie over divisies, fyla, afdelingen of klassen, hun onderlinge betrekkingen en posities, beperkt mogelijk. Voor de lagere categorieën (boven het genus-niveau) kan vrijwel hetzelfde verondersteld worden; wezenlijke veranderingen van de grenzen der orden en families zijn uiterst zeldzaam.

De systematiek bewerkstelligt met het omgrenzen van ieder taxon een synthese, een eindfase van biologisch onderzoek, want systematische conclusies zijn de expressie van alle empirisch gevonden gegevens verbonden met natuurwetten en theoretische overwegingen (bij voorbeeld van fylogenetische aard).

Omdat de wereldbevolking als een zwerm van miljarden aasvliegen om de aarde dwarrelt, de bodem leegzuigt en vervuilt, de atmosfeer en het water voor levende organismen overal bederft, en het milieu voorgoed ontwricht met als onherroepelijk gevolg een sterk verarmde natuur, zal het toekomstige systematische onderzoek daarvan in toenemende mate inkrimpen en bovendien voor de praktijk (materieel profijt) nutteloos zijn. Het is een conclusie die in vrijwel geheel Europa reeds getrokken is zoals de huidige maatschappelijke situatie en wetenschappelijke status van de systematiek aldaar aantoont.

De produktie van voeding- en geneesmiddelen zal daarentegen naar verwachting in toenemende mate verfijning en uitbreiding van systematisch onderzoek beneden soortniveau vergen.

Deze ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie wordt besloten met twee overzichten. Het ene, nu volgende (XI) is een historisch gegeven: de biologie van de ziel, de leer van een onmiskenbaar aanwezige, onvatbare en onmisbare energie die leven doet. In het Westen beheerste ziel vijfentwintig eeuwen lang het denken over biologie, ziel als eenheid en meervoudig, immaterieel en materieel, in allerlei gedaante, met allerlei namen, fascine-

rend, onuitputtelijk.

Het andere overzicht (XII) betreft zielloze biologie die na de Franse revolutie terrein wint en in de tweede helft van de 19e eeuw de leiding neemt.

De uitbanning van de ziel laat in het denken van de biologen een leegte achter, een onrust, een *horror vacui*. Het Darwinisme (positivisme) gaat de materialistische biologie beheersen en de afstammingstheorie, die als leer de eigenschappen van een religie bezit, vult de leegte op. Zoals de zielleer een onbewezen en onbewijsbare theorie is, steunt nu de levensleer opnieuw op een geloof: de vermogens van de materie.

Het is het geloof dat het meetbare al wat onmeetbaar is teweegbrengt. Dit geloof blijft in kracht en aan offerbereidheid - afzien van natuurwetenschappelijk bewijs - niet achter bij het geloof dat de zielbiologie droeg.

Het Darwinisme was bij uitstek het symptoom van de fundamentele wijziging in de Westerse biologie; het verschafte het meesterlijk gelegde fundament om het dogmatische materialisme te grondvesten. Het materialisme kon zich nu aanmelden als de theorie toereikend om de levende natuur als geheel te verklaren: in het verleden en het heden. Het belooft leven (en dood) te onderwerpen, wellicht in een nabije toekomst.

Door alle eeuwen heen was in de biologie ziel in talloze gedaanten en met talloze functies een levende werkelijkheid, een centrale factor bij het overdenken van levensverschijnselen. In de tweede helft van de 19e eeuw nam het Westen voor zover het biologie betreft afscheid van de ziel. Daarom behoort een ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie een overzicht van de zielbiologie te geven.

XI. De biologie van de ziel

1. De eeuwige verkenning

Sinds de eerste mens heeft de overtuiging dat ieder voorwerp samengesteld is uit materiële, door de zintuigen waarneembare eigenschappen en uit immateriële eigenschappen die menselijke maat en definitie ontsnappen, zich gehandhaafd. In de loop der tijd een steeds veranderende zekerheid, overal naar de volksaard verschillend begrepen en genuanceerd. Men bespeurde geesten en schimmige wezens die in dode en levende dingen huisden, soms min of meer met menselijke gedaante en soms wel en dan weer niet onderworpen aan natuurwetten. Ook geloofde men aan onzichtbare, ongrijpbare en vormloze krachten, geaardheden, kwaliteiten of vermogens die deel uitmaken van de werkelijkheid.

In het volgende overzicht heeft het woord 'ziel' betrekking op het (immateriële) agens, dat doet bewegen en dat in het bijzonder met behulp van allerlei verschillende benamingen aan levende organismen toegeschreven werd. Ziel onderscheidt in het laatstgenoemde geval levende van dode materie. Daarom is kennis van de ziel, een weten van de meningen in het verleden over zijn hoedanigheid, kwaliteit, kwantiteit, bouw en samenstelling, een eerste vereiste voor een begrip van de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie.

De in dode voorwerpen vermoede geesten en ook de zelfstandig rondwarende schimmen blijven buiten beschouwing, ofschoon zij nimmer uit het menselijk denken verdwenen en in de Westerse biologie nog in de 16e eeuw een van oudsher erkende plaats in de wetenschap behielden.

Omstreeks 1550 kon Agricola (Georg Bauer, 1494–1555) – de bekwame grondlegger van de mineralogie – aard-, spelonk- en berggeesten gadeslaan, onderscheiden en beschrijven, naar uiterlijk en gedrag. Noch zij, noch hun vele verwanten in vroeger en later tijden, krijgen in dit overzicht van de biologie aandacht.

In onze dagen manifesteert de erkenning dat dode voorwerpen meer zijn dan materie (de metafysica blijft hier buiten beschouwing), zich overal: bij voorbeeld in mascottes, kerkbeelden, kunstvoorwerpen. Deze realiteit is uit de wetenschappelijke biologie verbannen, ofschoon hij nu en dan de voortgang niet weinig beïnvloedt. Sommige biologische disciplines, zoals psychiatrie en ethologie, vereisten toelating van ziel-componenten. Deze studie-objecten werden echter van geheel andere namen voorzien en onderworpen aan het dogma, dat aan het licht gekomen feiten voortkomen uit door natuurwetten volkomen beheerste processen die mechano-causaal verlopen, ook al ontbreekt daarvan natuurwetenschappelijk bewijs. Voor een historisch verslag kan ik het bij deze aantekening laten.

In de vroege Oudheid beheersten één of meer krachtbronnen de zichtbare en de onzichtbare natuur, de bewegende wereld, de kosmos, alles. Eeuwig werkzame krachten binnen en buiten de dode en de levende dingen. Krachten die de nooit onderbroken wenteling en weerkeer van alle bestanddelen van het universum – de seizoenen, de sterren, de genera-

ties van mensen en dieren en planten - teweegbrengen.

Gaandeweg voltrok zich een wijziging, ontstond een nieuwe aandacht. Meer en meer tekende zich tussen leven en dood een scheidslijn af, een breuk, een tegenstelling zelfs. Toch is het uiterlijk van een zojuist gestorven organisme aanvankelijk hetzelfde als tijdens het leven. Het verschil dringt pas door na een aanhoudende onderbreking in de relaties van het levende wezen met de buitenwereld en vervolgens door ontbinding.

Die allereerst onstoffelijke verschillen tussen dood en levend, hoe vertrouwd ook, wekken vragen op. De dode mens, het dode dier, beweegt zichzelf niet meer. Al blijft het kadaver korte tijd na de intrede van bewegingloosheid uiterlijk hetzelfde, het lichaam wordt toch passief, staakt zijn levensfuncties en zijn groei, plant zich niet meer voort, reageert niet meer op de wereld rondom. Het werd krachtloos. Dat organisme, dat eens zo keurig geordende geheel, verliest opeens alle beweging terwijl de ordening blijft, de structuur niet verandert en na korte tijd valt het dode lichaam uiteen, ontbindt. De onzichtbare en ongrijpbare krachten die 'leven' kenmerken, komen te ontbreken en, dat moet haast wel, verlaten het organisme of zij sterven samen met hun behuizing. Zij verdwijnen, hoe dan ook.

Geen andere conclusie liet zich trekken uit het verloren gaan van de levensuitingen. Daar moest het, voorlopig, bij blijven, maar het raadsel bleef een oplossing vragen. In de 6e eeuw voor onze jaartelling namen in biologie geïnteresseerde onderzoekers het vraagstuk ter hand dat nimmer meer uit de aandacht verdween, al schoof de 20e-eeuwse biologie het ter zijde.

Een kracht of drift die leven opwekt, beheerst en aan materie gebonden gaande houdt, zullen wij in ons biologische overzicht 'ziel' noemen. In ieder organisme is zo lang het leeft ziel aanwezig: geen bioloog die eraan twijfelde, vijf en twintig eeuwen lang. De ziel kreeg in elk tijdperk en in elke taal andere namen en omschrijvingen, en men bedoelde steeds hetzelfde terwijl niemand nauwkeurig kon zeggen wat die levensgeest nu eigenlijk was. Voor mijn verhaal vat ik met het woord 'ziel' alle varianten samen. Een zielorgaan dat zich in de loop der tijden in toenemende mate onafhankelijk toont, kreeg namen als 'denkvermogen', 'esprit' en ratio en Geist. Ik zal evenmin slagen als allen die reeds een poging deden dat denkvermogen te definiëren of te verklaren en volsta dat het een eigenschap is eigen en voorbehouden aan levende wezens.

In een historisch overzicht van de biologie behoort de ziel, de krachtenbron die meer dan tweeduizend jaar beschouwd werd als de centrale en unieke oorzaak van leven, nadrukkelijk aan de orde te komen. De zielloze biologie kondigde zich omstreeks het einde van de 18e eeuw aan en veroverde in het Westen de leiding bij het onderzoek en de interpretatie van de resultaten, in de loop van de 20e eeuw.

2. *Ziel sinds de 6e eeuw v. Chr.; Thales tot de Stoa*

Het vochtige - 'water' voor wie een vertrouwd woord wenst - is bij Thales (I.3) de levendrager, is bezield. Veel biofilosofen handhaafden in de Oudheid die stelling en daarna werd in de loop der eeuwen dat levenswater een leven beheersend oervocht, een in organismen alomtegenwoordige, vormende vochtigheid, een vluchtig sap dat zielstaken uitvoert. De grens tussen leven en dood die wij nu trekken, die voor velen dezelfde is als die tussen bezield en zielloos, kende Thales niet. *Arche*, het vochtig levensbeginsel, is de grondslag voor alle dingen. Materie herbergt een vorm van ziel. Niet steeds is die bezieling gemakke-

lijk zichtbaar, maar soms heel duidelijk, zoals van magneten en barnsteen.

Uit de landstreek Magnesia, een paar dagreizen verwijderd van Thales' woonplaats Milete (I.3), bracht men heel bijzondere steentjes naar de kust, de *magnetis lithoi*. Die brokjes mineraal waren in staat ijzer naar zich toe te trekken, ijzerschraapsels te laten bewegen of zichzelf aan ijzer vast te klemmen. Zulke stenen zijn bezield, dacht Thales, net als barnsteen dat zelf roerloos is, maar, na even gewreven te zijn, bezield wordt en eigenschappen toont zoals die van magneetsteentjes. Zielwerkzaamheid zoals van magneet- en van barnsteen doet voorwerpjes bewegen, terwijl zij beide niet zelf van plaats veranderen. Overigens is elk ding dat zichzelf beweegt, bezield. Aristoteles zou, veel later, het zielgedrag nader vastleggen in de formule: ziel doet bewegen, maar beweegt zelf niet.

In de 6e eeuw leraarde Anaximenes (I.5) dat in levende wezens een voor hen karakteristieke ziel verblijft. Het is een verdichting van *pneuma*, de nobele en zuivere lucht van de hoogste hemelen. De mensenziel is een klein deeltje van God (dat is het heelal of universum), een weinig goddelijke lucht dat warmer is dan de lucht rondom ons, maar veel kouder dan de zonnelucht. 'Ziellucht houdt alle lichaamsbestanddelen geordend bijeen'; ziel schraagt het leven van een organisme. Als levenslucht (*anima*) is *pneuma* in alle levende organismen werkzaam en wij moeten besluiten dat ziel een ijle, vluchtige substantie is, terwijl wij vermoeden dat de vraag of ziel nu stoffelijk of onstoffelijk is door Anaximenes en zijn school niet of ternauwernood overwogen werd.

Anaximenes' opvatting, die nauw overeenstemt met bijbelse gegevens (bij voorbeeld Genesis 2: 7 en Prediker 3: 18–20), bleef dan ook in het hedendaagse spraakgebruik behouden (de laatste adem, de levensadem).

Omdat *pneuma* deel van de hoogste en reinste bovenste luchtlaag is en blijft, zal de vleug die op aarde een organisme betrok en in leven hield, na de dood terugkeren naar, en oplossen in, de bestaande eeuwige *pneuma*-voorraad. Wij, biologen van na de Renaissance, geconditioneerd om causaal-mechanistisch te denken, besluiten dat de ziel zodoende te gronde gaat, in zoverre dat hij zijn individualiteit verliest. Hij wordt, na het verlaten van het organisme onherkenbaar, een bestanddeel van het homogene universele *pneuma*. Het lichaam zal na het vertrek van de ziel ontbinden en zijn individualiteit verliezen, precies zoals de *pneuma*-ziel en de lichaamsmaterie onherkenbaar zullen voortbestaan als deel van de kosmische materievoorraad.

Ziel, de ademtocht edel-*pneuma*, wijzigt zich in een levend organisme niet. Dat tijdelijk milieu brengt geen individualisering teweeg, geen vorming of vorm. Anaximenes' zienswijze verschilt grondig van een formele, mechanistische denktrant; zijn zielsleer schijnt mij een voorloper te zijn van de Pythagorische.

Zijn land- en tijdgenoot Ferekydes van Syros, auteur van de vroegste verhandeling in proza over de goden, bevestigde de opvatting dat ziel een *pneuma*- of *aither*-concentratie is. Diens leerling, Pythagoras, ontdeed vervolgens de leerstellingen van Anaximenes en Ferekydes van alle stoffelijke smetten. Het *pneuma* volgens eerstgenoemden is, welbeschouwd, door het tastgevoel waarneembare materie (p. 16). Materie is misschien aan verval en zeker aan wijzigingen onderhevig. Pythagoras achtte zulke eigenschappen in strijd met de aard van de ziel en besloot dat deze volstrekt immaterieel moet zijn. Dit verhindert de ziel allerminst om krachten uit te oefenen en regelend bij alle lichaamsprocessen betrokken te zijn. Alle natuurverschijnselen gehoorzamen immers wiskundig formuleerbare wetten, wetten die blijken uit de verhoudingen van hoeveelheden en uit de getallen die ze aanduiden. In de 6e eeuw v. Chr. hadden wijsgeren dat begrepen.

De Pythagoreeërs verzekerden dat mensen- en dierenzielen deel van een Alziel zijn, van

een Wereldziel. Zodoende zijn zij onvergankelijk. *Pneuma* is als zieldrager onontbeerlijk, zodat planten, die niet ademen, apneumatisch dat wil zeggen zielloos leven. Ofschoon het verblijf van zielen op aarde tijdelijk is, zijn zij niet aan één organisme gebonden. Weliswaar veroorzaakt het vertrek van een ziel de dood van zijn verblijf, maar hij kan daarna een nieuwe woning betrekken, kan van een mens naar een dier verhuizen of omgekeerd.

In de tweede helft van de 6e eeuw ontmoeten wij Alkmaioon, de eerste arts-filosoof van wie wij zeker weten dat hij proefondervindelijk onderzoek gedaan heeft (I.7). Hij was bioloog en dacht over het zielbestanddeel van levende organismen na.

De ziel, overwoog Alkmaioon, moet onsterfelijk zijn, want hij beweegt steeds, zoals de hemellichamen (die eeuwig zijn). Als de ziel de cirkelbewegingen van de sterren niet meer kan nabootsen en tot stilstand komt, sterft het bezielde organisme, in dit geval de mens. Platoon kan zijn mening over een cirkelende ziel aan Alkmaioon ontleend hebben.

De schamele fragmenten die van Alkmaioons geschriften overbleven, bewijzen dat hij meende dat hersenen de zetel van het denkvermogen zijn. De ziel, daar gevestigd, zorgt ervoor dat het waargenomene na aankomst ordelijk overdacht wordt; zintuigdraadjes voeren de gewaarwordingen van de zintuigen naar de hersenen. Om die reden, zegt Alkmaioon, verblijft de ziel in de hersenen, hetgeen de concentratie van *pneuma*, die daar het dichtste is, aantoont. Invloed op de lichaamsprocessen heeft de ziel echter niet of nauwelijks. Deze opvattingen van Alkmaioon zijn nauw aan die van Descartes verwant.

Vroeg in de ontwikkeling van het menselijk denken, zo vroeg dat nader historisch onderzoek onmogelijk is, heerste de overtuiging dat sperma van boven- of buitennatuurlijke aard zou zijn. De oudste gegevens in het Westen zijn van mediterrane oorsprong en zij zijn vrijwel unaniem in de uitspraak dat de wereld, al wat op aarde is, voortkwam uit sperma door een Oppergod gestort. Zodoende is sperma met goddelijke eigenschappen toegerust en dus een levenwekkend, zieldragend substraat. Alkmaioon zette die traditie voort. De goddelijke denkkracht, dat is de ziel die in de hersenen verblijft, zal in de fysieke wereld als voertuig sperma gebruiken. Sperma komt uit de hersenen.

De Pythagoreeërs en later Platoon hielden staande dat ruggemerg sperma produceert. Waren nu hersenen of ruggemerg de spermabron? De herkomst van sperma bleef voor biologen en artsen een omstreden zaak, de bezieling niet. Tot laat in de 18e eeuw zette spermaziel de groei van het nieuwe organisme in gang, werd de materie van het embryo (door het ♀ organisme geleverd) door spermaziel van vorm voorzien en kreeg het lichaam, van kind tot volwassen geleidelijk meer en meer, het vermogen tot waarnemen en denken. Sperma bracht ziel mee, de bewerker van lichamelijk leven op aarde.

Sedert het begin van onze jaartelling voegde een nieuwe, andere ziel zich bij de gevestigde zielen: de christelijke. Deze laatste, weliswaar ook van hemelse herkomst, van goddelijke aard en onsterfelijk, wordt slechts in mensen aangetroffen. In dit overzicht van de ontwikkelingsgeschiedenis van de ziel zullen de vóór-christelijke zielen als de 'klassieke' worden aangeduid.

Omstreeks 500 v. Chr. wees Herakleitos (I.8) de ziel aan als vormer en beweger van alle dingen, levend en dood. Het is een kracht of een energie (wij hebben geen woord dat de Heraklitische ziel en zijn eigenschappen omschrijven kan) die stroomt, zich wijzigt, eeuwig zich verplaatst, voortstuwt, bouwt en breekt. Zon en ziel zijn van dezelfde aard en zij bezielen het universum, alles erbinnen. De kracht, die ziel, vindt zijn expressie als warmte, als vuur.

Aither, het uitspansel dat fonkelend en kristalhelder de wereld bolvormig omsluit, is goddelijk en de verblijfplaats van de zielen. Zielen vergaan – bij voorbeeld als een levend

organisme sterft – en worden water. Water vergaat en wordt aarde; uit aarde ontstaat weer water en uit water, als een opstijgende damp uit zee, weer ziel. 'De ziel vergaat in water en water vergaat in aarde, maar water ontstaat uit aarde en ziel uit water'.

De ziel van een gesneuvelde is van edeler natuur dan die van een door ziekte gestorvene (een gedachte die in onze dagen nog altijd weerklank vindt). Zielen van bijzondere verdienste worden bij de lichamelijke dood geen water, maar stijgen op en worden deel van het kosmische vuur. De mening dat zielen zich hemelwaarts bewegen stamt van Herakleitos. Zulke zielen zijn schutszielen voor de levenden en de doden en van dezelfde aard als de zon; zij zijn maat en bewegers voor en van alles binnen het universum. Hun verwantschap met het goddelijk vuur merkt men door de levenswarme adem.

Zeedamp voedt de hemellichamen die 'kommen vuur' zijn. Een ziel is een sterrevonk (*scintilla stellaris essentiae*). Nooit zal de grens, de contour van een ziel gevonden worden, hoe ver men ook reist en waar men ook zoekt.

Denkvermogen is de ziel eigen, van nature, en zintuigen zijn bedriegelijk (p. 21). Hoe droger de ziel, hoe beter. Een dronkaard met een natte ziel denkt slecht en misdraagt zich. In het levende lichaam laat de biologische ziel zich met een spin vergelijken, die naar elke plek in zijn web rent als het ergens beschadigd wordt. Herakleitos' vergelijking is de vroegste aankondiging van het holisme in de biologie.

Onder verwijzing naar De Santillana's brillante synthese van de wetenschappen in de Oudheid (1961) en zijn samenvatting van Herakleitos' leer, kan voldoende uit de hier vermelde gegevens begrepen worden dat talrijke stellingen van de Pythagoreeërs en daarna van Platoon met die van Herakleitos nauw verwant zijn. De getallen en meetkundetheoriën leidden, met inspraak van Filolaos van Tarente, tot de methode van de *harmonia*, dat is de koppeling van tegengestelden door gemiddelden en structurering door verhoudingsgetallen. Filolaos van Tarente (of 'van Krotoon') schreef onder meer een verhandeling over de ziel. Het zou te ver voeren te schetsen hoe in de biologie deze wiskundige vondsten, via Platoons ideeënleer, grondslagen werden van biologische disciplines, zoals morfologie en taxonomie.

De Heraklitische ziel, die zowel stoffelijk (materie) als onstoffelijk is, verbleef niet alleen in levende organismen. Hij was bovendien onmisbaar als veroorzaker van kenmerkende eigenschappen van levende wezens (de Naturphilosophen) en bij de levende, wakende mens drager van het goddelijke (buitenmenselijke) denkvermogen.

Zenoon van Kitioon (p. 24), gaf in de 4e eeuw leiding bij het ontstaan van de filosofenschool die Stoa kwam te heten, duizend jaar lang een der meest invloedrijke wijsgerige systemen in het Westen. Van Herakleitos' nam hij een interpretatie van ziel over. Levende mensen en dieren zijn warm; sommige dieren leven wel, maar zijn koud en planten ook. Zij hebben kennelijk geen ziel.

3. Elementaire en atomaire zielen; de Hippocratici

In de 5e eeuw trok Empedokles een duidelijke scheidslijn. Er zijn twee werelden, de ene stoffelijk, materieel en vergankelijk, de andere onstoffelijk en duurzaam. Zielen behoren tot de onstoffelijke wereld.

Hartebloed huisvest ziel in de lichamen van mensen en dieren. Die mededeling van Empedokles treffen wij ook in de bijbel aan en langs die weg heeft hij grote invloed op de biologie uitgeoefend.

Tijdens zijn verblijf in het bloed beheert de ziel, ofschoon deze zelf een element is (vuur), de overige elementen afzonderlijk en gezamelijk, en hierbij is de ziel autonoom. Onderling zijn zielen verschillend. Zij vormen een geleidelijk opklimmende reeks, die het mogelijk maakt dat plantenzielen naar dieren en dierenzielen naar mensen verhuizen, terwijl zij zich daarbij wijzigen overeenkomstig een hogere graad van loutering. De hoogste graad van volmaaktheid bereiken de zielen in vorsten, artsen en dichters, hetgeen uit het denkvermogen van deze élite mag blijken. Na deze eindfase, doorgebracht in de meest vervolmaakte mensen, keren de zielen naar de onstoffelijke wereld terug.

Omdat bij de Pythagoreeërs *pneuma* ziel uit de bovenlucht meebrengt, kunnen planten bij hen geen ziel bezitten (geen lucht in het lichaam), maar bij Empedokles zijn planten bezield. Elke brandende takkenbos laat zien hoeveel vuur hij bezit en hoeveel warmte in hem schuilt.

Hippoon een auteur met wijsgerige neigingen uit de eerste helft van de 5e eeuw werd misschien op Samos geboren, dat wil zeggen niet ver van de bakermat van Hippokrates. Hij sloot zich bij Thales aan, terwijl hij tegen zijn tijdgenoot Empedokles bezwaar maakte. Deze laatste had beweerd dat sperma bloedschuim zou zijn (merk op: de combinatie van de *pneuma*- en de vuur-theorie). Hippoon maakte bezwaar: sperma is geen bloed, hoewel vochtig, en van alle dieren waterachtig. Ziel is, zoals Thales wilde, gekoppeld aan het vochtige. Een inwendige natuurlijke vochtigheid (*oikeian hygroteta*) doet dierlijke lichamen leven en een goed binnenvocht verzekert een goede gezondheid. Als dat sap vervliegt raakt het dier bewusteloos en sterft. Lijken drogen uit.

Aristoteles keurde deze grove vermaterialisering af en vond dat Hippoon een kladschrijver, een domoor, was (*De Anima* 405 b, *fortikos*; Metafys. I).

Nog ernstiger bezwaren uitte Anaxagoras (I.11) tegen de opvattingen van Empedokles. Hij wilde van een stap voor stap opklimmende reeks van steeds hogere en uit voorgangers voortkomende zielen, een toenadering tussen dieren- en mensenzielen, niets weten. Een scheppende en besturende Intelligentie, een *Noes* (*nous*) regeert alle *fysis*-verschijnselen. Mensen beseffen dit, maar dieren hebben daar niet het minste begrip van. *Noes* schreef het universum een streng gereglementeerde bouw voor, stelde de wetten en de ziel voert die uit op de geëigende plaatsen. De fragmenten van Anaxagoras' verhandelingen maken niet goed duidelijk hoe en in welke mate de ziel betrokken is bij de levensuitingen.

Nog in dezelfde tweede helft van de 5e eeuw v. Chr. confronteerden Demokritos en de zijnen de geleerde wereld met een theorie die op het eerste gezicht een volstrekte tegenstelling scheen aan wat voorafging. Dode en levende materie werden identiek verklaard; beide zijn zij korrelig. Materie is het aggregaat van talloze allerfijnste materiedeeltjes, onsplijtbare, gewoonlijk onzichtbare en soms zichtbare atomen (p. 30). In het licht van zonnestralen zijn dikwijls dansende zonnestofjes (atomen) te zien. Honderd jaar later tekende Aristoteles aan dat de Pythagoreeërs de stofjes ook opgemerkt hadden en meenden dat zij bezield waren omdat zij onophoudelijk bewegen. De drieëenheid – zon-materie-leven – verdient een nauwgezette en brede historische studie; in mijn verslag van de geschiedenis der biologie kan ik slechts sporadisch en in het voorbijgaan op die binding wijzen.

Toch, verklaren de volgelingen van Demokritos, is er een onderscheid tussen de levende en de dode materie: levende materie is dode waar ziel aan toegevoegd is. Desondanks blijft de bezielde materie binnen de stoffelijke wereld, want ziel bestaat uit de allerpuurste en fijnste atomen (dachten de atomisten aan Anaximenes?) en is dus zelf ook stoffelijk. De zielatomen zijn hetzelfde als het vuurelement en zodoende voorzien zij de dode stof, met zijn grovere, koude atomen, van levenswarmte.

Zielatomen zijn bolrond, want zo gevormd slippen zij het gemakkelijkste en snelste door elke andere materie heen. Omdat zij zo snel passeren veroorzaken zij door hun passage dat het voorwerp beweegt. Op die manier roept ziel beweging op.

Ademhalen is voor alle levende organismen een onontbeerlijke levensvoorwaarde. De in- en uitgeademde lucht drukt de atomen weg en jaagt ze voort of trekt ze aan (een hoeveelheid verplaatste lucht laat een leegte achter en die vult de natuur dadelijk). Andere atomen snellen toe en nemen de plaats in van de weggedrukte, enzovoort (p. 42). Zo leven dierlijke organismen en daarom bewegen zij zo lang zij leven.

Sinds de 5e eeuw waren de Hippocratici praktizerende artsen. De biofilosofie pasten zij zonder veel bedenken rechtstreeks toe op de fysiologie, op de verschijnselen van het levende lichaam. Zij erkenden, zoals Pythagoras vóór hen en Leibniz meer dan 20 eeuwen later, dat 'niets sterft en niets geboren wordt' en dat eeuwig en ononderbroken uitwisseling, menging en ontmenging van vuur, water en aardachtige materie, de wereld der levende dingen beheerst. Niettemin achtten zij de Empedokleïsche elementen als fundamenten voor de functies van het levende lichaam ontoereikend. Veel meer aandacht verdienden de vier vloeistoffen (humoren) die zij in elk levend lichaam aantroffen (p. 53). Dit zijn de ware grondstoffen, zichtbaar, tastbaar, handelbaar en onmiskenbaar direct betrokken bij alle fysiologische processen (p. 334).

In *Peri Diaitès* (*Corpus Hippocraticum*) verbindt de auteur de vuur ÷ water-theorie van Herakleitos en de *pneuma*-theorie volgens Anaximenes. Leven, zo zegt hij, komt voort uit, verschijnt en verdwijnt samen met *pneuma*. De ziel echter is een mengsel van vuur en water, dat in samenspel met *pneuma* de geesteseigenschappen van het levende lichaam bepaalt. *Pneuma* kan ontsporingen van de levensfuncties niet verhinderen.

Bij alle biologische overdenkingen en praktijken van de medici uit Knos en Knidos speelt zielskracht een belangrijke rol. Het is een kracht of natuurdrift eigen aan levende wezens, gewoonlijk gelijk te stellen aan datgene wat de collega's in latere eeuwen gewoon waren *vis medicus* of *vis vitalis* te noemen. Die latere opvatting kan leiden tot de mening dat de Hippocratici met ziel (*psyche, enhormoon*) een onstoffelijk, immaterieel agens bedoelden. Ik dacht dat zij ziel zowel als een onstoffelijke en als een materiële factor beschouwden.

In *Peri Diaitès* legt de schrijver uit dat de verhouding van de hoeveelheden vuur en water, in relatie met de geaardheid van die twee elementen, bepalend is voor gezondheid en ziekte en tevens voor de kwaliteit van de ziel. De bezitter van een lichaam dat uit zeer vochtig vuur en zeer droog water evenwichtig vermengd bestaat, beschikt over een hoog ontwikkeld inzicht, grote scherpzinnigheid en een goed geheugen. De eigenschappen van het mengsel zijn oorzaken (*aitiè*) van meer of mindere intelligentie, maar op de gemoedstoestand heeft de menging geen invloed. Zielstoestanden zoals twistziek, aanminnig, lui en zo meer zijn gevolgen van de vlotte of langzame doortocht van de ziel door de lichaamspassages, de wijde en de nauwe, en zo leren de zielstoestanden de medicus wat de ziel bij zijn omzwerving door het lichaam ontmoet.

Ziel kan aangroeien en verminderen, in het algemeen in samenhang met leeftijd. Jong bouwt op, volwassen blijft gelijk, oud takelt af. Hier volgen ter illustratie nog een drietal citaten.

> *Corp. Hipp., Peri Diaitès* I, xxv 1–16: 'Zoals ik al gezegd heb, is de menselijke ziel een mengsel van vuur en water en van lichaamsmaterie. Ziel doordringt elk ademend dier. Zeker huist dan ook in elk mens, jong en oud, ziel. Toch groeit de ziel niet in alle mensen op dezelfde manier. Omdat bij jonge mensen de kringloop snel

> is en het lichaam groeit zal de ziel, door vuur aangetast, verminderen en terwille van de groei van het lichaam verbruikt worden. Omdat bij oude mensen de beweging traag en het lichaam koud is, zal de ziel verbruikt worden voor de afbraak van het lichaam. Lichamen die nog jeugdig zijn en tot voortplanting in staat, kunnen hem echter voeden (*dynatai trephein*) en doen toenemen.'

In deze tekst is ziel voor tweeërlei uitleg vatbaar, met enige voorkeur voor een materiële *pneuma*-ziel. Toch zwenkt de volgende mededeling weer naar het onstoffelijke en bleef daarom een argument voor talrijke ziel-lichaam-beschouwingen later.

> *Corp. Hipp., Peri Diaitès* I, xxviii 1-9: 'Het ♀ en het ♂ kunnen zich verenigen; wederzijds kunnen zij dit, want beide [geaardheden] worden gevoed in beide en bovendien is ziel voor alle bezielde dingen hetzelfde hoewel de belichaming verschilt. Ziel is altijd zichzelf gelijk (*psyche men oun aiei homoiè*), in grotere en in kleinere wezens; noch door natuurlijke oorzaken (*fysis*) en noch door dwang (*anagkè*), zal hij veranderen'.

Hiermee ontsnapt de ziel aan vorm en aan hoeveelheid en schijnt onstoffelijk te zijn. Toch laat de opvatting dat de Hippokratische ziel stoffelijk is, zich goed verdedigen: bezielde stof, wel te weten, niet materie + ziel maar zielmaterie, door zichzelf levende materie. Het vervolg van de verhandeling is met de zojuist geciteerde stellingen in tegenspraak, zo schijnt het althans.

De wederzijdse zaadvloeistoffen vervoeren zowel ♂ als ♀ ziel. Het bezielde resultaat van de vermenging bij bevruchting toont aan in welke staat de zaadvloeistoffen geweest zijn. Een briljante man ontstaat uit ♂ + ♂, een gewone man of vrouw uit ♂ + ♀ (sekse volgens overwicht van een van beide), en een hermafrodiet uit een man die ♀ zaad afgaf aan een vrouw die ♂ zaad bijdroeg (in overwicht). De graad van typerende manlijkheid van het nageslacht hangt van de menging af en van voeding, opvoeding en levensgedrag.

Het dualisme ziel/materie (geest/materie) stelde de Hippokratische artsen, voor zover zij het erkenden, niet voor problemen. De Alexandrijnse arts-anatomen onderhielden nauwe relaties met de Hippokratische school. Zij onderscheidden - goed begrensd - een *pneuma zootikon* dat in het hart, en een *pneuma psychikon* dat in de hersenen verblijft en beide pneuma's hebben een eigen taak tijdens het leven van de gastheer. Het Hippokratische model van een dubbel (ziel)dualisme (♂ en ♀ en geest/materie) werd door de Alexandrijnen, beter gedefinieerd, overgenomen.

Dit zou leiden tot de meningen van veel biologen en geleerden tijdens de Verlichting. Het volgende citaat nadert voorschriften van Diderot.

> *Corp. Hipp., Peri Diaitès* I, xxxv 35-44: 'Het is na een maaltijd weldadig om te wandelen; zowel 's morgens vroeg als na lichaamsoefeningen eveneens. Na een maaltijd opdat drogere voedingsstoffen uit de genoten spijzen de ziel ten goede komen. In de vroege morgen opdat het vocht uit de uitscheidingswegen zal verdwijnen en de porieën van de ziel (*poroi tès psyches*) niet verstopt raken. Na gymnastiek (*gymnasioon*) opdat de afscheidingen die de lichaamsoefeningen veroorzaken niet in het lichaam achterblijven en zich met de ziel mengen.'

Voor de vertalingen van de Hippokratische teksten raadpleegde ik Littré (1851) en Jones (Loeb ed., 1967).

4. *Sokrates begint de zielkunde*

Terwijl ver in het Noorden Demokritos in Abdera zijn atoomtheorie onderwees en de Hippokratische medici, werkzaam aan de rand van Klein-Azië, de mens naar lichaam en ziel bestudeerden, nam Sokrates met zijn leerlingen en stadgenoten in Athene allerlei problemen onder handen. Hij vond antwoorden en nieuwe vragen die hem tot een grondlegger maakten van de latere Westerse zielkunde.

Enige citaten uit *Phaidoon*, die bij lange na geen recht doen aan de schoonheid van de hele dialoog, kunnen Sokrates' gedachten over de ziel verduidelijken. Hij is na het afscheid van zijn vrouw in de gevangenis in gesprek met zijn vrienden, wachtend op de beul die hem de gifbeker zal overhandigen. De dialoog is het verslag van het gesprek dat Platoon, een medegevangene *Phaidoon* in de mond legt. Voor de vertaling kreeg ik hulp van H.N. Fowler (1914) en O. Apelt (1922).

Een van Sokrates' jonge vrienden, Kebes, heeft naar de oorzaak van ontstaan en vergaan, leven en sterven, de hartslag van de biologie, gevraagd.

Phaidoon (Over de Ziel) 96 A–D: Sokrates zweeg een poos en verzonk in diep nadenken. Toen zei hij:

'Dat wat je zoekt, Kebes, is geen kleinigheid en het spreekt vanzelf dat de oorzaak (*aitia*) van ontstaan (*genesis*) en vergaan (*phthora*) grondig onderzocht moet worden. Laat ik je eens vertellen hoe het mij daarbij verging, als je dat wilt; en als iets dat ik zeggen zal je bruikbaar toeschijnt, zou je het kunnen gebruiken bij je eigen beredenering.'

'Ik zou uw bevindingen graag willen horen', zei Kebes.

'Luister dan naar wat mij overkwam. Toen ik nog jong was, beste Kebes, werd ik door de vurige wens gedreven mij in de wetenschap te bekwamen die leer der natuur genoemd wordt (*peri fuseoos historia*). Ik vond dat die wetenschap iets verhevens bezat en dat die mij de weg naar de kennis van de oorzaak van alles zou kunnen banen, waarom dingen ontstaan en waarom zij vergaan en waarom zij bestaan. Heel dikwijls tobde ik mij af om vragen te beantwoorden, zoals of wanneer in rottende stof het warme en het koude aanwezig zijn heus levende wezens ontstaan, zoals sommigen beweren. En of wij kunnen denken door middel van bloed, of van lucht of van vuur? Of door niets daarvan, maar dat integendeel de hersenen ons in staat stellen kennis te nemen van wat hoorbaar, zichtbaar of ruikbaar is. Of daar dan herinneringen en oordelen uit zouden voortkomen en vervolgens, nadat dit herinneren en oordelen hun staat van onzekerheid en twijfeling ontgroeid zouden zijn, wetenschap zou ontstaan. Ook overwoog ik het te gronde gaan van de dingen en ik beschouwde de verschijnselen aan het firmament en op aarde en ten slotte moest ik mijzelf bekennen dat ik met die overdenkingen niets bereikte.

Dat wat ik je nu zal zeggen, moge je hiervoor voldoende bewijs zijn. Wat ik aanvankelijk zonneklaar wist, wist hoe het mijzelf en anderen toescheen, werd als het ware omsluierd. Het leek wel of ik door die manier van beschouwen met blindheid geslagen werd, zodat ik datgene wat ik tevoren geloofd had te weten niet meer wist. Een voorbeeld uit vele. Het antwoord op de vraag wat de groei van een mens veroorzaakt. Die oorzaak, zo dacht ik aanvankelijk, was iedereen toch goed bekend. Dat gebeurt door eten en drinken, want wanneer als gevolg van voeding zich vleesmaterie bij het vlees voegt, en botmaterie bij de botten en zo, vergelijkbaar, ook passende materie zich voegt bij datgene wat al aanwezig was dan neemt de oorspronkelijk

geringe massa van lieverlede toe en zo wordt een mensje groot. Dat dacht ik indertijd. Had ik het mis?'

Kebes: 'Ik denk van niet.'

In zijn volgende betoog tekent Sokrates de omtrekken van de kernvraagstukken in de biologie van het Westen gedurende meer dan tweeduizend jaar. Hij wijst op de moeilijkheden bij de studie van de relaties tussen het geheel en de delen (die Aristoteles later biologisch zou uitwerken), hij snijdt het vraagstuk aan van het 'beste' en het 'doelmatigste' in de natuur (en toont al dadelijk de voosheid van die begrippen aan).

Bij het lezen van zijn redenering dringt zich de associatie op met Leibniz' *harmonia praestabilita*, met de problemen van het Lamarckisme en het Darwinisme, van het biomaterialisme. De bescheiden hoeveelheid hier geciteerde tekst verduidelijkt dat Sokrates biologie alleen niet toereikend achtte om de levensvraagstukken op te lossen; wijsbegeerte zou die mogelijkheid kunnen bieden.

Phaidoon 96 E – 97 B:

'Bezie het volgende ook eens. Ik dacht er mee te kunnen volstaan, als ik besloot bij het zien van een grote man naast een kleine, te zeggen dat hij een kop groter was en dat het met paarden verhoudingsgewijs net zo gesteld was. En om nog een beter omlijnd voorbeeld te kiezen: ik dacht dat tien meer dan acht was, omdat twee toegevoegd moeten worden en een lat van twee el langer dan één el was omdat één el half zo lang is.'

Kebes: 'En wat denkt u daar nu van?'

Sokrates: 'Ik maak mijzelf in het minst niet wijs, bij Zeus, de oorzaak van iets van die staat van zaken te begrijpen. Ik zou niet weten of, als men één aan één toevoegt, de vermeerderde één twee werd of dat de toegevoegde één door de toevoeging twee werd, of dat als gevolg van de samenvoeging zij beide twee werden. Ik sta versteld bij wat plaatsgrijpt. Toen beide van elkaar gescheiden waren, was elk van beide één, en elkeen was niet twee. Toen zij elkaar echter genaderd waren, zou de wederzijdse vereniging de oorzaak zijn van twee-wording voor elk van beide. Evenmin kan ik begrijpen dat als één gespleten wordt, de splijting de oorzaak zijn zou van twee-wording, want de oorzaak van twee-wording is nu juist tegengesteld aan de vorige oorzaak. Eerst was de samenvoeging oorzaak van twee-wording omdat één toegevoegd werd aan één en vervolgens werd één twee door één van één te scheiden. Nu geloof ik niet meer dat ik door deze gedachtegang zal weten hoe één ontstaat of, met andere woorden, hoe iets wordt voortgebracht of vernietigd wordt, of bestaat, en ik heb de aanpak volgens deze methode (*methodos*) verlaten en verkoos een eigen verkennend onderzoek, al weet ik niet waarheen dat voert.'

Sokrates werpt met zijn uiteenzetting over deelbaarheid een vraag op die nimmer afdoende beantwoord werd en in de biologie een belangrijke rol heeft gespeeld. Wat is een individu? Het woord betekent 'dat wat ondeelbaar (*in-divisus*) is' of tevens 'dat wat niet verdeeld is'. Een levend wezen, een organisme, pleegt als individu te worden aangeduid, maar organismen zijn soms ondeelbaar (hogere dieren), soms zeer goed deelbaar.

Wie een levend wezen als bezield beschouwt – en tot de 20e eeuw deden vrijwel alle biologen dat – staat voor de vraag of, als een onverdeeld levend wezen verdeeld wordt, de ziel tevens verdeeld wordt. Sokrates wist er geen raad mee, Augustinus ook niet, Aristoteles deed een oplossing aan de hand (p. 1107) en pater M. Jeuken gaf een historisch overzicht over het begrip individu in de biologie (Acta Biotheor. X, 1953: 57–86), het begrip waar o.a. Thomas van Aquino, Haeckel, Driesch, L. von Bertalanffy en Bergson zich diep-

gaand mee bezighielden.

Phaidon 97 - 99 B:

'Eens hoorde ik van iemand die uit een boek (*biblios*) voorlas dat, naar hij zei, door Anaxagoras geschreven was, hoe een Voorzienigheid, een redelijk verstand (*noes*) het universum ordent en de oorzaak van alles is. Over zo'n theorie verheugde ik mij, want het leek me aannemelijk dat *Noes* de oorzaak van alles zou zijn en ik dacht: 'Als dat werkelijk zo is, dan regelt een *noes* die ten grondslag ligt aan de wereldorde alles, en zulks, dat kan niet anders, op de voor ieder ding beste manier. Wie zodoende de oorzaak van het ontstaan, vergaan, of bestaan van iets wil vinden, moet zich vergewissen welke bestaansvorm, hetzij een passieve toestand, van welke aard die ook is, hetzij een actieve toestand voor dat ding het beste is. Klaarblijkelijk behoort iemand wat het voorwerp of het gebeuren betreft dat in beschouwing genomen wordt, en wat de andere dingen in het algemeen aangaat, niets anders op te sporen dan datgene wat dat ding in het bijzonder en wat het gemenebest het meest ten goede komt. Dan zal de onderzoeker ongetwijfeld eveneens ontdekken wat minder goed is, omdat het kennen (*epistème*) van beide aspecten noodzakelijk dezelfde wetenschap is.

Toen ik hierover nadacht was ik opgetogen, omdat ik verwachtte in Anaxagoras een leermeester gevonden te hebben die mij de oorzaak van de bestaande dingen (*tes aitias peri toon ontoon*) begrijpelijk en afdoende zou onderwijzen: of de aarde hetzij plat, hetzij gekromd (*stronggule*) was en die, als hij mij dit verteld had, mij vervolgens zou verklaren wat de oorzaak en wat de noodzaak is die het voor de aarde het beste maken te zijn zoals hij is. Indien hij zou zeggen dat de aarde in het centrum [van de hemelsferen] verblijft, zou hij me kunnen aantonen waarom het voor de aarde het beste was en is om het centrum te zijn. Ik was vastbesloten dat als hij me deze vragen zou kunnen beantwoorden ik geen andere oorzaak meer zou wensen of zoeken. Dan zou ik zeker met dezelfde methode van de zon en van de maan en de andere sterren ontdekken hoe hun snelheden zich onderling verhouden, hun omloop en de andere wijzigingen die zij tonen en waarom voor ieder van hen hetzij actief hetzij passief te zijn en te doen wat zij doen voor hen het beste is. Ondenkbaar scheen het mij dat, toen hij gezegd had dat de ordening door een intelligentie (*noes*) opgelegd was, hij nog enige andere oorzaak aan zou voeren voor al deze dingen om te zijn zoals zij zijn: dat is: het meest doelmatig zijn.

Kortom, ik verwachtte dat hij, terwijl hij voor elk ding apart en voor alles te zamen de oorzaak zou aanwijzen, nader zou uitleggen wat het beste voor elk ding is en wat voor het gemenebest.

Onder geen beding wilde ik die hoop laten varen en ik verdiepte mij in die boeken met de meeste ijver en las ze zo vlug ik kon om zonder uitstel aan de weet te komen wat het beste en wat niet goed is. Zo hoog waren mijn verwachtingen gespannen, mijn vriend, maar wat een ontnuchtering toen ik, verder lezend, constateerde dat die man geenszins een alwijze voorzienigheid (*noes*) in zijn betoog benut en daar geen oorzakelijkheid, hoe weinig ook, aan toekent, maar lucht en *aither* en water als oorzaken aanwijst, versierd met allerlei prietpraat.

Zijn methode scheen mij nauwkeurig overeen te stemmen met die van iemand die begint met te beweren dat Sokrates al wat hij doet steeds doet zoals het redelijke verstand (*noes*) voorschrijft en die, als hij vervolgens probeert de oorzaken van mijn doen voor elke handeling aan te wijzen, beweert dat ik nu hier zit omdat mijn

lichaam uit botten en spieren bestaat, en mijn beenderen stevig zijn, en door gewrichten van elkaar gescheiden. De spieren echter kunnen zich spannen en verslappen en zij liggen samen met het vlees en de huid die alles omhult rondom de beenderen. Omdat de beenderen losjes in de gewrichten liggen, stellen de spieren mij door samentrekken en ontspannen in staat mijn ledematen te buigen en daarom zit ik hier met gebogen benen. Precies zo zou hij mijn gesprek met jullie verklaren, door tonen, luchtverplaatsingen en gehoorde geluiden en nog duizend andere dergelijke feiten als oorzaken te presenteren. Intussen zou hij kalmpjes nalaten de ware oorzaak te noemen, namelijk dat de Atheners besloten dat mij veroordelen het beste was, dat ik het daarom het beste vond hier te zitten en de straf te ondergaan die zij oplegden. Bij de hond, deze spieren en botten zouden warempel al lang en breed in Megara of in Boeotië zijn wanneer zij zich door niets anders dan wat het beste voor hen is hadden laten leiden en indien ik het niet voor rechtmatiger en schoner geoordeeld zou hebben elke straf die mij van staatswege opgelegd wordt, te ondergaan in plaats van te vluchten en weg te lopen. De eerstgenoemde dingen als oorzaken aan te wijzen is gewoonweg onzinnig.

Als daarentegen iemand zou zeggen dat ik zonder deze beenderen en spieren te bezitten en zonder wat ik overigens nog in mijn lichaam heb, niet in staat zou zijn mijn voornemens, welke dan ook, uit te voeren, hij zou naar waarheid spreken. De bewering echter dat zulke dingen de oorzaken zijn van dat wat ik doe en dat ik dan doe wat met het redelijk verstand overeenstemt en niet dat wat ik als het beste beschouw en daarom verkoos te doen, is een uitzonderlijk grote onbedachtzaamheid.'

In deze tekst stelt Sokrates onder meer het vraagstuk aan de orde wat nu eigenlijk het biologisch 'beste' is. Dit laat zich niet bepalen, want wat biologisch van voordeel voor het individu kan zijn hoeft in het algemeen niet voordelig te zijn. Hetzelfde probleem betreft de relatie orgaan-organisme en de relatie organisme-populatie. Het gedrag van (veel) levende wezens volgt zowel uit een eigen wilsbesluit als uit het optreden of besluiten van anderen en kan zowel voor- als nadelig voor het lichaam zijn. Bovendien zijn voor- en nadelig subjectief, afhankelijk van de beoordeling, van allerlei in- en uitwendige factoren en van een verondersteld doel, en binnen de biologie zijn het zeker geen vaststaande, hanteerbare begrippen.

Welke wijsgerige tekorten, epistemologische grenzen hem verhinderden met behulp van natuurwetenschappen antwoorden op zijn vragen te vinden, legde Sokrates zijn gesprekspartners nog nader uit. Hij leidde daarmee onderwerpen in die veel 17e- en 18e-eeuwse biologen met voorrang en onophoudelijk bezighielden en die, onopgelost, bleven liggen toen in de loop van de 19e en 20e eeuw zij voor de macht en de magie van de materie het veld moesten ruimen.

Enkele citaten uit *Phaidoon* wil ik nog toevoegen als fundamenten van de fysiologie van het weten zoals Locke nader zou uitwerken. De factor 'herinnering' in de psychologie rust nog op de huidige dag op de geheugenleer volgens Sokrates' analyse. Aldus:

Phaidoon 72 E 18: 'Bovendien', bracht Kebes in het midden, 'als dat wat ge zo dikwijls zegt, o Sokrates, waar is, dat ons weten (*mathesis*) niets anders is dan hervinden in onze herinnering (*anamnesis*), dan zou dit een volgende bewijsgrond zijn voor de mening dat wij eertijds begrepen moeten hebben (*mathein*) wat wij ons nu herinneren.'

Phaidoon 73 A: 'Daar is een uitzonderlijk goede reden voor,' zei Kebes. 'Wanneer mensen iets gevraagd wordt en de vraag is goed gesteld, zullen zij op alles het

goed gekozen antwoord geven. Indien zij geen degelijke kennis (*episteme*) met zich meedroegen en gezond verstand (*orthos logos*), zouden zij dat niet kunnen.'

Phaidoon 73 B–E: 'En als gij hierdoor niet overtuigd zijt, o Simmias,' zei Sokrates nadenkend, 'bezie dan eens of ge niet kunt instemmen door deze kijk op de kwestie. Gij gelooft niet, lijkt het wel, dat herinnerde ervaring datgene wat wetenschap genoemd wordt, zou kunnen zijn (*mathesis anamnesis estin*).'

'Ongelovig ben ik niet,' zei Simmias, 'maar precies over datgene waar we van praten heb ik behoefte aan de weet te komen (*mathein*) wat 'herinnerde ervaring' nu eigenlijk te betekenen heeft (*peri hou ho logos*). Wat Kebes zoëven uitlegde, maakt al dat mijn herinnering en mijn instemming toenemen. Toch zou ik graag willen horen wat gij ervan denkt.'

'Welnu,' zei hij, 'dit wilde ik opmerken. We waren het eens, dacht ik, dat als iemand iets, wat dan ook, in het geheugen wil oproepen, hij het van tevoren aan de weet gekomen moet zijn.'

'Vast en zeker', zei Simmias.

'Zouden we dan niet eenstemmig besluiten (*homologos*) dat als degelijke wetenschap zich hieruit ontwikkelt (*epistème paragignetai*), dit mede een functie van het geheugen (*tropos anamnèseis*) zijn moet? Ik bedoel het zo. Als iemand iets gehoord of gezien heeft, of op een of andere manier iets gewaar werd, niet alleen van datgene afweet, maar ook nog op de hoogte is (*ennoèsei*) waarover zijn kennis (*epistème*) niet hetzelfde is, maar verschilt, is het dan niet verantwoord te zeggen dat hij, kiezend, ook datgene uit zijn geheugen oproept waarvan hij al kennis bezat?'

'Leg het me uit.'

'Hier is een voorbeeld. Met iemand, een mens, bekend zijn (*epistème*) is iets anders dan met een lier.'

'Dat duldt geen tegenspraak.'

'Is het dan niet zo dat het geheugen van een minnaar wanneer hij de lier ziet, of de mantel, of wat dan ook, die zijn lieveling placht te gebruiken, het volgende doet. Hij herkent (*engnoosis*) de lier en in zijn verbeelding (*dianoia*) verrijst het beeld (*eidos*) van de knaap die de lier toebehoort. Zo gaat geheugen te werk (*anamnèsis*). Als iemand Simmias ziet, zou hij dan gewoonlijk niet tevens aan Kebes denken, en ik zou talrijke voorbeelden van dit soort kunnen geven.'

'Talloze voorbeelden, bij god,' antwoordde Simmias.

Simmias brengt Sokrates onder het oog dat een lier en zijn snaren aardse, vergankelijke voorwerpen zijn. De harmonie echter, geordende tonen die het instrument voortbrengt, is onzichtbaar, ontastbaar, schoon en goddelijk. Als de lier breekt, gaat dan de harmonie ook te gronde?

Phaidoon 86 b: 'Ik ben overtuigd, beste Sokrates, dat u zich al met de gedachte heeft beziggehouden, dat ons lichaam zoals een lier gestemd is en een samenstel van het warme en het koude, het droge en het natte, en wat daarmee vergelijkbaar is, verwerkelijkt, en dat onze ziel (*psyche*) zoiets als een mengsel, een harmonie van deze elementen is in zoverre als zij door en door en in de goede verhouding gemengd zijn.'

Simmias overweegt vervolgens dat als het lichaam verslapt en ziek wordt, de ziel te gronde zal gaan, ook al is hij goddelijk van aard, evenals de harmonie die muziekinstrumenten en composities oproepen. De ziel is al lang vergaan als de resten van zijn woning nog voortbestaan.

Sokrates levert bewijzen voor het tegendeel. Voor ons is van bijzonder belang dat hij in *Phaidros* (St. 245) de uitspraak doet die Aristoteles in de biologie zal toepassen en die waarschijnlijk van Alkmaioon stamt. Alles wat ziel is, is onsterfelijk, want dat wat zichzelf beweegt (*autokinèton*) is onsterfelijk. Een lichaam dat van buiten af bewogen wordt is zielloos, maar een lichaam dat van binnen uit bewegend zichzelf bewegen kan, is bezield.

Het gegeven citaat is de vroegste, ons overgeleverde, methodische discussie over een vraag die biologen meer dan tweeduizend jaar nu eens verwoed en dan weer passief bezighield en die zij nimmer konden oplossen. Is leven een vermogen van de materie zelf, materie die bezield of met leven begaafd is, of is het een reactie van materie op externe invloeden? Anders gezegd: het individuele organisme is sterfelijk, het verschijnsel dat het tot organisme maakt is onsterfelijk en het unieke bezit en eigendom van velerlei levende organismen te zamen. Wat zijn daarvan de gevolgen?

5. *Platoons bovennatuurlijke historie van de ziel*

In *Timaios* schreef Platoon een biologie van de ziel die deels identiek en deels verschillend was van vroegere ontwerpen. Het betoog wordt Sokrates in de mond gelegd, maar deze Sokrates schijnt mij een geheel andere dan in de vorige paragraaf aan het woord is geweest. Platoons kosmische fantasie (of van de auteur van *Timaios* die voor hem doorgaat) is een fascinerend bedenksel, een weefsel van grootse concepten, naïeve details en verbazende mededelingen, een fantasie met karaktertrekken die cultuurbezit bleven en de biologie met tussenpozen diepgaand beïnvloedde.

Timaios kan als een vervolgstudie van *Politeia* (De Staat) worden beschouwd, de samenspraak waarin Platoons filosofische systeem wordt uiteengezet. Ideeën zijn het oogmerk van abstract denken, de *universalia* of *essentiae*. Zielen zijn eeuwigdurende, denkende, zich van de hogere Ideeën bewuste individuën. Ik beperk mij tot de biologie en dus tot *Timaios* en het volgende (waarbij O. Apelt (1923) en A. Rivaud (1970) mij leidden).

Een Opperste Maker of Algod is schepper en beheerder van de Wereldziel. In *Timaios* 41 staat dat degene die het Al voortbracht (*ho todo to pan gennesas*) de demi-urgen opdracht gaf levende wezens te vormen en daarbij ervoor te zorgen dat die zullen zijn zoals zijzelf door hun Vormer gemaakt werden. Zelf kan de Vormende Algod die levende wezens niet scheppen, want dan zouden zij hun leven van Hemzelf ontvangen en noodzakelijk onsterfelijken (godgelijken) worden. Volmaakt kan slechts volmaakte dingen doen, niet anders dan volmaakt scheppen. (Een volmaakte Schepper zal niets onvolmaakts scheppen.)

Vier groepen levende wezens (*gene*) zullen het Heelal gaan bevolken.

De eerste (hemelse) groep is die der goden, eigen schepping van de Algod (zij zijn onsterfelijk). Dan maakt de Algod zijn demi-urgen opmerkzaam op de vereiste aanwezigheid van drie sterfelijke groepen, omdat als die drie niet ook ontstaan het heelal onvoltooid zou blijven, want het zou niet alle levende wezens bevatten. Hun aanwezigheid is onmisbaar als het volmaakt (*hikanoos*) zal zijn. Deze passage (*Timaios* 41 c) is in overeenstemming met Parmenides' wet van de volheid (I.9), de vulling van elke lege ruimte. Volmaakt is vol. Hier rust ook de theorie van de *scala naturae* op, van de ladder des levens, de sport na sport geleidelijk opklimmende reeks van de organismen (X.3,15). Elk wereldelement krijgt zijn eigen inwoners.

Een groep is de gevleugelden, die zich vrijelijk door de lucht bewegen, los van de aarde.

Een groep is die der waterdieren, de latere *aquatilia.* De vierde groep loopt op de aarde. Platoon noemt hier de planten in zijn mededeling over de beginfase van de schepping niet afzonderlijk.

Alle levende wezens van de drie laatstgenoemde groepen zijn sterfelijk. De demi-urgen die hen vormen moeten de werkwijze van hun Vormer imiteren:

> 'het bestanddeel dat gelijknamig is (*homonymon*) met de onsterfelijken zal Ikzelf gereed maken en u daar het zaad en het begin van geven. Voor het overige, door het sterfelijke met het onsterfelijke te verweven, moet gij de levenden maken, hen doen geboren worden, hen voedsel verschaffen, hen doen groeien en wanneer zij te gronde gegaan zullen zijn hen opnieuw bij u toelaten.'

Hieruit blijkt dat de levende wezens op het ondermaanse uit een goddelijk en een sterfelijk bestanddeel samengesteld worden.

> *Timaios* 41 d: 'Zo sprak Hij en terugkerend naar het mengvat waarin Hij tevoren de Alziel (*tou pantos psyche*) in gemengd en geroerd had, stortte hij de resten van het oorspronkelijke er in en mengde die bijna even volkomen. Resten die niet zo rein waren als het mengsel aan het begin was maar tweede en derde kwaliteit. Het totaal van het zielmengsel verdeelde hij in evenveel porties als er sterren zijn, deed de zielen een voertuig binnengaan en zond elke ziel naar zijn eigen ster, terwijl Hij hen de *fysis* van het Heelal (*ten tou pantos fysin*) aanschouwelijk verduidelijkte.'

De zielen van alle levende wezens zijn, zo leert ons Platoon, grotendeels 'vuur' en wel vuur van een ronde gedaante (Timaios 40 a). Ik denk dat een rond sterretje het liet zien.

Wel bezitten zielen van alle levende wezens dezelfde substantie als de zielen van de goden en van de vormende Oppergod, maar voor stervelingen werden toch restjes gebruikt en die missen de goddelijke zuiverheid. Aan bezinksels moeten we niet denken, want de oorspronkelijke substantie was zo rein van aard dat zoiets als een bezinksel ondenkbaar is. Het voornaamste schijnt wel dat de gebruikte restanten minder volkomen gemengd werden. Dit procédé verdient om vele redenen aandacht; ik beperk mij hier tot de gegevens, dat tussen zielen grenzen bestaan, individualisatie optreedt en dat zij onderling verschillend van gehalte en mengkwaliteiten zijn.

Het onsterfelijke gedeelte van de mensenziel (*daimoon*) is het denkende bewustzijn (*psyche logos*). Dit bestanddeel is bolvormig (de meest volmaakte vorm) en zodoende is de schedel rond. Sterren en ziel leven beide en bewegen in samenstemming. De verstandsziel bevindt zich in de hersenen en beweegt zich cirkelend zoals de sterren in het uitspansel. Twee cirkelbanen tegelijkertijd beschrijft de denkende verstandsziel, de ene baan in overeenstemming met het Zijn en de andere met het Worden. Ik durf bijna vermoeden dat Platoon de tweedeling van de hersenen (grote en kleine hersenen) met deze dubbele zielbeweging in verband bracht (macro- en microkosmos) en vervolgens de linker en rechterhelft van de hersenen (Zijn links en Worden rechts), maar gezegd heeft hij dit niet.

Terwijl de demi-urgos zelf de verstandsziel (*logos*) in de mens plaatst, voegen weer lagere helpers daar nog drie andere zielen aan toe. De verstandsziel leeft dus niet solitair, maar samen met andere; Platoon vermeldt niet hoe men zich de drie toegevoegde ontstaan moet denken, uit welke bron of substantie voortgekomen. Hoe dan ook zij beginnen hun taak tegelijk met de verstandsziel.

Elk op eigen territoir. In de borst huist de gevoelensziel die voornamelijk de contacten met de buitenwereld onderhoudt, zij het op vrij gebrekkige wijze. Deze ziel is sterfelijk en staat in verbinding met de verstandsziel met behulp van een *isthmos* (landengte) die wij hals noemen. Om die reden is de gevoelensziel niet geheel van redelijk verstand en

enig inzicht verstoken.

Het ontgaat biologen niet hoe Platoon het grootse concept wereld-universum-leven in een vanzelfsprekende en onverbrekelijke drie-eenheid oproept door onstoffelijke, doelgerichte en samenwerkende krachten en hoe nochtans de twee buurzielen in de mens een uitwisseling in stand moeten houden dank zij het bestaan van een technisch voorzieninkje, een vleselijke corridor, een hals. Het is een biotechnisch kunstgreepje om zielen te scheiden en toch een voortdurende uitwisseling te verzekeren. Dit model – binnen een geheel twee eenheden te scheiden die in verbinding blijven door passages in de tussenliggende onderbreking – keert terug in het eeuwenlang poreus veronderstelde harttussenschot.

De begeertenziel bewoont de buikholte boven de navel. Hij is door het middenrif volkomen van de gevoelensziel gescheiden. De begeertenziel kent geen bezinning, geen redelijk verstand en is geheel passief. Hij registreert honger en dorst, begeerte, welbehagen en kramp. Van de begeertenziel is de plantenziel een afstammeling. Dit is de tekst:

> *Timaios* 77 a–c: 'De Goden lieten... een andere groep levende wezens ontstaan door andere vormen en andere kwaliteiten te vermengen tot een substantie die op die van de mens geleek. Het werden de bomen en de granen die heden ten dage gekweekt en door de cultuur veredeld zijn en die zich zodoende als onze vrienden gedragen, maar oorspronkelijk volgden die wilde soorten, die de gekweekte voorafgingen, hun eigen weg. Wij mogen met het volste recht alles wat aan leven deelneemt een levend organisme noemen. En wij spreken nu over organismen die in het bezit van de derde soort ziel zijn, die, zoals we hebben meegedeeld, zetelt tussen middenrif en navel. Deze ziel kent zelf geen begrip, geen redelijk verstand, geen waarneming en slechts gewaarwordingen van welbehagen of van krampen of van begeerten. Steeds moet deze ziel lijdzaam aan alles gehoor geven. Het bij zichzelf te rade gaan door in zichzelf over zichzelf na te denken, de van buiten komende invloeden af te weren en niets te aanvaarden dan wat hij verkiest, zijn eigen toestand in ogenschouw te nemen en zich te bezinnen, en ten slotte de ordening die het [dierlijk] leven kenmerkt, zijn hem onthouden. Op die manier leeft een plant en is niets meer dan een levend ding. Bovendien is hij op één plaats in de grond verankerd en buiten machte zich te verplaatsen en omdat hij niet in staat is zichzelf van een plek te verwijderen, heeft hij wortels.'

Verder blijkt nog dat dierlijke organismen toch nog enige mogelijkheid hebben om met de begeertenziel de verstandsziel te verwittigen. Op het gladde oppervlak van de lever kan de begeertenziel beelden oproepen die de verstandsziel waarneemt en dat veroorzaakt dromen, voorgevoelens en allerlei vage roerselen in ons gemoed.

Beneden de navel schijnt het wel dat in die met darmkronkels gevulde ruimte geen ziel wonen kan. Toch verblijft daar nog een vierde ziel, de 'drift van de vleselijke vereniging', van zo'n laag allooi dat hij de naam ziel nauwelijks verdient en Platoon geen aandacht aan hem besteedt.

Volgens Platoon hebben de zielen dus elk een eigen domein en eigen werkterrein. Verschillend van kwaliteit zijn zij zeker, maar alle niettemin onmisbaar voor het voortbestaan van het levende organisme. Samen brengen zij in opdracht, gevormd en geleid door goddelijk bestuur, volmaakt doelmatige en schone levende schepsels tot stand.

Verreweg de beste van de zielen is de verstandsziel van de mens. Als een eigenaar hem aanspoorde zijn werk op het hoogste niveau een mensenleven lang te verrichten, zal na de dood zo'n ziel als ster voor altijd voortbestaan.

De verstandsziel komt voor in twee vormen, de manne- en de vrouweziel. Zij zijn, ge-

combineerd met alle lichaamszielen, ten dele gelijk geaard (voortplantingsdrift), maar de vrouweziel is overigens van minder allooi (behept met lafheid en een neiging tot alle kwaad; p. 38).

Toch verschillen zij in algemene zin niet wezenlijk. Platoons berichten zijn, vind ik, op dit stuk vrij ondoorzichtig. Het schijnt wel dat de nadelige verschillen tussen de vrouweziel en de manneziel voor rekening van de gevoelensziel zouden moeten komen, zodat de verstandsziel voor beide geslachten vrijwel gelijk zou zijn. Het lagere niveau van de vrouweziel zou dan voornamelijk aan biologische factoren toegeschreven mogen worden.

Dierenzielen zijn eigenlijk gedegenereerde mensenzielen zodanig dat zij, al naar de diergroep waar de ziel tijdelijk in verblijft, minder tot denken in staat zijn.

Een vraag die Platoon onbeantwoord liet, maar die biologen wel stellen, betreft het keerpunt bij een stap voor stap verminderend denkvermogen in de afdalende reeks diergroepen, wanneer nu precies de zielsonsterfelijkheid verkeert in sterfelijkheid. Men is geneigd te besluiten dat bij de dood van een mens van de vier zielen (of zielcomponenten) slechts één overleeft: de verstandsziel. Deze moet transmigreren en gewoonlijk een dier als verblijfplaats betrekken. De verstandsziel in zijn geheel kan dit niet, want een dier bezit de menselijke verstandsziel niet, heeft Platoon meegedeeld. Als een dier enig denkvermogen heeft, dan moet dus een deel van de verstandsziel naar een dier overgaan. Hoeveel en tot waar in afdalende richting binnen de dierreeks transmigratie plaatsvindt laat Platoon onbesproken, ofschoon hij in brede trekken het verloop schetst (p. 38–40).

Een nieuw en revolutionair standpunt was echter, dat de Platonische (mensen)ziel blootgesteld zowel aan de invloed van zijn verblijf, zijn omgeving, als aan het lichamelijke en geestelijke gedrag van zijn huisheer, een toekomst opgelegd wordt. Ik wijs, zo nodig, op de analogie met de levensgang van de christenziel, vierhonderd jaar later. Op overeenkomstige manier is de toekomst van de christenziel die de christen toebedeeld kreeg, afhankelijk van het gedrag van zijn bezitter, zij het dan dat een plaatsing na de dood in een dier nu uitgesloten is.

Evenals Empedokles bekleedt Platoon ziel met verschillende kwaliteiten en vermogens, in overeenstemming met de verblijfplaats en de levensfuncties. Een aan tijd gebonden, maar autonome wijziging van zieleigenschappen die zich in opeenvolgende generaties voltrekt, had Empedokles ondersteld, dat wil zeggen een op hogere levensniveaus gerichte evolutie. Dit lineaire model van vervolmaking verving Platoon door een model met de mens als middelpunt. Morele opvattingen en strevingen, samen met zowel lichamelijk als geestelijk gedrag hervormen de ziel, die zich – men kan het niet ontkennen – dikwijls naar lagere niveau's begeeft en afdalend door de dierenwereld trekt. De zielsomloop vereist 10 000 jaar, zoals Platoon in het slotgedeelte van De Staat verhaalt in aansluiting op de uitleg van de zielsverhuizing, beschreven in *Phaidoon* en *Timaios*.

Platoon bracht een omwenteling teweeg in de ziel-lichaam-relaties die in de eeuwen vóór hem golden. De Platonische leer proclameerde het lichaam, dat wil zeggen het milieu, als een beslissende factor voor de aard en het gedrag van de toekomstige ziel. De mens kan de ziel een gewijzigde afstamming opleggen: milieu transformeert de ziel. Sinds Platoon droeg de mens een verantwoordelijkheid voor de ziel en werd hij medewerker aan het beleid van de goden en de Alziel, in tegenstelling met bij voorbeeld zijn verhouding tot de Empedokleïsche ziel die onaantastbaar voor het milieu was.

Biologen ontgaat het niet dat Platoon uiteenzette dat een krachtdadige aansporing om een beoogd doel te bereiken, zielwijzigend, zielversterkend werkt en dat het bevoordelen van de ene ziel(component) het achterblijven of zelfs de ondergang van andere tegelijker-

tijd in het menselijk lichaam aanwezige zielen veroorzaakt. Zij herkennen daarin en in het bovenstaande overzicht wezenstrekken van zowel Lamarcks als Darwins afstammingstheorieën.

Over de totale sterfelijkheid van (dieren)zielen blijven wij dus in het ongewisse; het werd een strijdvraag gedurende eeuwen van discussie. Maar planten zijn ongetwijfeld deel van de kosmos en volgens Platoon van een sterfelijke ziel voorzien.

6. *Aristoteles' natuurlijke historie van de ziel*

Het past mij niet te proberen een samenvatting of beschouwing over Aristoteles' zielsleer te schrijven. Allereerst omdat de welbekende onzekerheden over de teksten die ons overbleven het goed begrijpen van Aristoteles' meningen hebben vergroot.

Een grondige kennis van de taal, de biologie en de antieke cultuur en wijsbegeerte moeten voorts ter beschikking staan, wil men hopen Aristoteles' theorieën over de ziel geheel en nauwkeurig te doorzien. Die kennis ontbreekt mij. Steunend op wat ik kon bemachtigen uit de enorme hoeveelheid literatuur heb ik naar beste vermogen gepoogd de belangrijkste gegevens te bundelen, bezig daarmee als bioloog en met de toeleg zijn conclusies te formuleren en te rangschikken zoals zij tweeduizend jaar lang in biologische verhandelingen te pas werden gebracht.

Hoe dan ook, Aristoteles (I.15) pakte de problemen betreffende dode en levende materie, dode dingen en levende organismen, ziel of *psyche* en al hetgene dat daarmee samenhangt, volhardend en methodisch aan. In de (voor ons, 20e-eeuwers) dode materie verbleven sinds de mens deel van de levende natuur uitmaakte, geesten, schimmen en zielen. Wij laten hen – zoals eerder overeengekomen – buiten beschouwing.

Op goede gronden mag men echter geloven dat Aristoteles, zoals Herakleitos en Platoon, sterren als wezens met goddelijke, althans buitenaardse, eigenschappen beschouwde, als zichtbare goden of als sterrezielen. Al erkende Aristoteles het uitspansel als een verheven doel voor bewondering, de studie van de biologie der aardse levende organismen boeide hem en richtte zijn aandacht levenslang. Ik laat, met hem, de sterrezielen aan het firmament, ofschoon zij op de levende aardse wezens met hun (licht)stralen grote invloed hebben uitgeoefend (en naar de mening van niet weinig biologisch geïnteresseerden dat nog altijd blijven doen) buiten bespreking. Ik bepaal mij tot de zielen die binnen ons bestek onmisbare verwekkers en bestuurders waren van leven, naar het oordeel van de biologen.

Naast talrijke opmerkingen over de aard en de functies van ziel die verspreid in zijn geschriften staan, wijdde Aristoteles een studie in drie 'boeken' aan de zielsbiologie (*Peri Psyches* of *De Anima*). Hij merkte op dat de biofilosofen ziel zowel als beweger en als leer- en denkvermogen opgevat hadden en dat zij ziel nu eens één van beide en dan weer beide eigenschappen toeschreven. Merkwaardig, zei Aristoteles, is het dat ziel als water, als lucht of als vuur beschouwd werd en nooit als aarde. Hij wilde geen van die meningen onderschrijven, en meende in het bijzonder dat water en aarde geen bestanddelen zijn van ziel.

Met het oervocht dat Thales als ziel had aangewezen, was Aristoteles dan ook niet tevreden. De tekst waarin hij Thales' leer bespreekt (*Metafysika* 983b) is voor verschillende uitleg vatbaar. Ik denk dat Aristoteles bedoelde te zeggen dat Thales water als de oorsprong, de *arche* van alle dingen aangewezen had en dat dan zodoende ook vuur uit water

moet voortkomen en door water gevoed moet worden; Herakleitos sloot zich daarbij aan. Deze gevolgtrekking wilde Aristoteles echter voor zielwerkzaamheid niet aanvaarden.

Thales' leer leidde in later eeuwen tot de theorie van het wonderbaarlijke levensvocht (*humor radicalis*; Fernel, XI.19). Aristoteles verwierp zo'n veronderstelling. De water-*arche* en de waterziel volgens Thales wees hij af (zo heb ik hem begrepen).

Vuur is het element dat als levenswarmte in alle roodbloedige dieren optreedt. Met het voedsel komt het vuurelement het lichaam binnen.

Mensen maken met hun instrumenten voorwerpen en deze ontstaan door het bewegen van de instrumenten. Dat bewegen is het actualiseren van technisch kunnen. Materie verkrijgt daardoor een vorm of, anders gezegd, een vorm wordt dank zij het bewegen van het gereedschap aan materie toegevoegd, maar is toch geen bestanddeel van de bewerkte materie.

Zo gaat de voedende ziel in planten en dieren te werk, als een ambachtsman, en met zijn *dynameis* hanteert hij warmte en koude en fatsoeneert voedingsstoffen, zodat zij de juiste vorm en omvang zullen verkrijgen. De voedende ziel werkt steeds onder leiding.

Ziel en vuur zijn weliswaar tezamen werkzaam, maar de bewering van 'sommigen' dat de dierlijke ziel vuur zou zijn of een daaraan gelijk te achten energie (*dynameis*) is veel te vaag en te grof (*De Part. Anim.* 652 b 6). In zijn verhandeling over de ziel geeft Aristoteles een toelichting op die kritiek.

> *Peri Psyches* 416 a (met hulp van Hett en van Creed): 'Empedokles heeft zich vergist toen hij uiteenzette dat de groei van planten, als hun wortels zich neerwaarts verbreiden, voortkomt uit de neerwaartse kracht van de aarde en dat zij opwaarts groeien door de drift van de vuurbeweging. Opwaarts en neerwaarts zijn niet gekoppeld. Boven en beneden is voor alle dingen niet hetzelfde. Het hoofd van de dieren is hetzelfde als de wortels van planten als we organen (*organa*) waarderen en onderscheiden volgens hun functies. Bovendien, wat houdt de elementen vuur en aarde samen als zij in tegengestelde richtingen streven? Zij splijten vaneen als iets dit niet verhoedt. Omdat samengaan vereist is, bewerkt de ziel (*psyche*) de eenheid, die tevens de oorzaak (*aition*) is van groei en van voeding.
>
> Weer anderen menen dat de werkzaamheid van vuur (*puros fysis*) op zichzelf de oorzaak van voeding en groei zou zijn. Het is immers het enige element dat klaarblijkelijk zichzelf voedt en zichzelf doet groeien. Vandaar dat iemand zou kunnen geloven dat vuur zowel bij planten als bij dieren deze verschijnselen veroorzaakt.
>
> Vuur werkt inderdaad wel mee, maar is de enige oorzaak niet. Het is voornamelijk de ziel zelf, want de groei van vuur is grensloos zolang er brandbaars is. Alle dingen die zich van nature samenvoegen tonen een begrenzing, passende maten (*logos megethous*) en groei. Ziel is daar de oorzaak van, vuur niet, een zelfstandig vormende kracht (*logos*) veel meer dan een of andere grondstof (*hyle*).'

Aristoteles bestreed het materialisme als grondslag voor een plantenfysiologie volgens Empedokles. Levende planten zijn meer dan vuur en aarde (en water). Het gedrag van levende materie laat zich slechts begrijpen door begrip van de werkzaamheid van ziel.

Levenswarmte bewijst de aanwezigheid en de werkzaamheid van de ziel. Verwarmde lichaamsmaterie is vereist om de doelstellingen van de ziel te bereiken. Voedsel tot lichaam maken en lichaamsdelen in beweging zetten kan slechts met behulp van lichaamswarmte.

In een andere verhandeling (*Peri Neotètos* 469 b 8 – 470 a 20) legt Aristoteles nauwkeurig uit hoe levenswarmte met vuur vergeleken mag worden: de reacties van brandend materiaal zijn dezelfde als gedragingen van levenswarmte.

Vuur kan verdwijnen door doven of door sterven (*Peri Anapnoes* 474 b 12–24). Doven is vergaan door de botsing van tegenstellingen. Omringende koude zal vuur doven, sneller naarmate vuur gespreid en in kleine stukjes verdeeld wordt. Het doven is een gevolg van een gewelddadige ingreep en dieren sterven evenzo door te grote koude of wanneer zij in stukken gesneden worden. Stervend vuur daarentegen is het gevolg van te grote hitte. Wordt de omgeving van het vuur te heet, dan zal het uitgaan tenzij nieuw brandbaar voedsel verstrekt wordt. Om vuur te handhaven moet men evenwichtig en in gepaste mate koelen.

Daarom hebben roodbloedige dieren hersenen (*De Part. Anim.* 652), want dit verschaft het warmte-koude-evenwicht. Hersenen bestaan uit water en aarde. Bloedloze dieren hebben geen, of vrijwel geen hersenen. Zij hebben immers weinig koeling nodig, omdat zij nauwelijks warm (*oligothermon*) zijn.

De zetel van levenswarmte is het hart en van daaruit voert rood bloed de voor de voeding onmisbare warmte door het lichaam. De ziel bedient zich van die warmte om zijn voedende taak uit te voeren.

Aristoteles had Thales, Empedokles en hun volgelingen bekritiseerd, en meende dat Demokritos de plank ook missloeg. Met een schone formele redenering kon Aristoteles aantonen dat bewegende atomen de lichaamsbewegingen niet veroorzaken. Ziel doet bewegen en lichaamsbewegingen volgen op wilsuitingen, op zielsbevelen (Sokrates had het eertijds uitgelegd; p. 1096).

Uit Platoons zielsbeschrijving volgt, zei Aristoteles terecht, dat ziel uitgebreidheid bezit. Dat is een vergissing. De Platonische theorie suggereert een ruimtelijk statisch Zijn van de ziel en verwaarloost het meest eigene van ziel, het denken. Het laat zich niet ontkennen – de citaten uit *Timaios* (p. 38 – 40, 1100) tonen het aan – dat Aristoteles goede gronden voor zijn kritiek had. Na Sokrates wees hij erop dat denken, *ratio*, een volgorde is, een opeenvolging van fasen in een redenering, een groeiende constructie van logische argumenten, een beweging. Ziel en denken zijn onverbrekelijk verbonden ofschoon, let wel, ziel doet bewegen, maar blijft zelf bewegingloos.

Ongevormde materie, dat wil zeggen materie die de vorm eigen aan een ding niet bezit, heeft in aanleg het vermogen een vorm aan te nemen, beter gezegd, laat zich willig vormen. Tevoren is materie passief, inert, bewegingloos, maar hij herbergt een ziel, een *psyche*. Ontwaakt zal die immanente ziel de materie vormend doen bewegen en het zich vormende ding, of de tezamen zich vormende dingen worden tot organen, tot organismen. Het organisme ontstaat en blijft leven door actieve zielswerkzaamheid. Om orgaan en organisme te worden – dat kan niet gescheiden plaatshebben – heeft materie de daadkracht nodig van meer dan één ziel; elke ziel maakt zich als *causa*, als oorzaak kenbaar.

Elk levend organisme bezit twee eigenschappen: materie en vorm. Elk voorwerp en dus elk levend lichaam is materie waar vorm aan toegevoegd werd. De entelechie gehoorzamend treedt de ziel als vormgever in levende materie op. Ziel maakt zich kenbaar door het verschijnen van vorm. Dit volgt ook, andersom beschouwd, uit deze overweging: ontneem een levend lichaam zijn vorm, en zijn kwaliteit als levend wezen is vernietigd. Kortom, een levend wezen is gevormde materie waarbinnen een onmisbare ziel verblijft, die zich door beweging en warmte manifesteert. Aristoteles formuleerde:

> *Peri Psyches* 412 b 5: 'Ziel is de actualisering en belichaming van natuurlijke organismen (*entelecheia hè prootè soomatos fysikou organikou*).'

Voorts karakteriseren voeden, waarnemen, denken, groeien en bewegen de zielbedrijvigheden. Ziel maakt de eigenschappen die elk levend wezen in potentia bezit tot actuali-

teit, tot act. Maar al is de ziel onmisbaar als voortstuwend en bewegend principe, een niet aflatende, doelgerichte kracht in alles wat leeft, toch is hij niet zelfstandig en oppermachtig, niet bij Aristoteles en evenmin bij Platoon.

Entelechie schrijft in de biologie het doelwit voor aan een sturende en rusteloos werkzame *energeia* in levende wezens. Ziel actualiseert alle potentia's die op stoffelijke basis tot expressie geraken, zodat gevormde organismen in volstrekte doelmatigheid tot wasdom en tot volwassenheid komen. Zo wordt een natuurlijk en volmaakt levensplan door entelechie ontworpen en voorzien, uit materie door *energeia* gemaakt, en de ziel regelt de levenscyclus in overeenstemming en harmonie daarmee.

Ziel doet planten groeien, zich voeden en zich vermeerderen. Dieren kunnen dank zij een meer vermogende ziel bovendien waarnemen, voelen en reageren. Mensen, eigenaars van de meest veelzijdige mensenziel kunnen behalve de genoemde functies uitoefenen, ook overdenken, herdenken en door gedachtenketens tot een abstractie of begrip komen. Aristoteles besloot:

> *Peri Psyches* 415 a: 'De ziel is kracht en kern van ieder levend organisme (*esti de hè psyche tou zoontos soomatos aitia kai arche*).'

De Aristotelische zielen en zieleigenschappen tonen een reeks van toenemende vervolmaking, een hiërarchie. Elke ziel is de vorige met een toevoeging. De hogere ziel kan zonder de lagere niet bestaan die als drager en substraat voor zijn toegevoegde functies optreedt. Lagere zielen kunnen wel bestaan zonder de hogere (X.3).

Een nauwkeuriger definitie of meer details van de zielmodellen wilde Aristoteles niet geven. Wel tekende hij aan dat de hoogst ontwikkelde dieren - die de mens het meest nabij komen - een drieledige ziel hebben (waarnemend, begerend en voortbewegend) en minder ontwikkelde dieren een of twee delen van de genoemde drieledige ziel missen. Slaven zijn mensen, maar hun ziel staat gelijk met die van huisdieren. Huisdieren hebben een weer wat beter toegeruste ziel dan hun wilde verwanten.

> *Peri Psyches* 414 a - 415 a (met steun van Hett, 1936): 'Van de door ons omschreven vermogens (*dynameis*) van de ziel die wij opsomden, staan sommige levende wezens alle, andere slechts weinige, en weer andere maar één ten dienste. De vermogens die wij opsomden zijn voedselopneming, begeerte, waarnemingsvermogen (*aisthetikon*), zich kunnen verplaatsen, bezinning.
>
> Planten hebben slechts het vermogen zich te voeden, andere levende dingen kunnen dat ook en bezitten bovendien waarnemingsvermogen. Met waarnemen gaat begeerte samen en begeerte bestaat uit neiging, wens en hunkering. Alle dieren hebben althans één van de waarnemende vermogens: het tastgevoel (*haphen*). Wie echter kan waarnemen die zal ook vreugde en smart ondervinden, het vreugdevolle en het smartelijke opmerken en al wie deze gevoelens gewaarwordt die kent ook begeerte, want begeerte is het haken naar datgene wat aantrekkelijk is. Bovendien hebben zij het zintuig om voedsel te herkennen, want aanraking verschaft de herkenning van voedsel. Dieren voeden zich met droge of vochtige, warme of koude dingen en door aanraking kunnen zij die alle herkennen.
>
> Andere gewaarwordingen verschaft het tastgevoel slechts na een koppeling met andere, in breder verband. Geluid, evenmin als kleur en geur, heeft geen voedingswaarde. Smaak is echter iets dat de tastzin waarneemt. Honger en dorst zijn begeerten: de eerste een begeerte naar wat droog en warm is en de laatstgenoemde naar wat nat en koud is. Smaak is zoiets als een kruiderij. Later zullen wij deze kwesties nauwkeuriger moeten beschouwen, maar voor het ogenblik constateren wij slechts

dat dieren die een tastzin bezitten eveneens over een begeertegevoel beschikken. Of zij verbeeldingskracht (*fantasia*) hebben, blijft verborgen en moet later onderzocht worden.

Toegevoegd aan deze zintuigfuncties beschikken sommige levende dingen ook nog over het vermogen zich te verplaatsen en nog weer andere, zoals de mens en andere wezens die aan hem gelijkwaardig zijn of die boven hem staan, bezitten denkvermogen (*dianoetikon*) en redelijk inzicht (*noes*).'

Aristoteles maakt duidelijk met een voorbeeld hoe tussen zielen naast verschilpunten een samenhang bestaat. Hij moet aan Platoon (en aan Pythagoras) gedacht hebben toen hij erop wees dat alle meetkundige figuren uit driehoeken bestaan. Met behulp van de driehoek kunnen alle figuren geconstrueerd worden. Al geldt voor elke figuur dat de driehoek zijn grondslag is, toch zou de definitie van een driehoek niet passen op elke figuur. Hetzelfde geldt voor de genoemde zielseigenschappen. Het zou daarom een bespottelijke onderneming zijn te zoeken, in dit geval en in andere gevallen, naar een algemeen geldige definitie die niet of nauwelijks ooit op voorkomende gevallen zou passen, want we beschikken niet over definities die alle verschijnselen afzonderlijk omschrijven.

Het bestel van zielen is nagenoeg hetzelfde als de relaties van de meetkundige figuren. Zowel in de figuren als in de bezielde voorwerpen bestaat het eerdere in potentia binnen het volgende. De vierhoek vooronderstelt een driehoek. Zo is ook het waarnemingsvermogen meer dan het voedingsvermogen. Daardoor moeten wij elk afzonderlijk geval afzonderlijk nagaan. Ten eerste wat nu de ziel is van elkeen, zowel van de plant als van mens en dier.

Peri Psyches 415 a (met behulp van Hett): 'Vervolgens dienen wij te overwegen waarom de zielen een samenhangende reeks vormen. Terwijl zonder de voedende ziel geen waarnemende ziel bestaat, is bij planten de voedende ziel van een waarnemende gescheiden. Voorts bestaat geen van de zintuigfuncties zonder tastzin, maar de tastzin kan functioneren zonder de andere zintuigen. Veel dieren immers hebben geen gezichtsvermogen, kunnen niet horen of ook maar iets ruiken. Niettemin zijn sommige dieren die een waarnemingsvermogen hebben in staat zich te verplaatsen, maar andere zijn aan hun plaats gebonden. Ten slotte zijn levende wezens bij hoge uitzondering in het bezit van redelijk verstand en denkvermogen.

Die stervelingen die over redelijk verstand beschikken hebben tevens alle andere vermogens, terwijl daarentegen bij lange na niet al degenen die van laatstgenoemde vermogens iets bezitten redelijk kunnen denken. Sommigen hebben geen voorstellingsvermogen (*fantasia*), maar anderen leven juist daardoor alleen al. Het vermogen te doorschouwen (*theoretikos noes*) verdient een bijzondere studie. Hieruit blijkt duidelijk dat de begripsomschrijvingen van elk dezer vermogens gebundeld zullen leiden tot de meest nauwkeurige kennis van de ziel.'

Door waarnemingen bij diersoorten gedaan die dit mogelijk maken (kippeëi-onderzoek, p. 62) weten we – zegt Aristoteles – dat van bloeddieren het hart het eerst ontstaat. Daarom zal het hart van bloedloze dieren (waar we het niet kunnen zien gebeuren) ook het eerst ontstaan, althans datgene wat met het hart van bloeddieren overeenstemt.

Peri Neotetos 469 a: 'Het hart is de oorsprong van de bloedvaten zoals wij eertijds in onze verhandeling over de delen van de dieren meegedeeld hebben. Bovendien is bloed voor de bloeddieren het meest volmaakte voedsel; de lichaamsdelen komen er uit voort. Het is duidelijk dat de mond voorziet in de voedselbehoefte en dat

zijnerzijds de maag tevens de voeding verzorgt, maar het hart bevat de heersende stuwkracht en het bewerkt dat het doel bereikt wordt. Bijgevolg ligt het uitgangspunt (*arche*) van zowel de sensitieve als de voedende werkzaamheden van de ziel van de bloeddieren in het hart...'

Het beheerscentrum van de gewaarwordingen (gevoelsprikkels, waarnemingen, 'sensaties', *aistheterioi*) bevindt zich in het hart van de bloeddieren en daar moet dus de plaats van samenkomst zijn van alle ervaringen die de zintuigen opdoen.

Het kan niet anders, verduidelijkte Aristoteles, of de ziel zetelt in het hart. Hij is een *pneuma*, een vleug bovenaardse *aither*. Aristoteles maakte er dikwijls opmerkzaam op dat *pneuma* altijd 'zielwarmte' bevat (bij voorbeeld in *Peri Zoo'oon Geneseoos* 762 a 22). Daarom is de bron van levenswarmte dan ook in het hart. Een zieleigenschap die we vrijwel uitsluitend bij de mens aantreffen, is het verzamelen, bewaren en ordenen van alle gewaarwordingen door alle zintuigen opgedaan.

Zijn zielen sterfelijk? Al schijnt Aristoteles een uitzondering te willen maken voor het denkende deel van de ziel, toch waagde hij zich niet aan al te besliste uitspraken. Hij achtte de overige, niet-denkende zielen of zieldelen zeker vergankelijk, levend slechts zolang het organisme leeft. Frederik II experimenteerde zestienhonderd jaar later om nauwkeuriger informatie op dit stuk te krijgen (p. 155).

De ziel zetelt in het hart, regelend, beherend. Aristoteles besloot echter om biologische redenen dat ziel toch ook overal in het lichaam aanwezig is, steeds echter in die mate en zodanig als lichaamsfuncties ter plaatse vereisen.

Omdat het niet mogelijk is hier Aristoteles' kritische samenvatting van de bestaande zieltheorieën weer te geven, noteer ik uit *Peri Psyches* (I.v) het volgende.

Kunnen zo talrijke verschillende levensuitingen alle door één ziel behartigd worden of zijn bijzondere zielorganen elk belast met een eigen taak? Denken met het ene zieldeel en begeren, bij voorbeeld, met een ander zieldeel? Dit laatste is onlogisch: ziel houdt de lichaamsorganisatie bijeen, doet het geordend samenwerken van alle lichaamsdelen voortduren.

Een stuk van een plant afgesneden leeft zelfstandig verder, van sommige insekten (*entomos*) die in stukken verdeeld worden, sterven de delen evenmin. De delen tonen dezelfde zielactiviteiten als het geheel. Dan moeten de stukken ook bezield zijn, met dezelfde zielkwaliteit, ofschoon niet gelijk in kwantiteit. Hoe dan ook, de insektestukken zijn prikkelgevoelig en bewegen nog enige tijd, en dat zij niet alle levensuitingen meer vertonen die het hele insekt eigen waren, spreekt vanzelf, want zij missen enige organen. De twee halve insektezielen zijn onderling gelijk van aard (*homoièdes*) en ook gelijk van aard met de hele insekteziel. Dat betekent dat de ziel in zijn hele bereik ondeelbaar is en zijn functies lokaal verschillen, maar onafscheidelijk samenwerken. Ziel is onverdeeld in esse, maar kan zich delen in potentia. Zevenhonderd jaar later kon Augustinus, de theoloog, hetzelfde probleem niet meer meester worden (p. 1129).

Tweemaal in de geschiedenis van de biologie heeft een vereniging van de zielen binnen één organisme plaats, de eerste maal door Aristoteles die de Platonische zielen tot één ondeelbaar samenhangende ziel maakte. De fraaiste en meest universele biologie van de Oudheid, de Aristotelische, ging daarmee gepaard. De tweede maal in de Renaissance, toen de biologie zich Dante's visioen eigen maakte. De fraaiste en meest universele anatomie (Vesalius) en fysiologie (Fernel) gingen daarmee gepaard. In de periode van het isolement der christenziel van de klassieke zielen (begin jaartelling tot Renaissance) ontwikkelde de biologie zich niet of nauwelijks.

Ten slotte nog twee onmisbare teksten (vertaald met hulp van Tricot en Smith & Ross). De eerste is een opsomming van diereziel-eigenschappen die, hoezeer Aristoteles' gezag in de loop der eeuwen mocht rijzen of dalen, algemeen, door dom en geleerd, aanvaard bleef. In de 17e en 18e eeuw (Verlichting) benutten denkers, dichters, theologen, kunstenaars en biologen de Aristotelische dierpsychologie met graagte. De tweede is een der grondslagen van de moderne vergelijkende psychologie of zielsleer.

Hist. Anim. 488 b 10–25: 'Wat hun natuurlijke geaardheid aangaat tonen de dieren de volgende onderlinge verschillen. Sommige zijn zachtzinnig, traag en in het minst niet stijfkoppig, zoals de koe. Andere zijn prikkelbaar, weerbarstig en ontembaar, zoals het everzwijn. Weer andere verstandig en vreesachtig, zoals het hert en de haas. Nog andere doortrapt en verraderlijk, zoals de slangen. Andere edelmoedig, vol durf en adeldom, zoals de leeuw. Nog andere zijn rasecht wild en onbetrouwbaar, zoals de wolf, die een dier van goede huize is en de aard die hem eigen is onversneden handhaaft.

Sommige dieren zijn tot alles in staat en deugnieten, zoals de vossen. Andere zijn goedhartig, toegewijd en aanhalig, zoals de honden. Weer andere gedwee en gemakkelijk te dresseren, zoals de olifanten. Nog andere wantrouwig en waakzaam, zoals de ganzen. Nog andere jaloers en ijdel, zoals de pauwen. En van alle dieren is alleen de mens in staat zich te bezinnen.'

Hist. Anim. VIII, i 588 a 19 – b 4: 'Bij de meeste dieren bemerken wij aanduidingen van eigenschappen of geaardheden van de ziel die zich bij de mens in grotere verscheidenheid en meer gedifferentieerd manifesteren. Gedwee of weerbarstig, zachtaardig of agressief, moedig of laf, vreesachtig of ondernemend, vastberaden of wispelturig en wat denkvermogen aangaat, een mate van schranderheid. Ziedaar een serie eigenschappen die op de menselijke gelijken, die wij bij allerhande dieren aantreffen en die tegelijk de lichamelijke gelijkenissen waarover wij gehandeld hebben [in voorafgaande boeken] in herinnering roepen.

In vergelijking met de mens zijn sommige van de genoemde eigenschappen of karaktertrekken bij de dieren in meer of mindere mate aanwezig. Van de mens uit beoordeeld is het niet anders gesteld onder dieren (enige eigenschappen van deze aard vinden we, in feite, veel krachtiger bij de mens, maar andere, integendeel, veel krachtiger bij dieren). Met betrekking tot weer andere eigenschappen blijft het bij een oppervlakkige overeenstemming. Datgene bij voorbeeld wat onder mensen kunst, wijsheid of wetenschap heet, is slechts bij weinige dieren aanwezig als een verwante natuurlijke aanleg.

De waarheid van deze opvatting blijkt onmiddellijk uit het gedrag van kinderen. Bij het kind laten zich de voortekenen en kiemen van zijn karaktertrekken in later jaren waarnemen, terwijl in die levensfase nauwelijks enig verschil bestaat tussen de *psyche* van een kind en van een dier. Op redelijke gronden is het volkomen aannemelijk dat van mensen en dieren sommige gemeenschappelijke geaardheden dezelfde en andere verwant zijn en ten slotte nog andere uiterlijk op elkaar lijken.'

Tot omstreeks het begin van de 17e eeuw kreeg ziel in biologische verhandelingen niet zelden de voorrang boven materiegedrag. Hoewel Aristoteles veel aan gezag had ingeboet, behield zijn mening over ziel en zieleigenschappen aanhangers. Gewoonlijk aanvaardden de Aristotelianen de drie vroeger vermelde, aan levende wezens eigen zielen (o.a. *De Part. Anim.* I, i 641 a en b):

1. de groei veroorzakende, voedende en vegetatieve ziel;

2. de gewaarwordende, reagerende ziel;
3. de kennis en inzicht verschaffende, verstandelijke of noëtische ziel.

Vaak wilde men bovendien nog een vierde ziel onderscheiden, een lichaamsbewegingen- en verplaatsing-bewerkende ziel, en soms zelfs nog een vijfde, een wensen-opwekkende en strevende ziel. Planten hebben slechts (1), de *anima (psyche) vegetativa* (of *nutritiva*). Dieren hebben (1), (2) de *anima (psyche) animalis* en meestal ook (4) de *anima locomotrix* ter voortbeweging. Mensen hebben vijf zielen, allereerst de drie algemeen erkende (1), (2) en (3) en vervolgens de *locomotrix* en ten slotte de *anima appetitiva* (5). De laatstgenoemde zou men ook bij dieren verwachten, maar het strevende wordt, als het mensen betreft, gewoonlijk op hogere waarden dan voedsel of sekse gericht, dus op ethische of religieuze doelstellingen.

Ik teken aan dat, ofschoon de 20e eeuw deze zielen alle (voorgoed) heeft uitgebannen, zij tenminste 20 eeuwen lang de levenverschijnselen aan biologen (en anderen) konden verklaren, al veranderden in die periode de opvattingen over hun aantal, aard en vermogen dikwijls.

Een nooit geheel opgelost probleem is gebleven of Aristoteles de noëtische ziel als immanent of, naar Platoons oordeel (*Timaios* 69 c; Staat IV, 436 a), als van buiten afkomstig toegevoegd aan de mens beschouwde: een verschil met zeer zeer grote gevolgen. Pater J.M. Le Blond (1945), die het probleem diepgaand bestudeerde, denkt het laatste. Hoe dan ook, christenbiologen hebben over deze kwestie honderden jaren getobd en duizenden pagina's geschreven.

Bij Platoon zijn ziel en lichaam wezenlijk verschillend en moet de ziel tegen heug en meug enige tijd in een (menselijk) lichaam verblijven. Hij komt van hoger, van elders, is een in een lichaam geplaatste goddelijke substantie. Aristoteles bond ziel aan de materie van het levende lichaam: ziel is immanent, althans bij plant en dier en zeker grotendeels ook bij de mens. Denkvermogen, bezinning en waarnemingsvermogen zijn immateriële eigenschappen van materie, van een deel van het lichaam van de levende mens. Zo is de scherpte van een bijl een eigenschap van materie die bijl is, een eigenschap die zich niet van brons of ijzer scheiden laat. Scherpte is een kwaliteit van de (bijl)vorm en maakt de functie van het zo gevormde metaal mogelijk. Op levende materie overgebracht is het gezichtsvermogen van een oog te vergelijken met de scherpte van een bijl, een zielseigenschap gebonden aan een levend orgaan.

In het eerste boek van zijn Staatkunde vatte Aristoteles de functies van de mensenzielcomponenten samen: 'Ziel bestuurt het lichaam zoals een gezinshoofd, en *ratio* bestuurt het menselijk streven, zoals een staatsman of een koning.'

Ten slotte citeer ik de tekst die Descartes de aanloop zou bieden voor zijn fameuze zielpijnappelklier-theorie.

> *Peri Neotetos* 469 a 24 – b 1: 'Het blijkt uit de levensverschijnselen en volgt uit onze beschouwingen, dat de bron (*arche*) van de zowel uit indrukken voortkomende krachten als van de groeiverwekkende en voedende krachten der ziel hier [hart] gehuisvest is, dat wil zeggen centraal ten opzichte van de drie lichaamsgedeelten [hoofd, borst, buik]. Dit blijkt ook uit de logische overweging dat wij de natuur [*fysis*] steeds alles op de beste en mooiste manier tot stand zien brengen. Als immers de bron van de tweeledige zielwerkzaamheid in het centrum ligt, dan zullen de voorzieningen zowel voor het verwerven als voor het verwerken en het vervoer naar zijn bestemming van voedsel wederzijds tot het beste resultaat leiden. De ziel zal zowel nabij de een en nabij de ander zijn en zijn centrale plaats zal hem, als bestuurder,

van pas komen.'

Hiermee moet ik volstaan en ik noem nog in het bijzonder het nut dat ik ondervond van D. Ross' boek over Aristoteles (1923), van Hetts uitgave van *De Anima* en van *Parva Naturalia* (1936) en van Renford Bambroughs bloemlezing (1963).

7. Leerlingen van Aristoteles in de 4e eeuw v. Chr.; Het Pyrrhonisme

In de 4e eeuw werkte Xenokrates van Chalkedoon (ca. 400–314) de zielsleer van de Pythagoreeërs met Platonische kleuren uit, begrijpelijk, want hij was sinds 339 hoofd van de Akademia als opvolger van Speusippos (p. 37, 44) en hij had jaren tevoren samen met Platoon in Zuid-Italië en Sicilië de volgelingen van Pythagoras ontmoet. Naar verluidt schreef Xenokrates zestig verhandelingen o.a. over de natuur, maar vrijwel niets bleef behouden. Toch weten wij dat hij besloot dat 'ziel' getalmatig is. Rekenkundige verhoudingen, eeuwig geldige wiskundige wetten doen dierlijke lichamen harmonieus functioneren zo lang zij leven. Zijn standpunt past zonder haperen in de biologische denktrant van de 20e eeuw. Xenokrates kon verzekeren dat ziel abstract, geen materie, zonder zichtbare vorm en eeuwig onveranderlijk is, zoals getallen.

Halverwege de 4e eeuw kregen de geschriften van Dikaiarchos van Mykene (of volgens anderen van Messina (Sicilië); 375/347 – ca. 285) veel aandacht. Hij was een veelzijdige, zeer vruchtbare Griekse geleerde die tot de peripatetische (p. 46) school gerekend wordt. Na zijn studies in het Lykaion bij Aristoteles was hij jarenlang in Sparta werkzaam.

Op de wereldkaart die hij getekend had, zette Dikaiarchos twee kruisende lijnen; Rhodos was het snijpunt. Eén lijn heette *diafragma*, zodat de wereld zoals een lichaam door het middenrif in twee helften gescheiden werd.

Eén van zijn verdwenen verhandelingen wordt met de titel *Peri Psyches* aangeduid en moet een zielstudie geweest zijn. Bij monde van een zekere Ferekrates, die hij in een dialoog liet optreden, verklaarde Dikaiarchos dat noch in de mens, noch in dieren een redelijk denkende geest (*animus*) of een van het lichaam afscheidbare ziel (*anima*) verblijft. Wat mensen en dieren doen, denken of voelen, komt uit het lichaam voort dat als een eenheid begrepen moet worden en niet als een mengsel van ziel en materie. In het levende lichaam is een *anima* of levenskracht werkzaam, tijdens het leven en daartoe beperkt; *vis vitalis* zouden latere biologen die kracht noemen. Dikaiarchos verschilde dus van opinie met zijn leermeester en boog daarmee de peripatetische leer in de richting van een nieuwe filosofie, namelijk het stoïcisme, dat in zijn dagen snel aanhangers won en dat vele eeuwen nadien wijsgeren en biologen sterk bleef beïnvloeden. Dikaiarchos liet de ziel sterven samen met zijn bezitter en sindsdien bleven veel materialisten die mening toegedaan. Lucretius (p. 91) zou drie eeuwen later dichterlijk een blijvende impuls aan dat standpunt geven. Nog in de 18e eeuw verschenen talrijke publikaties over 'animantia', dieren met een *anima* die daarom wel bezield zijn, maar slechts een zintuig- en lichaamsfuncties-verrichtende ziel bezitten, géén *animus*.

Aristoxenos van Tarente (ca. 370–300), evenals Dikaiarchos een leerling van Aristoteles, had een grote reputatie als een vernieuwende componist. Hij schreef bovendien honderden studies over vele verschillende onderwerpen. Hij was wijsgeer, biograaf en Platoonkenner, en hij vond dat Dikaiarchos' zielomschrijving te kort schoot. De waarheid vindt men tussen Xenokrates en Dikaiarchos in, meende hij. Natuur en lichaam zijn op elkaar

afgestemd en onderhouden harmonieuze betrekkingen. Zij gedragen zich zoals de muziek, die volgens wetmatigheden samenklinkend uit gespannen snaren van verschillende lengte voortkomt. Aristoxenos beriep zich daardoor eigenlijk op de Pythagorische zielsharmonie, die hij ongetwijfeld bij Aristoteles had leren kennen (*Peri Psyches* 407 b 27). Toch legde Aristoxenos er de nadruk op dat de welluidende zielsmuziek verstomde als het lichaam stierf. De lichamelijke dood is de harmonische dood en het einde van het bestaan van de ziel. Platoon had ongelijk, moet men besluiten, en Sokrates ook.

De 4e eeuw v. Chr. was het tijdvak waarin het Pyrrhonisme ontstond, een leer die het biologische denken de eeuwen door bleef vasthouden naast zijn verreikende invloeden daarbuiten.

Van Pyrrhoon van Elis (360/350–300/257) die, na bij Demokritos gestudeerd te hebben met Alexander de Grote India bezocht (ca. 326), bleven geen geschriften bewaard. Goede argumenten zijn beschikbaar om te beweren dat hij na zijn tropenreis zijn wijsgerige inzichten grondig wijzigde.

Pyrrhoon constateerde dat wat met kracht van bewijsgronden als waarheid gold, om even degelijk gefundeerde redenen, dikwijls in het tegengestelde verkeerde. Welke stelling men ook betrekt en verdedigt, steeds blijven geduchte tegenwerpingen mogelijk en vaak zijn zij doeltreffend en krijgen zij de overhand.

Het is het gevolg van de scheiding tussen *fysis* (natuurgebeuren) en *nomos* (de door mensen gegeven interpretatie van natuurverschijnselen). *Fysis* en *nomos* staan niet in relatie. Mensenwaarheid is daardoor subjectief, nooit absoluut, en een middel of methode om *fysis* te doorgronden staat de mens niet ter beschikking. Onze waarheden zijn niets meer of anders dan op gewoonte, op ervaringen steunende overtuigingen.

Pyrrhoon voerde tien *tropoi* aan om die conclusie te schragen, tien omklede redeneringen waaruit moet blijken dat zekerheid, 'waarheid', onbereikbaar is. Geen middel of mogelijkheid om ware oorzaken of het wezenlijke van verschijnselen, levensuitingen, vast te stellen. De wijze beseft dit en berust (*apatheia*), en zonder vreugde of smart bewoont hij zijn eigen wereld op afstand van *fysis* (*ataraxia*). Het enige dat ons mensen desgewenst overblijft, betoogde Pyrrhoon, is langdurig onderzoekend en bezinnend waarnemen (*skepsis*). Hij werd de stichter van de school der Skeptici.

Terwijl de invloed van Sokrates' methode op Pyrrhoon onmiskenbaar is, herinneren zijn standpunten aan die van Oosterse wijsgeren.

Het behoud van brokstukken uit het werk van Pyrrhoon en zijn school danken wij aan Sextus Empiricus, de 3e-eeuwer wiens ware naam onbekend is, maar die zeker van Griekse herkomst was en ook Sextos Empeirikos genoemd werd (p. 108). Nog zeven eeuwen later maakte Fotios, Byzantijns patriarch van de 9e eeuw, gegevens bekend over Pyrrhoon en Sextus.

Wie de geleerde en gelovige wereld bewijsgronden voorhoudt ten aanzien van onbereikbare zekerheid voor het menselijk weten, kan rekenen op gure tegenwind. Fotios werd uit zijn ambt ontzet door het tweede concilie van Constantinopel (869); zou Pyrrhoon de aanleiding geweest zijn? Het *Myriobiblion* (Fotios' overzicht van de antieke literatuur dat in 1601 gedrukt werd) bevat gegevens over de vroege biologie die op nadere studie wachten.

Sextus, van zijn kant, schreef drie 'boeken' over de leer van Pyrrhoon (*Pyrrhonioon Tropoi*) en elf 'boeken' tegen alles wat naar geleerdheid zweemde. Ik wed dat Basileios aan hem gedacht heeft toen hij minachtend alle Griekse wijsheid afwees (p. 119).

Of een uiterlijke gedaante, een verschijnsel, natuurgetrouw is, werkelijk weergeeft wat

het schijnt te zijn, is onzeker, verklaarde Pyrrhoon, tenzij toetsing mogelijk is. Slechts indien wij Sokrates persoonlijk kennen is het mogelijk te weten of zijn portret een goede gelijkenis is. In het algemeen beschikt een waarnemer niet over een maatstaf ter verifiëring.

Over Pyrrhoons mening aangaande 'ziel' weet ik niets (misschien schreef hij daar niet over), maar zijn invloed op het biologische denken moet hier gesignaleerd worden. Als voorbeeld noemde ik Galenus' kritiek op de Skeptici al (p. 108). Na perioden van een ondergronds voortbestaan, afgewisseld door tijden van voorzichtige belangstelling, herleefde het Pyrrhonisme in de 18e eeuw en won tijdens de Verlichting, vooral in Frankrijk, veel aanhangers. Het bleef een wijkplaats voor al degenen die zich gesteld zagen voor vragen die zij niet wilden beantwoorden (agnosticisme).

Arkesilaos van Pitane in Aiolis (ca. 316 – ca. 214) verklaarde elk vaststaand oordeel ongeldig en toonde zich daardoor een goede leerling van Pyrrhoon. Het moet bij een afwegen blijven als men een vraagstuk beantwoorden wil, bij een zo goed mogelijk doordachte argumentatie pro en contra. Dan wordt duidelijk, betoogde Arkesilaos, dat de kennis van het wezen der dingen steeds terugwijkt en het onmogelijk is naar volle waarheid te begrijpen (*akatalepsis*), maar desondanks kan een oordeel een redelijke mate van waarschijnlijkheid verwerven.

Dit is de grondslag voor de leer van het probabilisme in de biologie, een benadering die biologen sindsdien, al dan niet van harte, dikwijls aanvaardden. Het is tevens de formulering die op de resultaten van proefondervindelijk biologisch onderzoek past, want bijna elk onderzoek levert gegevens die de begrenzing van de vraagstelling ontsnappen dan wel overschrijden.

Een volgende stap in de geschiedenis van het Pyrrhonisme brengt ons bij Ainesidemos van Knossos (levensdata niet bekend) die omstreeks het begin van onze jaartelling in Alexandrië doceerde. Hij droeg bij tot het leggen van de fundamenten voor moderne wetenschappelijke opvattingen en voor de biologie.

Evenals Pyrrhoon en Arkesilaos wees Ainesidemos erop dat het uiterlijk der dingen en gebeurtenissen onze enige en ontoereikende werkelijkheid zijn. De mens kan de oorzaken van de levensuitingen (*ta phainomena*) niet peilen.

Leer uit Pyrrhoons *Tropoi* het menselijk kenvermogen met wantrouwen te bejegenen. Uitwendige en herkenbare verschijnselen, tekens of symptomen, helpen niet om de ware oorzaak op te sporen. Bedenk toch, legde Ainesidemos uit, dat alle waarnemers met dezelfde opleiding en met een gelijk waarnemingsvermogen die hetzelfde zien – en dus kennis nemen van dezelfde symptomen – dan ook unaniem tot hetzelfde besluit zouden moeten komen. Dit blijkt geenszins het geval te zijn. Dokters met dezelfde inzichten en uit dezelfde leerschool constateren een verhoogde kleur, hogere temperatuur, een vochtige huid, een versnelde pols. Herofilos ziet in zo'n situatie de symptomen die een goede kwaliteit van het bloed kenmerken en Erasistratos verklaart dezelfde verschijnselen door de snellere bloedpassage van de aderen naar de slagaderen. En Asklepiades – de atomist – ontdekt hier, zei Ainesidemos, nu juist een bewijs dat de kleinste deeltjes in de atomaire tussenruimten te veel druk uitoefenen (p. 85). Het stoort hem bij die bewering niet dat die deeltjes en die tussenruimten zo uitermate klein zijn, dat onze zintuigen hen niet gewaarworden en slechts ons verstand hen kan veronderstellen.

Uit deze beschouwingen van Ainesidemos ontwikkelde zich terstond de Skeptische leerstelling dat tweeërlei verschijnselen zich aan ons voordoen: die op bevinding en erva-

ring steunen, en andere die aanduidingen zijn. Als in het verleden twee verschijnselen gekoppeld optraden, bij voorbeeld rook en vuur, een litteken en een wond, een steek in het hart en de dood, dan mogen wij later als het ene symptoom zich meldt besluiten dat het begeleidende verschijnsel ook aanwezig was, zelfs al was het onwaarneembaar.

Met de aanduidende tekens is het heel anders gesteld, zei Ainesidemos. Als een of ander symptoom of teken een oorzaak suggereert, maar die oorzaak of het veroorzakende voorwerp nooit waargenomen werd, behoort het tot een onbekende, ondoorvorste wereld en is het zonder bewijskracht. Al beweren de Dogmatici (Stoïcijnen), om maar iets te noemen, vervolgde Ainesidemos, dat de lichaamsbewegingen het bestaan van een ziel bewijzen dan missen zulke verklaringen iedere bewijskracht, want daaraan gekoppelde ervaringsfeiten zijn niet beschikbaar. Ziel is onbewijsbaar en wij mogen, raadde Ainesidemos aan, besluiten dat nadenken over een buiten ons kenvermogen liggende onzekerheid tijd vermorsen is. Hij is de grondlegger voor de 20e-eeuwse semiotiek, de leer van de relaties tussen verschijnselen en oorzaken, een kernvraag in de moderne ethologie.

Theofrastos (I.16) volgde Aristoteles, die Thales' bezielde oervochtigheid had afgewezen, niet. Planten leven zoals dieren (*Peri Fytoon Hist.* I, ii 4–5), vooral door vocht en warmte, zodat iedere levende plant over iets natuurvochtigs en natuurwarms beschikt (*hygrotèta kai thermotèta symphyton*). Schieten die door verbruik tijdens het leven op den duur te kort, dan volgen ouderdom en verval; ontbreken zij, dan volgen verleppen en de dood. Tot zover stemde Theofrastos met Aristoteles in, maar daarna ging hij een eigen weg.

Het oerlevensvocht (*humidum primigenium, humor radicalis*) van planten, verklaarde Theofrastos, is ondefinieerbaar, maar van dieren is het gelijk te stellen met rood bloed, of een bestanddeel daarvan.

In plantezaden zijn natuurvocht en -warmte al aanwezig en als zij ontbreken zal het zaad niet kiemkrachtig (*agonè*) zijn, evenmin als eieren met hetzelfde gebrek (*Peri Fytoon Hist.* I, xi 1). Theofrastos erkende in feite de zielfunctie van het oerlevensvocht. Waar het planten betreft is het vocht een koppeling van water en vuur die samen levendragers zijn, en in het zaad de levenskiem. Zij vertegenwoordigen 'voedende ziel'.

8. Denkkracht, dichterschap en daden der atomen; Lucretius

Lucretius' leerdicht uit de 1e eeuw v. Chr. wordt genoemd in II.10. Epikoeros, de vastberaden bepleiter van de waarheid van de waargenomen wereld en zijn harde feiten, was Lucretius' leidsman. Daarnaast is de atoomleer van Demokritos (en Leukippos?) verder en verfijnd in *De Rerum Natura* uitgesponnen, het manifest van Lucretius' ter verklaring van de dode en de levende natuur. Zijn zieltheorie is in zoverre nauw verwant aan de Hippokratische, dat ziel geldt als de levensdrager, die stoffelijk moet worden begrepen en toch ook onstoffelijke vermogens bezit.

Alle dingen, alle natuurlijke gebeurtenissen, zijn het gevolg van de eigenschappen van de atomen, die Lucretius *primordia rerum* noemde, grondstof en grondslag van alles, concreet en abstract. Het zijn onvergankelijke, massieve, ondeelbare partikeltjes, eeuwig en altijd bewegend, onbegrensd in aantal. Verschillende vormen en afmetingen karakteriseren atomen met een bepaalde functie.

Zwevend in een leeg en onbegrensd heelal vallen de atomen, alle even snel ofschoon het gewicht onderling verschilt, want in de lege ruimte is geen remmende weerstand. Om-

dat heel kleine richtingswijzigingen (*clinamen*) tijdens de vrije val optreden, kunnen atomen samenklonteren en ontstaan voorwerpen, concreties, materie.

Een voorzienigheid, een Intelligentie die de kosmos maakte en bleef besturen, die een onstoffelijke, onsterfelijke ziel in levende wezens plantte, is niets dan een illusie, niets dan een concept ontstaan uit menselijke verbeelding. Kennis is het gevolg van zintuiglijke waarneming en van niets anders. Kennis van de buitenwereld is het gevolg van atoombewegingen: in de zintuigen aangekomen atomen botsen op de daar al aanwezige atomen, met het resultaat dat zich beelden vormen gelijk aan de voorwerpen die de nieuw aangekomen atomen hebben uitgezonden. De zo verkregen ervaringswereld verschaft inzicht. Het leidt niet tot inzicht over diep verborgen waarheden, indien die er al zouden zijn, maar tot de werkelijkheid die op de greep ligt, die meetelt.

De mechanistische uiteenzetting die Lucretius geeft over de visuele waarneming en het misverstand 'onstoffelijke ziel' is zo leerzaam dat ik deze in enig detail vermeld (*De Rer. Nat.* IV: 25–135).

Huidjes of uitermate dunne vliesjes laten los van alle dingen, voortdurend. Die atomaire buitenlaagjes zweven weg, door eigen atoomdrift en op de wind, terwijl de beeltenis van het voorwerp behouden blijft. Het zijn uiterst fijne afdrukken of replica's van contouren die de mens, slapend of wakend, angst kunnen aanjagen, schimmige gedaanten, men zou kunnen geloven uit de onderwereld ontsnapte zielen. Het kan leiden tot de veronderstelling dat na onze dood iets van ons, lichaam of ziel, zou kunnen voortbestaan.

Zelfs domoren kunnen die eeuwige vervelling der dingen begrijpen. Bedenk dat uit smeulend hout rook kringelt. Dat is wegdwarrelend hout en het beeld dat de houtdeeltjes meedragen, vervliegt in dit geval. Bij andere gelegenheden wordt het uiterlijk veel beter vastgehouden. Met tussenpozen verlaten krekels in de zomer hun langwerpige keurslijf en kalveren stoten de vliezen af die hen bij de geboorte omsloten. We zien afgestroopte slangehuiden fladderen aan de doornstruiken. Als nu die steviger omhulsels afgelegd worden, wat zou dan nog veel dunnere vliesjes kunnen beletten van de voorwerpen los te laten? We weten toch dat alle oppervlakten uit heel fijne partikeltjes bestaan die gemakkelijk wegvliegen, zonder dat hun rangschikking daarbij wijziging behoeft. Omdat naar verhouding maar weinig talrijke, slechts aan de buitenkant gelegen partikeltjes hierbij betrokken zijn, heeft dit zonder onderbreking plaats. Iedereen kan het zien. Let eens op de in de wind bollende en vervlakkende zeildoeken – gele, rode en blauwe – boven op de theatermuren, hoe zij kleurige vlekken uitstrooien over alles beneden hen.

De natuurgetrouwe maar uiterst vergankelijke afbeeldingen van de wereld rondom ons, nemen wij waar omdat zij onze zintuigen binnenkomen. Hoe fijn en vluchtig de beeldatomen zijn kunnen we ons voorstellen door te bedenken dat diertjes leven zo klein dat hun lichaamsdelen nog voor geen derde deel zichtbaar zijn. Hoe klein moeten hun oog, ingewanden en lichaamsbestanddelen dan niet zijn. En hoe allerkleinst de atomen van geest en ziel.

Het redelijke verstand, de denkende geest (*animus*, *mens*, mind) bestaat uit de fijnste, gladde en ronde atomen en verwerft daardoor een beweeglijkheid en smijdigheid die grovere en ruwe atomen zouden schaden. De geest weegt niets. De lichamelijke dood gaat gepaard met de geestelijke en het lichaam verliest daardoor geen gewicht. Voor *anima* (*spiritus*), de ziel, gelden overeenkomstige eigenschappen. Ziel is uiterst fijne partikeltjes, aan alle organen en lichaamsmaterie verbonden. De dood van de *anima* is met smaak- of geurverlies te vergelijken. Smaak en geur verdwijnen mettertijd uit wijn en uit spijzen, maar hun gewicht verandert niet. Aldus Lucretius.

Een kleine onzekerheid laat zich bij deze Lucretiaanse uiteenzetting niet onderdrukken. Als de stoffelijk-atomaire *animus* en *anima* tegelijk met hun verblijf het lichaam sterven, waarom zouden zij dan niet, althans voorlopig, blijven waar zij woonden? Het dode gewicht zou dan vanzelfsprekend gelijk blijven aan het levende. Hoe kwam Lucretius ertoe het gewicht van de levendragers te koppelen aan een uiterste fijnheid van de partikeltjes? Gewicht komt toch allereerst voort uit het aantal partikeltjes en niet uit hun grootte. Het verlaten van het dode lichaam moet afgeleid worden, naar pas later blijkt, uit de ontbinding van het organisme.

Lucretius had geconstateerd dat levende (zoogdier)lichamen afkoelen na de dood. Warmteverlies zou het vertrek van de geest en de ziel kunnen aanduiden. Al blijkt nergens dat hij dit zo bedoelde, men zou kunnen vermoeden dat het warmteverlies een bewijs voor het afscheid van ziel en geest kon zijn. Toch blijft ook dan nog een schoonheidsfoutje over: warmte is slechts één van de vier bestanddelen van geest en ziel. Ik denk dat Lucretius nog besmet is geweest met sporen uit een spiritueel verleden en mijn verdenking vindt steun door zijn herhaalde dichterlijke beschrijving hoe ziel als de dood intreedt, zoals een rook of damp hemelwaarts beweegt.

Hoog en ver van het menselijk bestaan, in de lege ruimten van het heelal, leven de goden, die noch met het begin noch met het einde van onze wereld van doen hebben. De aarde en al wat daartoe behoort ontstond door het samenballen van atoomwolken. De goden zijn niet bij machte de natuur te regelen en begeren dit ook niet. Zij leven in serene kalmte, zichzelf genoeg, onbenaderbaar door menselijke vermogens. Dit verhindert Lucretius niet de majesteit der goden in de natuurverschijnselen weerspiegeld te zien, een schoonheid die hem tot verrukte maar bezonnen bewondering brengt.

Evenzeer als *animus* (of 'mens') bestaat *anima* (of levensgeest) uit een mengsel van warmte, stilstaande en bewegende lucht, en een vierde bestanddeel, een *quarta natura*. Aard en aandeel in de samenstelling van die vierde natuur laat Lucretius onbesproken. Ik kan niet anders dan aan *pneuma* denken.

Vergist u niet, waarschuwde Lucretius, door te geloven – zoals de Pythagoreeërs en Aristoxenos deden – dat ziel en lichaam *in harmonia* leven en dat het levende lichaam en de ziel geheel en al samenstemmen. Disharmonieën komen voor.

Animus en *anima* zijn onafscheidelijk verbonden en vermengd. Zij uiten zich beide, maar in verschillende mate al naar de variaties in het mengsel en dit wijzigt zich afhankelijk van de plaats in het lichaam. Voor het hele lichaam en in het algemeen is echter *animus* dominerend. Bewustzijn, verstand (*animus*) en gevoelens (*anima*) zijn *in media regio pectoris* gevestigd, in het midden van de borst; dat moet dus wel het hart zijn. Aristoteles had het ook vastgesteld, maar ik trof in Lucretius nergens een bronvermelding aan, ongetwijfeld omdat dit in zijn gekunstelde stijltechniek weinig paste.

Van het hart uitgaande doorsijpelt *anima* onaantastbaar, evenwichtig, ongrijpbaar, het hele lichaam en houdt voortdurend voeling met *animus* om bij schrik, liefde, pijn en andere emoties samen op te treden.

Animus en *anima* zijn volgens Lucretius goed onderscheiden en onontwarbaar vermengd, een wervelende, beweeglijke massa samengesteld uit *animus*- en *anima*-atomen. Zij gaan samen en leven in ononderbroken symbiose; indien de een te gronde gaat kan de ander niet voortbestaan.

Door Lucretius' zielbiologie (*De Rerum Natura*, boek III, vs 94–829, en talrijke andere plaatsen in het leerdicht) in zijn geheel te citeren, zou blijken dat na de verschijning van zijn standaardwerk achttien eeuwen lang vele biologen daar rechtstreeks uitspraken aan

ontleenden of meningen op steunden. Ik zag mij gedwongen slechts één passage te kiezen (vs. 446–460). Deze passage verduidelijkt onder meer dat Lucretius – de heraut van het materialisme – op goede gronden als een voorman van het vitalisme kan worden begrepen (zodat zijn verschijning in latere vitalistische vertogen niet ongebruikelijk is).

'Zo zien wij dan dat geest en lichaam samen
Ontkiemen, samen groeien en verouderen.
Een kind met zwak en kwetsbaar lichaam zoekt
Zijn weg onzeker. Zijn begin van weten volgt
Dat slingerpad. Als de tijd de lichaamskracht
Vergroot heeft blijken inzicht, kenvermogen,
Krachtiger. Als op 't lest de loop der tijd
Het lijf zijn stoere kracht ontroofde,
Gewrichten strammer maakte, strompelt het vernuft.
Spraak en geest verdwalen, kwijnen en
Bezwijken tegelijk. Dan moet de ziel natuurlijk
Ook ontbinden en als rook verdwijnen in de
Hoge lucht. Wat tegelijk ontkiemd'en groeide
Gaat tezaam te gronde door de druk der jaren.'

Bij geruchte zou Cicero (106–143), Lucretius' tijdgenoot, de uitgave van *De Rerum Natura* bevorderd of zelfs verzorgd hebben. Het is niet waarschijnlijk, want tien jaar na Lucretius' dood schreef Cicero een verhandeling over de ziel (in Gesprekken te Tusculanum; 45 v. Chr.), waarin Lucretius niet wordt genoemd (ofschoon Cicero hem in een brief hogelijk had geprezen).

Cicero maakte een voor biologen weinig interessant overzicht van vele vroegere opvattingen en merkte op:

Tusc. Disp. II, § 47: 'De ziel (*animus*) is in twee delen verdeeld, waarvan het ene met rede (ratio) begaafd en het andere daarvan verstoken is.'

Dit suggereert een ziel-eenheid met strikt gescheiden vermogens, een geheel ander zielmodel dan het Lucretiaanse. De twee zielmodellen verschilden en dit droeg niet weinig bij tot de latere onzekerheden over de taak en reikwijdte van *animus* en *anima*, mede omdat Cicero in zijn verdere betoog uitlegt dat beide zieldelen samen binnen een levend wezen functioneren. *Animus* moet het redeloze zieldeel doen gehoorzamen, dit gelukt gewoonlijk ten dele en de lezer vraagt zich af hoe een redeloos zieldeel toch begrip opbrengt om de leiding van het redelijke met restrictie te beantwoorden.

De 17e- en 18e-eeuwse neo-Aristotelianen, peripatetici nieuwe stijl, en wijsgeren zoals Descartes en Locke om een paar voorbeelden uit vele te noemen, vonden in Lucretius' en in Cicero's geschriften allerlei steunpunten voor hun biofilosofische stellingen.

Ofschoon Lucretius' theorieën bij de theologen en de religies van zijn tijd en vervolgens tot na de Renaissance slechts verklaarde vijanden of op zijn best zwijgende afkeuring te ontmoetten, herwonnen zij in de laat-16e eeuw door pater Pierre Gassendi's religieuze atomenleer (XI.22) hun levensvatbaarheid. Zij leidden het denken van talrijke Verlichte materialisten in de 18e eeuw, die de Kerk verafschuwden en God eerbiedigden; dit laatste niet altijd ronduit en dikwijls zonder zich daar rekenschap van te geven. In de periode van Marx en Darwin, de tweede helft van de 19e eeuw, verwierf Lucretius een groeiend aandeel in het biologische denken, zij het gewoonlijk ontdaan van zijn godsbesef en dus

beperkt tot zijn mechanistisch-materialistische interpretatie van leven.

Samenvattend kunnen we vaststellen dat in de Oudheid de ziel een krachtenbron was (*pneuma, psyche, noes, animus, anima* enz.), een onmisbaar levensbestanddeel dat nu eens onstoffelijk en dan weer als materie begrepen moest worden. Soms was ziel vormloos, soms begrensd, soms vormend en begrenzend werkzaam, een onontbeerlijk attribuut voor elk levend wezen, organiserend, soms enkel- soms meervoudig, soms ten dele vergankelijk en ten dele onsterfelijk, soms uit eeuwige bronnen voortkomend, dan weer bij de geboorte tot leven gewekt en bij de dood van het lichaam te gronde gegaan.

Zielen verblijven echter nooit langer dan tijdelijk op aarde, aanvankelijk in dode zowel als in levende dingen, in de latere eeuwen van de Oudheid slechts in levende organismen werkzaam. Relaties met dode stof werden nimmer geheel verbroken. Een vergelijkende studie van *generatio spontanea* (XII.2-7), magnetisme, en potentialiteit van levenloze materie zou een fascinerend aspect van onze cultuurhistorie onthullen. Het vraagstuk of ziel een stoffelijk (met materie verbonden) of onstoffelijk, vrij bewegend agens is, kwam in de Oudheid nauwelijks aan de orde. De Grieken voelden de noodzaak voor een beslissing ternauwernood. Het sinds de 18e eeuw op dit stuk door het groeiende materialisme geconditioneerde denken van de natuuronderzoekers, eiste een besluit: wèl of niet stoffelijk. Wij zullen later zien dat deze eis epistemologisch aanvechtbaar is en noteren dat de laat-20e-eeuwse fysica aantoonde dat deze Griekse onverschilligheid natuurwetenschappelijk terecht was. Vast staat dat ziel tot voor kort levenloze stof levend en tot onderwerp van biologische studie maakte, en dat de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie onafscheidelijk met de lotgevallen van de ziel verbonden bleef.

De ziel van elk levend wezen behield in de regel zijn deelgenootschap aan een kosmische of hemelse ziel, maar beschikte tegelijkertijd over een mate van individualiteit. In mens en dier betrok de ziel de hersenen of het hart, om van daaruit zijn krachten uit te oefenen die het bloed of de zenuwen vervoerde naar de plek binnen het lichaam waar zij zich moesten laten gelden. De aanwezigheid van ziel was niet alleen vereist om de levensfuncties op te wekken en gaande te houden, maar ook noodzakelijk, omdat als de ziel het lichaam verliet, de dood intrad en ontbinding volgde. Leven was volstrekt afhankelijk van ziel en zodoende stond biologisch denken en onderzoek steeds in relatie met ziel, de ziel die veelzijdig, veranderlijk, beweeglijk, ondoorgrondelijk en zowel breekbaar als herhaalbaar was, zoals de levensverschijnselen zelf. In de Oudheid waren alle levensuitingen noodzakelijk zoals zij zijn, zoals zij zich voordoen, want zo wil het de ziel of zijn lastgever, die de aard van de elementen niet kan wijzigen maar hun gedrag wel kan regelen.

Omdat wij ons met de Westerse biologie bezighouden hebben zielen die inheems zijn in het Nabije of Verre Oosten (bij voorbeeld de ziel van islamitische huize sedert de 8e eeuw) of zielen elders in de wereld onze aandacht niet nodig.

9. De christenziel en de biologie

Een bioloog die weten wil hoe zijn wetenschap zich ontwikkelde en opgemerkt heeft dat ziel vijfentwintig eeuwen voor degenen die levensverschijnselen trachtten te doorgronden de voornaamste *causa* was - oorsprong en hoeder van levens - moet zich voor informatie over de christenziel tot de bijbel wenden. Hij leest in Genesis 2, vs. 7 dat God de mens uit aards slijk (*limo terrae*) vormde en daarna de gevormde mens in zijn neus (*spiraculum vitae*) blies (*inspiravit*) en dat de mens daardoor een levende ziel werd (*anima vivens*).

Het ingeblazene is van goddelijke herkomst; het vormde de mens niet. Onzeker is wàt ingeblazen werd. Ziel of lucht, of moet en mag men denken aan *pneuma* (Anaxagoras, I.5)? De mens bleef allerminst het enige geschapen organisme dat een levende ziel ontving. Alles wat op aarde voortbeweegt was bezield (*animans*). Dieren verschenen eerder, werden eerder bezield dan de mens maar hun ziel werd niet ingeblazen (want dat zou dan vermeld zijn). Mensen en dieren zijn, hoe dan ook, levende zielen, *animantia*, en deze term houdt in zoölogische verhandelingen stand tot in de 18e eeuw.

Zielfuncties van enig biologisch belang worden nauwelijks in de bijbel vermeld. Talloze reacties van de ziel op gebeurtenissen in de wereld rondom kent de mens als gemoedsaandoeningen. Hoe hebben bijbelvaste biologen de levensfuncties van de ziel begrepen? Een antwoord schuilt wellicht in een merkwaardig verschil in de bijbelteksten van vóór de 16e eeuw en daarna, na het ontstaan van het protestantisme. Een vergelijking van de teksten over de ziel in de Vulgaat (*Biblia Sacra Vulgatae Editionis*), die de biologen tot Luther ter beschikking stond, en vertalingen die na de reformatie tot stand kwamen leert het volgende.

Het verbod vlees samen met bloed te eten staat in Gen. 9, vs. 4. De Vulgaat licht dit verbod niet toe en de tekst is kaal: 'vlees met bloed samen zult gij niet eten'. De protestant kreeg te lezen: 'vlees met zijn ziel, zijn bloed, zult gij niet eten'. Zij vernamen ook 'het bloed is de ziel' en ziel eten mag niet (Deut. 12 vs. 23). Dat sloot aan bij het Empedokleïsche standpunt en bij Demokritos. De Vulgaat-vertaling bevat dezelfde tekst met een verbazend groot verschil: bloed eten mag niet omdat bloed (van dieren) 'zoals' of 'gelijkwaardig aan' een ziel is (*sanguis enim eorum pro anima est*).

De Vulgaat-tekst roept geen vragen op ten aanzien van Gen. 2, vs. 7. Biologen begrijpen dat God ziel door de neus inblaast en deze zich in het bloed vestigt. De protestanten kunnen Gen. 2, vs. 7 niet anders vertalen dan dat God 'levensadem' inblies, een toevoeging noodzakelijk geworden door de mededeling (naar protestantse overtuiging) dat bloed ziel is (God blies geen bloed naar binnen).

Alle bijbelpassages over bloed en ziel zijn in de Vulgaat consequent zo verwoord, dat ziel in bloed zetelt en even consequent in protestantenbijbels is ziel gelijk aan bloed (Lev. 17, vs. 14). De taalkundige en theologische aspecten van deze cultuurhistorisch en metabletisch diep wortelende discrepantie kunnen hier niet overwogen worden. De bloed/ziel relatie heeft echter in de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie blijvende sporen nagelaten, vóór en na onze jaartelling.

Het vertaalverschil was voor biologen van zeer groot gewicht. De Hebreeuwse ziel van het Oude Testament, gekerstend door de katholieken was spiritueel en niet zo maar lichaamsmaterie. Ziel geïnterpreteerd door de hervormden werd echter bloed, dat is materie. Katholieke biologen bespeurden in de ziel zowel een Platonische herkomst, dat wil zeggen een bovennatuurlijke, goddelijke geaardheid, en een door Aristoteles opgespoorde en beschreven fysiologische bedrijvigheid, twee kwaliteiten die in de eerste eeuwen na Chr. vredig te zamen 's mensen lichamelijkheden verzorgden. Na het begin van onze jaartelling werden vier eeuwen van toenemende verwijdering tussen de Griekse klassieke zielen en de christelijke *anima* door de Augustijnse leer bezegeld: *anima*, de mensenziel, is godgericht en godgeroepen en de klassieke zielen zijn knechten, wezenlijk anders en minderwaardig. Gevolgen voor de biologie besprak ik o.a. in VII.13.

De bijbelse ziel bepaalt zich tot (menselijke) gemoedsaandoeningen. Talrijke teksten getuigen daarvan. Die ziel is ook levenwekkend, leven beschermend, maar niet vormend (zoals de Aristotelische). Of de ziel denkvermogen heeft blijft onzeker. Onsterfelijk kan

de ziel, naar bijbelse mededelingen, misschien wel zijn, maar deze kwaliteit wordt toch nergens ronduit vermeld. De oudtestamentische ziel is een onmisbaar deel van het levende lichaam – dat staat vast – en dat betekent dat hij voor biologen samen met de klassieke zielen in het lichaam verblijft.

In het Nieuwe Testament komt de ziel veel minder dikwijls aan de orde dan in het Oude en de theologen oordelen dat 'geest', dozijnen malen vermeld in het Oude Testament en veel vaker nog in het Nieuwe, in het Nieuwe Testament met *pneuma* gelijk gesteld moet worden naar Griekse opvatting.

Hoe hebben biologen de bijbelse 'geest' begrepen? Wat is 'geest'? De teksten maken het hen niet goed duidelijk. Alle vlees bezit geest (Num. 16, vs. 22). De Vulgaat gebruikt voor 'geest' het woord *spiritus* en dus is de geest van alle vlees daar *spiritus universae carnis*. Hier teken ik aan dat in veel protestantse bijbels 'alle vlees' in 'alle levende schepselen' gewijzigd werd. Het is een uitstekend voorbeeld van tekstvervalsing ter wille van popularisatie en het leidde biologen op een dwaalspoor.

Vóór-protestantse biologen konden besluiten dat geest en ziel verschilden, gescheiden waren volgens bijbelse informatie. Bloed huisvest ziel en vlees huisvest geest. Die scheiding vonden zij bevestigd in Job 12, vs. 10 waar ziel en geest in één vers gescheiden genoemd worden. De Vulgaat spreekt, consequent, daar van *anima* (*omnis viventis*) en *spiritus* (*universae carnis*). *Spiritus*, zo leert de bijbel, is zoals *anima* aan allerlei menselijke gevoelens onderhevig, maar *spiritus* onderzoekt (Ps. 77, vs. 7) en is verstandig (Spr. 17, vs. 27); een zot heeft geen geest, geen *spiritus* (Spr. 29, vs. 11), maar is wel een *anima vivens*.

Geest is onstoffelijk. Het kan niet beter blijken dan uit Lucas 24, vs. 39 en uit de Paulinische brief aan de Hebreeën (:) de scheiding tussen *anima* en *spiritus* is glashelder; de bijbel geeft een biotheologisch volstrekt juiste analyse.

> Hebr. 4, vs. 12: 'Want het woord Gods... dringt door, zo diep, dat het vaneenscheidt ziel en geest, gewrichten en merg, en het schift overleggingen en gedachten des harten...'

Uit de schaarse hiervoor gegeven verwijzingen kan voldoende blijken dat biologen bij hun studies ziel en geest als gescheiden kwaliteiten van levende organismen beschouwden, maar ook dat die scheiding bij enig nadenken niet steeds vol te houden was. Als ziel voor emoties gevoelig is, dan moet daar ook een mate van begrip aanwezig zijn en als geest (ratio) overlegt en concludeert, dan rust de conclusie dikwijls op herinnering, op emoties. De bijbelse scheiding is een biologisch wankel hiaat dat de fysiologische feiten nu en dan overbruggen. Descartes en De Malebranche besloten tot het 'occasionisme'. Het dilemma is een van de redenen waarom de inhoud van de term 'ziel' in de historie van de biologie eindeloos varieert. Hier volgen nog enige hoofdzaken uit de zielbiologie, die ten dele in de volgende paragrafen nog wat nader beschouwd zullen worden.

Een der eersten die de christenziel leervermogen toeschreef was Athenagoras, een Griek die omstreeks het einde van de eerste eeuw een christelijke school in Athene begon. In een smeekschrift (*Supplicatio*) verdedigde Athenagoras de nieuwe godsdienst en de christenen tegen laster. De taak van de christenziel omschreef hij als 'bij God over God leren'. Voor 'leren' gebruikte hij hetzelfde woord als de Pythagoreeërs en Platoon: *mathein*. Het betekent, zoals Sokrates in Phaidoon uitgelegd had (p. 1096), leren door zintuiglijke waarnemingen, ervaringen, waardoor een in het geheugen bewaarde voorraad kennis ontstaat. De ziel verricht die taak. Uit de vergaarde kennis ontstaan door redenering inzicht, abstracties, en kunnen wetten afgeleid worden, eveneens een zieltaak. Mathein leidt tot het woord dat Galilei voor de natuurtaal gebruikte, *mathesis*, tot wis- en waarachtig-

heid, tot wiskunde, tot meten. Bij Athenagoras is *mathesis* een andere abstractie: godgeleerdheid.

De meervoudige zielen van voor onze jaartelling die belast zijn met de behartiging van lichamelijke en geestelijke behoeften, beschrijf ik in I.14,15. Bij de Pythagoreeërs kreeg het verstaan van en meeleven met de kosmische harmonie voorrang boven lichamelijkheid (Augustinus zou acht eeuwen later dit beleid kerstenen). Zielbezigheden die binnen bereik van het lichaam verricht moesten worden, waren helaas onmisbaar. Platoon belastte de ziel naast zijn lichamelijke taken met de verdieping van de menselijke moraal, met een opwaarts strevende levenswandel. Bij Aristoteles een aandacht voor de lichaamsfuncties, terwijl ziel (*psyche*) de *causa* is van alle vorming, stofwisseling, gedrag en geestesprocessen. Lucretius, de Romein, vermaterialiseerde de ziel die tijdens zijn korte bestaan slechts lichamelijke functies tot stand brengt. In de biologie wijzigt het zielbegrip zich daarna altijd binnen de zojuist genoemde grenzen.

Bij het begin van onze jaartelling vond Athenagoras het al dadelijk gewenst bekend te maken dat christen- en heidenzielen voortaan gescheiden wegen zullen gaan. Bij hem is de ziel een monomane pelgrim op aarde, een nieuwe ziel die van de uit de Oudheid afkomstige zielen hemelsbreed verschilde. Hij betrok het menselichaam weliswaar als zijn onderkomen, maar beschouwde alle lichamelijkheid, alle stoffelijkheid, als onaantrekkelijk, zelfs als hinderlijk (het neo-Platonisme kondigt zich aan).

Galenus, even later in Rome werkzaam, bekommerde zich niet om de nieuwlichterij dicht bij huis en in Athene. Hij verfijnde de klassieke zielsleer en bracht de fysiologie tot ongekende hoogte (VI.5). Gaandeweg wonnen Athenagoras en zijn geestverwanten aan invloed en zodoende werd alle zielen uit de Oudheid die biologisch van betekenis waren, een meer en meer ondergeschikte plaats toegewezen. Zij hadden zich te schikken in de kleinerende minachting van mensen die zich gastheer van de christenziel voelden. De christenziel bewoonde, bedacht op eigen heil, steeds waakzaam en afwijzend, het bloed. Het levende lichaam (*anima vivens*) liet zich nooit geheel onderdrukken en de christenziel kon in zijn klein territorium de lichaamszielen niet steeds ontwijken. Hoe minderwaardig het vergankelijke levende organisme ook mocht zijn, het was zelfs met behulp van *mathesis* niet weg te cijferen. De biologie leidde een bedreigd en benard bestaan, maar stierf niet. Zij overleefde de Augustijnse verdachtmakingen en na eeuwen van conflicten verloor op het terrein van de levenswetenschappen de tweespalt aan diepte en ontstond een mate van verdraagzaamheid tussen christen- en heidenzielen als het biologisch onderzoek betrof. Platoon en Aristoteles dachten naar christelijke trant en Aristoteles was een groot bioloog, dat wilde men toch in de 9e eeuw en daarna wel erkennen.

In de 13e eeuw had de vereniging tussen christen- en heidenzielen plaats; Dante zag het (p. 1142).

De Renaissance verbrak het Middeleeuwse isolement van de christenziel in het fysiologische bestel van levende lichamen voorgoed. Vesalius en Fernel, om slechts twee namen te noemen, verwijzen naar een ziel die zowel anatomisch-fysiologisch een taak heeft als een spirituele levensfunctie.

In de 16e eeuw ontstonden twee overtuigingen: òf er is geen christenziel, òf alle zielfaculteiten werken onder de strenge en bedachtzame leiding van de christenziel loyaal samen. Toen koos Francis Bacon een derde positie, die de meest succesvolle zou worden. Hij besloot dat onderzoek naar en aandacht voor zielfuncties nutteloos zijn, tijdverkwisting. Afgezien van de vraag, zei hij, of ziel in levende organismen een vergissing zou

kunnen zijn, gezichtsbedrog bij begripsvorming, dan blijven zulke functies in elk geval toch naar hun aard niet meetbaar of vatbaar voor proefondervindelijk en profitabel natuuronderzoek.

Na de Renaissance wijzigden zich alle zielsaangelegenheden voortdurend, waarbij de reikwijdte en werking van de zielen, hun verblijfplaats en gedrag door iedere bioloog anders gewaardeerd werden en niemand kon zeggen wat goed en wat fout, wat geheel en al goed en wat minder goed was. De aloude grenzen tussen de klassieke zielen en de christenziel verdoezelden meer en meer. Het blijkt onmiddellijk uit de zoekende spraakverwarring: woorden worden gebruikt voor hetzelfde begrip, zoals *pneuma, psyche*, mens, *animus, anima, spiritus, archaeus, blas, succus*, natuur, *vis vitalis* (in allerlei gedaante), *conatus*, instinct, aandrift, aanpassing, élan vital, *nisus formativus*, Bildungsgesetz, evolution créatrice, om slechts een keuze te doen. Het zijn de termen voor levensuitingen die aan meting, controle en natuurwetenschappelijke methodiek ontglippen. Ook indien zij door omschrijving van hun schepper een min of meer vatbare inhoud meekregen, verloren zij steeds in hoog tempo die kwaliteit. Zij werden of bleven wat zij waren, zielbenamingen, vage symbolen voor onzekere begrippen, en daarom voor talrijke biologische theorieën en verhandelingen goed bruikbaar en toepasbaar.

Als gevolg van en reeds tijdens de Verlichting verloor de ziel wijkend voor het snel groeiende materialisme in de 18e en 19e eeuw onder biologen voortdurend aan gezag en ambtsgebied. In de 20e eeuw ontkennen verreweg de meeste biologen ziel als een factor in levensprocessen; zij beoefenen een zielvrije biologie.

Een poging te onderzoeken waarom niettemin een verbazend grote meerderheid van deze modernen (de zielafwijzende onderzoekers) nalaat de consequenties die uit een ontkenning van ziel voortvloeien (ethische, wijsgerige en wetenschappelijke) te aanvaarden en na te leven, behoort niet tot mijn taak.

Van de bonte en verbazende geschiedenis der gekerstende zielbiologie kan ik in de volgende paragrafen niet meer dan kort en fragmentarisch verslag leggen: het kan de aandacht vestigen op een onderwerp dat nooit in zijn geheel, met diepgang en in verband met de cultuurhistorie uitgewerkt werd. Een onderzoek volgens de metabletische methode zou verrassende resultaten opleveren.

10. Verveelvoudiging en specialisatie van de zielen; Galenus

Galenus trof in de 2e eeuw n. Chr. evenals Aristoteles vijfhonderd jaar eerder, een drievoudige lichaamsziel aan, maar herzag de zielstructuur binnen een organisme ingrijpend. Hij negeerde de christenziel.

Ik heb uiteengezet hoe hij meende dat de dierlijke levensfuncties door drie pneuma's verzorgd worden (de Latijnse vertalers maakten daar *spiritus* van). Het verstand-*pneuma* (*spiritus animalis*) zetelt in de hersenen, levens-*pneuma* (*spiritus vitalis*) in de rechterharthelft en voedend *pneuma* (*spiritus naturalis*) in de lever (p. 346): een drieëenheid van pneuma's. Welnu, Galenus betoogde dat elk orgaan doelmatig functioneert als gevolg van de eigen ziel-*pneuma* samen met de *causa finalis*, die hij dezelfde leidende rol toedenkt als Aristoteles.

Bovendien beschikt naar de mening van Galenus elk levend orgaan over op het orgaan gepaste subalterne krachten, die door van buiten afkomstig *pneuma* aangevoerd aan het

orgaan ter beschikking worden gesteld. Eigen orgaanzielkrachten verrichten de bijzondere taak waartoe het orgaan gevormd werd binnen het organisme.

Eeuwenlang volgden fysiologen dit Galenische model bij hun onderzoek en beschouwingen en telkens, als in de loop der tijd een nieuwe orgaanfunctie onderscheiden werd, veronderstelde men als vanzelfsprekend de aanwezigheid van een bijbehorende tot dusverre onontdekt gebleven ziel-*causa* (p. 135).

Het zielbestel volgens Galenus is veel meer deterministisch dan dat volgens Aristoteles. Kiezend uit Aristoteles' studies over leven en ziel en na toevoeging van eigen bevindingen ontwierp Galenus voor het levende dierlijke organisme een volmaakte, centraal bestuurde en specialistisch uitgevoerde, tot in details toegelichte fysiologie die met de morfologische gegevens zorgvuldig in overeenstemming was gebracht.

De organen, ordelijk samenwerkend, bewerkstelligen zelf alle levensfuncties, met behulp van alomtegenwoordig *pneuma*. Dat scheen een gasachtig agens (fluïdum) te zijn, een hoog verfijnde, bovenaardse lucht en tevens een uiterst zuivere en vluchtige vloeistof. Bij Galenus (en bij velen vóór en na hem) is het onmogelijk te beslissen of men wil dat *pneuma* of ziel als materie (stoffelijk) of als kracht (onstoffelijk) begrepen moet worden. Vloeistof of gas, kracht of materie zijn niet wezenlijk verschillend en Galenus doet geen keuze, noch voor *pneuma*, noch voor ziel. *Pneuma* zal nu eens stoffelijk en dan weer onstoffelijk zijn, al naar het in de lichaamsprocessen het meest van pas komt. De eis van òf het een òf het ander, materieel of immaterieel, vond ik voor het eerst in de 18e eeuw duidelijk gesteld (Bayle). Men zou kunnen bepleiten dat Galenus' intuïtie in algemene zin door de moderne fysica gesteund wordt, want een grens tussen kracht en materie laat zich niet trekken. Bayle zou, als dit standpunt ingenomen wordt, in biologische of fysiologische zin niettemin recht hebben op zijn eis (en visie), want in het levende lichaam is de aggregatietoestand van de materie beslissend.

De arts-bioloog Galenus had nauwelijks enige aandacht voor de christenziel: hij wist echter wel van diens bestaan en hij constateerde zijn isolement zonder bezwaar te maken. De klassieke zielen, zo heeft hij gemeend, behartigden alle levensprocessen volmaakt en van nature, zodat oorzaak en gevolg van begin tot einde in gezondheid zonder haperen samenwerken. Daarom bleef onder degenen die zich met fysiologie bezig hielden de leer van Galenus langer aanvaard dan enige andere biologische theorie in de historie van de Westerse wetenschappen over 'leven'.

Descartes, wiens kijk op biologische zaken gewoonlijk op Galenus steunt, verscherpte het verschil in opvatting tussen de fysiologie volgens Galenus en volgens Aristoteles. Door zijn dualistisch filosofisch stelsel zag Descartes zich gedwongen de klassieke zielen, na de periode van toenadering tot en samenwerking met de christenziel sedert de Renaissance, terug te dringen tot binnen hun vroeg-christelijke en Middeleeuwse grenzen. Hij schaarde zich echter aan de zijde van Platoon en Galenus door de mogelijkheid te erkennen dat de drie traditionele *spiritus* hun oorsprong zouden kunnen ontlenen aan een Opperwezen, die hen maakte en de opdracht gaf een volmaakt gebouwd en functionerend (mensen)lichaam te verwerkelijken. De drie *spiritus* liet Descartes daartoe de gebruikelijke taken uitvoeren, maar hij ontkrachtte daarbij tegelijkertijd de Galenische autonomie van de organen. In de Cartesiaanse fysiologie heerst een centraal zetelende en van daaruit regulerende, ziel die zich van de *spiritus* bedient als een veelzijdig, zowel direct als op afstand werkzaam instrument. Descartes' fysiologie is, zoals zijn wijsbegeerte, dualistisch, en zowel vitalistisch als holistisch.

Binnen het groeiende en volgroeide dierlijke lichaam wees Aristoteles een uit enige com-

ponenten bestaande, alomtegenwoordige ziel aan als kracht en kern van alle levensuitingen. Deze ziel coördineert door zijn *causa finalis*, zodat alle lichaamsdelen doelmatig en doelgericht zich tot een organisme schikken en de samenwerking enige tijd handhaven. Aristoteles was holist.

Galenus kende elk orgaan een finalisme toe, zodat het – met inachtneming van de vereisten van het geheel – zelf de eigen functie verricht en zich daarbij tegen elke andere doelstelling, iedere inmenging van buiten, verzet.

De orgaantheorie van Johannes P. Muller (1801–1858), de veelzijdige bioloog die in de 19e eeuw leiding gaf aan de dieranatomie en -fysiologie in Berlijn en Bonn, kan als een directe voortzetting van Galenus' orgaan-vitalisme begrepen worden. Müller die als onderzoeker van ongewervelde zeedieren en embryoloog een grote reputatie had, schreef een standaardwerk in twee delen: Handbuch der Fysiologie des Menschen (1833–1840). Hij ontwikkelde de vergelijkend-morfologische fysiologie (1824) samen met zijn leerlingen tot een fysisch-chemische, experimentele fysiologie. De steuncellen van het netvlies in het zoogdieroog zijn naar hem genoemd: vezels van Müller als herinnering aan zijn onderzoek over de fysiologie van het visuele waarnemen. De stelling dat elk zintuig slechts prikkels waarneemt op de voor het orgaan geëigende wijze en dat de prikkelgewaarwording plaats heeft onafhankelijk van de aard van de prikkel heeft decaden lang de prikkelfysiologie beheerst.

Müller geloofde aan een *vis vitalis* en Galenus dacht dat een toeziende, zowel in- als uitwendige Intelligentie (*noes*) bij de orgaanfuncties een rol zou kunnen spelen; hij was evenals Müller, vitalist.

Descartes koos een middenpositie met voorkeur voor Galenus en als model nauw aan de visie van christen-biologen verwant. De 18e-eeuwse vitalisten (VII.36–42) volgden het Galenische model, gewoonlijk Aristotelisch bijgepenseeld (F. Hoffmann), werkten het verder uit in het licht van fysiologische en morfologische ontdekkingen, en gebruikten chemische en fysische vondsten daarbij.

11. Tertullianus voorziet mensen en dieren van pasklare zielen (2e–3e eeuw)

Te Karthago geboren studeerde Quintus Septimus Florens Tertullianus (II.19) in Rome en keerde vervolgens naar Noord-Afrika terug, waar hij met groot succes rechtzinniger en nauwkeuriger begrippen over de christelijke leer ontwikkelde. Hij aanvaardde zonder bezwaar de aanwezigheid van klassieke zielen naast de christelijke ziel. Deze laatste is echter volstrekt tot de mens beperkt en van onvergelijkelijk hoger gehalte dan alle andere zielen. Een ziel is echter, christelijk of niet, onstoffelijk en géén materie.

Een der vroegste verhandelingen met christelijke zielbiologische gegevens (*De Anima*, ca. 200) staat op naam van Tertullianus. Hij verwijt daarin degenen die denken dat ziel een materie zou kunnen zijn, een stoffelijk agens, een element, kortzichtigheid. Zou ziel uit vuur, water, bloed, lucht of *spiritus* kunnen bestaan? Onmogelijk, want er zijn koude, vuurloze dieren, droge saploze dieren (kameleons, sprinkhanen), bloedloze dieren (schelpdieren), niet-ademende dieren (muggen, mieren), blinde dieren (mollen, vleermuizen). Toch zijn al die dieren bezield want zij leven, en klaarblijkelijk mag ziel dus niet met een of ander fysisch element gelijk gesteld. Copleston kan niet vaststellen of Tertullianus *spiritus* stoffelijk of onstoffelijk achtte (1985, I. 1:24) en ik denk dat hij daarin niet slaagde omdat Tertullianus zelf geen besluit nam. Eigenlijk is Tertullianus de eerste auteur

die ziel interpreteerde zoals talrijke biofilosofen, eeuwen later, bij voorbeeld Descartes. Ziel als fluïdum, vloeibaar en gasachtig, vluchtig, min of meer onstoffelijk. Dit zielmodel is bijzonder goed hanteerbaar in alle redeneringen ter verklaring van eigenschappen van levende wezens: een zieldualisme dat zich voegt in immateriële of materiële verklaringen van levensverschijnselen, al naar behoefte.

De mensenziel is tweeledig, verklaarde Tertullianus een *animus* gaat samen met een *anima*. *Animus* is een ingeschapen drang – 'ingezaaid' zegt Tertullianus – tot verstandig denken en doen. *Anima* is het complex menseigen gevoelens, ons gemoed, en *animus* is godgericht en daarom de voornaamste ziel.

Tien of zelfs twaalf zielorganen wilde Tertullianus onderscheiden: het zijn de zintuigen. Men kan hierbij denken, zo verduidelijkte hij, aan het waterorgel van Archimedes, een reeks orgelpijpen met verschillende klank en capaciteit, maar alle gevoed door dezelfde bron. Zou Tertullianus in Rome de lessen van Galenus gevolgd hebben en daar de veelvoudige fysiologische interpretatie van ziel hebben vernomen? Celsus (II.14) had hij ongetwijfeld gelezen. Beschouwde deze zoon van een Romeinse hoofdman over honderd de zielen eenheden onder commando van de christenziel, die krachtpatrouilles detacheert om plaatselijk naar behoefte te worden ingezet volgens 'Tertullianus' zielbiologie?

Elke ziel, vervolgde Tertullianus, heeft de vorm en de omvang van het organisme waarin hij verblijft. Ziel vervult het lichaam en het lichaam omsluit de ziel. Daarom heeft een mensenziel mensenmaat, want 'hoe zou een mensenziel een olifant kunnen vullen of een vlieg een mensenziel omsluiten?'

Overal in het levende organisme is de ziel aanwezig en zichzelf gelijk, maar de voornaamste zielkrachten schuilen in het hart en niet in de zintuigen, zoals Dikaiarchos dacht (p. 1110), zei Tertullianus. Ook buiten het hart bevindt zich ziel; het blijkt uit het nog enige tijd verder leven van schildpadden en slangen die men het hart heeft uitgerukt en na die ingreep blaat een geit nog. Evenmin is de ziel aan de hersenen gebonden, want insekten die men de kop afsnijdt sterven niet onmiddellijk.

Probeer de ziel niet door materie-onderzoek op te sporen. Meyboom vertaalde: 'Herofilos, de arts – of beter gezegd slager – ontleedde zeshonderd mensen om zo de natuur nauwkeuriger te leren kennen. Hij gedroeg zich als een mensenhater om daardoor kennis te verkrijgen. Ik zou niet kunnen zeggen of hij alle inwendige delen van de mens goed te zien kreeg, want de dood wijzigt de toestand van de levende delen, en bij hem was de dood niet de dood zonder meer, maar de dood voerde hem tot dwalingen, alleen al door de praktijk van het ontleden.'

Ziel is aanwezig gedurende het leven, het gehele leven, ook dus gedurende het embryonale leven.

Aan de 'beuzelpraat' van Aristoteles kon Tertullianus toch wel enige argumenten ontlenen en aan Platoon – 'die specerijverkoper aan alle ketters' – nog meer. Platoons bewering dat mensen uit dieren en dieren uit mensen zouden ontstaan (metempsychose) is wel een raar verzinsel, maar Platoon was te goeder trouw. De Platonische plantenziel wil Tertullianus zeker ten volle erkennen:

> *De Anima* (vert. Meyboom, 1930): 'Ik zie namelijk dat de nog tengere en maagdelijke wijnstok toch reeds begrip heeft van wat hem te doen staat, en dat hij zich wil hechten aan iets, door waartegen te steunen en waarmee zich samen te vlechten hij baat kan vinden. Ten slotte zal hij, zonder de tucht van de landman af te wachten, zonder riet, zonder gaffel, als hij iets mocht hebben bereikt, het vanzelf liefhebben, en het met meer kracht omhelzen uit eigen aandrang dan vanwege uwe willekeur.

Hij haast zich om veilig te zijn.'

Deze vorm van beschouwende beschrijving is de eerste aanzet naar de moraliserende natuurlijke historiën, de bestiariums en 'herbariums' van de eerste vijftien eeuwen van onze jaartelling.

Met de zelfstandige zielkrachten, de psyche's en pneuma's uit de Oudheid wist Tertullianus wel raad. Ontkennen of negeren kon en wilde hij ze niet. De klassieke zielen behielden bij Tertullianus hun identiteit maar niet hun onafhankelijkheid. Hij liet ze (bij de mens) door engelen besturen en binnen de levende organismen verwees hij ze naar een ondergeschikte plaats, dienaren, hulptroepen in de van Godswege ingestelde loop van de natuur.

De opvatting van Tertullianus over de voortplanting van de ziel werd van het begin van de 3e tot de 13e eeuw een gangbaar christelijk standpunt, zij het met biochristelijke correcties. Veel meer mechanistisch denkend dan Aristoteles kwam Tertullianus tot de conclusie dat in ♂ sperma ziel, ook mensenziel, aanwezig is, weliswaar in rustende toestand maar toch geheel en al ontwikkeld, gepreformeerd. In de nakomelingen wordt de zielkiem actief, groeit en bereikt zijn volle omvang. De met het sperma aangevoerde vaderlijke ziel vestigt zich in het beginnende embryo, zoals een *surculus* (een kiemplantje) of een *tradux* (ent). Deze theorie kreeg de naam 'traducionisme' en verschafte een bijbels fundament voor de preformatieleer van de 17e eeuw. Hij leverde een verklaring voor de gelijkenis van ouders en kinderen.

Met die immanente, aan organismen gebonden en aardse loopbaan van de ziel kon Augustinus tweehonderd jaar later geen genoegen nemen. Zieloverdracht tussen mensen zeker wel, en deze onwrikbaar en rechtlijnig, maar uitsluitend spiritueel en los van materie ('generatisme'). Door die directe zieloverdracht van generatie op generatie was het voortbestaan van de erfzonde verklaard en verankerd, maar de gelijkenis tussen ouders en kinderen, vervolgde Augustinus, is een puur lichamelijke aangelegenheid, die inderdaad door sperma wordt overgebracht - zoals de Stoïcijnen al begrepen hadden - maar door een vorm van *panspermie* (VIII.3,5). Weer veel later, in de 13e eeuw, veroordeelde een concilie van Lateranen het traducianisme, dat na Augustinus Averroës, die zaaier van zoveel misvattingen, nog krachtig bepleit had.

Zo bleef in de eerste eeuwen de overoude leer, dat in elk levend organisme ziel en leven geheel en al en onverbrekelijk samengaan, door Tertullianus, de biofilosofen, misschien wel alle theologen,en de artsen (Galenus, Celsus) onverkort gehandhaafd. Geleerden van christelijke signatuur kenden dieren (en planten) slechts een sterfelijke ziel toe, samengesteld uit de klassieke zielen, waarbij de neo-Platonisten een bijzondere plaats innamen. Zij schreven de dierenziel een mate van onsterfelijkheid toe, omdat deze deel uitmaakt van de tijdloze wereldziel. De mensenziel oordeelden de christenen, was weliswaar onsterfelijk en ondeelbaar, boven de lotgevallen van materie verheven, maar niettemin in het levende lichaam een welwillende regent van de klassieke zielen.

In de 4e eeuw vestigde Augustinus de nieuwe orde: de christenziel keert zich af van de materieel levende wereld en heeft geen relatie meer met zielkwaliteiten afkomstig uit de Oudheid. De ontwikkeling van de biologie komt dan nagenoeg tot stilstand; een metabletisch onderzoek zou mogelijk een antwoord geven op de vraag in welke mate deze verandering bijdroeg tot het uitblijven van een dieper, althans een verbeterd inzicht in de levende natuur.

12. Neo-Platonisme in de 3e-eeuwse biologie; Porfyrios

Porfyrios (234, Tyros – 305, Rome), alias Malchos, werd ook wel de 'purperen Platonist' genoemd wegens de kleurstof die zijn geboorteplaats de hele Oudheid door beroemd maakte. Hij liet talrijke en veelzijdige geschriften na. Onder zijn geestverwanten – de neo-Platonische school die sinds ca. 243 actief was in Rome – was hij de enige die zich althans incidenteel met natuurwetenschap, met biologie bezighield. Fel maar fair bestreed hij het christendom en zelfs de kerkvaders erkenden zijn betekenis als religieus filosoof.

De stichter van de school, Porfyrios' voorganger Plotinos (205–270), wijdde uitvoerige traktaten (*Enneades*) aan de ziel. De Plotinosziel schaamde zich, zo vernemen wij, dat hij in een lichaam verblijven moest. Dezelfde veelvoudigheid van aard en functie – die Galenus, Plotinus' stad- en tijdgenoot, toeschreef aan de klassieke lichaamszielen – ontdekte Plotinus in de geestesziel van de mens; hij onderscheidde in de Enneaden omstreeks 500 zielvarianten betrokken bij gemoedsbewegingen.

Zoals verwacht mocht worden, hadden Plotinos' leerlingen en volgelingen nauwelijks enige aandacht voor de miserabele behuizing van het vleugje wereldziel dat de mens enige tijd vergezelde en evenmin voor materiegebonden levensuitingen voortvloeiend uit de werkzaamheden van de Aristotelische zielen en ook niet voor de Platonische fysiologisch actieve zielen. De reden was dat Plotinos' zielsleer zich strikt richtte op de onaardse kwaliteit, op de bovennatuur van de (christelijke) ziel. Daarentegen had Porfyrios een grote genegenheid voor de levende natuur. Hij was een uitstekende Aristoteleskenner en kwam in Rome tot groot aanzien. Zo werd hij bij uitstek degene die ons over de zielbiologie omstreeks de 3e eeuw kan inlichten. Van Plotinos (en Platoon) had hij geleerd dat de *anima rationalis*, de verstandziel, het midden houdt tussen goddelijke en natuurlijke zielen. Samen met materie vormt hij dieren. Porfyrios mocht dan ook besluiten dat de dierenziel verstandelijk niet wezenlijk van de mensenziel verschilt en van gelijke aard is. Hij kwam tot conclusies die nog steeds door velen aanvaard worden. Zijn betoog is zo charmant en zo hedendaags, dat een overzichtje van enige argumentaties (*Numeri*) in zijn traktaat over vegetarisme een plaats verdient.

Men mag, zegt Porfyrios, dieren niet offeren, niet doden, niet eten en niet jagen. Men ete slechts overtollige vruchten. Melk mag gedronken en schapen mogen geschoren worden.

> *Num.* 3: 'Hoe kan iemand volhouden dat dieren spraakloos zijn! Geven zij dan geen uitdrukking aan hun gevoelens en denken zij niet alvorens die kenbaar te maken? Met denken bedoel ik datgene wat zich inwendig in de ziel afspeelt voorafgaande aan wat de stem openbaart. Op welke manier men ook spreekt, zoals de Grieken of zoals de honden of zoals de ossen, steeds komt denken tot uitdrukking en dieren gebruiken de spraak. Mensen spreken met elkaar volgens regels die zij opgesteld hebben en dieren volgen op hun manier de wetten die zij van Godswege en van de natuur ontvingen. Of wij ze nu al dan niet verstaan bewijst niets, want de Grieken begrijpen niets van de taal der Indiërs... voor hen verschilt die niet van het schreeuwen van de kraanvogels...'

Porfyrios constateerde dat dieren elkaar goed begrijpen. Hoe eenvoudig de dierentaal ook schijnt te zijn, mensen hebben hem niet leren spreken, maar hij kon toch voorbeelden noemen van wie hem verstonden: Melampos (ziener, geneesheer, die nadat slangen zijn oren schoon gelikt hadden, vogels en insekten kon verstaan), Teiresias (blinde waarzegger in veel Griekse legenden) en Appolonius van Tyana (p. 114). In *Numerus* 4 verwijst hij

naar volken die dierentaal kennen. Zelfs zouden wij allen, naar verluidt, de dieren kunnen verstaan nadat een draak ons de oren zou lekken, maar Porfyrios betwijfelde of zijn lezers dit zullen aandurven. Dieren drukken dus allerhande gevoelens uit met hun taal, maar hebben zij ook begrip en redelijk verstand?

Num. 6: 'Zelfs degenen die beweren dat dieren redelijk verstand ontberen zijn het eens dat honden de dialectiek gehoorzamen en zelfs in sommige gevallen syllogismen [p. 48] toepassen. Als zij een prooi achtervolgen en zij komen op een kruispunt waar de weg zich in drie wegen splitst, redeneren zij als volgt: de prooi moet één van de drie wegen gekozen hebben. Indien nu blijkt dat hij noch de ene noch de andere weg is opgegaan, moeten wij hem langs de derde weg nazitten. Ongetwijfeld zal men tegenwerpen dat dieren door een natuurlijk instinct zo handelen omdat zij in het geheel niet [om syllogismen op te lossen] geschoold zijn. Ontvingen wij ons redelijk verstand soms niet van de natuur?'

In zijn 7e argument past Porfyrios een ontroerende vergelijking toe.

Num. 7: 'Het redelijk verstand van dieren verschilt, volgens Aristoteles, van het onze niet door zijn kwaliteit, maar slechts door minder of meer [in kwantiteit], net zoals volgens velen het onze slechts van het redelijk verstand der Goden verschilt, omdat het verstand der Goden meer volmaakt is dan het onze.'

Iedereen erkent dat dieren zintuigen, organen en lichamen hebben die heel weinig van de onze verschillen. Hier wil Porfyrios nog aan toevoegen dat dezelfde ziekten mens en dier teisteren; hij somt een reeks voorbeelden op. Hij raakt in vuur:

Num. 8: 'Dieren en mensen hebben dezelfde gewaarwordingen. Niet alleen de mens proeft smaken, ziet kleuren, ruikt geuren, voelt warmte, koude en dat hij aangeraakt wordt. Dieren merken dit alles evenzo en nochtans zijn zij geen mensen. Waarom zou men hen redelijk verstand ontzeggen: omdat zij geen mensen zijn? Dan zou men op gelijke gronden kunnen betogen dat de Goden geen redelijk verstand hebben, want zij zijn toch evenmin mensen?

In het voorbijgaan noteer ik dat dieren soms betere soms minder goede zintuigen dan mensen hebben, maar dat dit zielskwaliteit niet beïnvloedt en dat tevens er goede en slechte zielen zijn, meer of minder grootmoedige of kwaadaardige. Indien wij intelligenter zijn dan dieren volgt daar niet uit dat zij niet intelligent zouden zijn. Even verkeerd is het te beweren dat patrijzen niet vliegen omdat sperwers beter vliegen, of dat deze vogel niet zou kunnen vliegen omdat sommige vogels beter kunnen vliegen dan andere.

Dieren handelen omzichtig, betrachten rechtvaardigheid tegenover elkaar en al hebben zij geen steden, de Skythen ook niet – die leven in hun karren – en de Goden ook niet. Al hebben dieren geen wetboek, de mensen hebben eveneens lang zonder wetboek geleefd en dat was een gelukkige tijd des onschulds.'

Porfyrios besluit:

Num. 9: 'Wij begrijpen niet hoe dit alles in elkaar steekt, omdat wij niet in de gedachten van de dieren kunnen doordringen. Dat is nog geen reden om hun intelligentie in twijfel te trekken, want evenmin kunnen wij in Gods beweegredenen doordringen. Wij oordelen daarentegen op grond van Zijn werken dat Hij intelligent en verstandig is.'

13. Augustinus en zijn duizendpoot

Bij Tertullianus geen probleem: de ziel is van dezelfde maat en vorm als het bijbehorende organisme, altijd aanwezig. Twee eeuwen later, bij Augustinus, is Tertullianus' rechtlijnige eenvoud verdwenen. Adam en Eva werden weliswaar volwassen geschapen en met ziel begiftigd. Met christenziel. De vóór-christelijke zielen waren de veroorzakers van groei, vorming en beweging en, zoals de christenziel pneumatisch van nature. Ongeboren dieren of mensen, embryo's, kwamen tot wasdom (in de Oudheid) dank zij die vóór-christelijke zielen. Wanneer voegde de christenziel zich bij hen? Bij de eerste ademhaling van de boorling misschien? Een oude opvatting stamde van Empedokles: leven begint met de eerste ademhaling, maar de ongeborene bezat toch al Gods uiterlijk en bewoog zich, groeide.

Volgens de laat-Romeinse wetgeving is een mensembryo geen *homo* en geen *infans* (geen mens en geen kind), maar een *spes animantis* (zielverwachting). Het is mijn taak niet de verstrekkende gevolgen van deze opvatting te schetsen of te beredeneren (abortus is geen moord), noch ook om te signaleren dat nog heden de scheiding tussen mens en dier, embryo en boorling, stoelt op deze Romeinse uitspraken. Voor de biologie is van belang dat Augustinus het vraagstuk begreep en oploste zoals hij gewoon was, met een gekerstend antwoord uit heidense bron (in dit geval, naar het schijnt, ontleend aan Galenus, IX.6).

Informatus, ongevormd, besloot hij, heeft een mensembryo geen christenziel, maar gevormd (*formatus*) wel en dit wil zeggen dat een embryo op de 40e dag ziel ontvangt. Indien het een ♂ embryo is, want ♀ embryo's zijn pas op de 80e dag bezield. Het tijdstip is van gewicht, want *formatus* en bezield kan het embryo gedoopt worden. De periode voor geoorloofde abortus in de 20e eeuw in sommige Westerse landen is veel minder doeltreffend en fraai verargumenteerd dan Augustinus' conclusies. Overigens herzag Augustinus zijn mening door later zowel ♂ als ♀ gelijktijdig vorming toe te kennen; een erkenning die nog in de 18e eeuw een verhandeling ter bevestiging behoefde.

Een volgend, zo mogelijk nog stekeliger probleem, was de individualiteit van de ziel. Deze wilde Augustinus om uitstekende theologische redenen handhaven, maar een onvoorziene situatie bracht hem in verlegenheid. Hij maakte van dit voorval, tijdens zijn verblijf in Italië (ca. 385; II.22), een zo aantrekkelijk verslag dat het hier niet mag ontbreken, te meer omdat Trembley dertienhonderd vijftig jaar daarna (1741) hetzelfde experiment deed. Diens proef bracht Europa in opschudding, ontketende een stortvloed van overeenkomstig onderzoek (door bij voorbeeld De Réaumur en Bonnet), terwijl hetzelfde vraagstuk en dezelfde waarneming door Augustinus te berde gebracht ternauwernood enige aandacht ontving.

Om het gebeurde goed te begrijpen is het nodig te weten dat in Augustinus' tijd aantekeningen op bewaste plankjes met een puntige stift werden ingekrast (papier was schaars en duur). Het achtereind van de stift was verbreed, afgeplat, beitelvormig, zodat het schrift desgewenst met dat platte eind kon worden weggestreken.

> *Liber De Quantitate Animae*: 'Toen wij onlangs in Liguria [de streek van Milaan] picknickten, bemerkten de jongelui die mij toen ter wille van hun opleiding vergezelden, terwijl wij op een schaduwrijk plekje op de grond lagen, een veelpotig kruipend beestje. Het leek me een of ander langgerekt wormpje, een doodgewoon beestje, maar ik wil bepaald niet beweren dat ik daar enig verstand van heb. Een van de jongelui sneed met het achtereind van de schrijfstift die hij toevallig in zijn hand had, het beestje middendoor. Daarna weken beide delen van het lichaam op de plek van de verwonding uiteen, zo snel als de poten konden gaan en met geenszins ver-

minderde levenskracht (*nisus*), alsof het twee op deze manier gevormde dieren (*animantia*) waren.

Verbluft over dit wonderbaarlijke voorval en nieuwsgierig naar de oorzaak brachten zij die levende dingen (*viventia illa*) onder onze aandacht, waarover ik en Alypius terstond beraadslaagden, maar tevergeefs. En tot onze niet geringe verbazing zagen wij dat zij in alle richtingen over de schrijfplank konden rennen. Het ene stukje, met de schrijfstift aangeraakt, rolde zich ineen op de plek van de pijn en het andere dat niets voelde, bleef rusteloos naar her en der bewegen. Wat moet ik er nog meer van zeggen?

Wij hebben onderzocht in hoeverre het zijn krachten zou behouden en we hebben de worm, ja eigenlijk die wormpjes, in veel stukjes gesneden. Zij bewogen net zo, evenals wanneer we hen dat niet hadden aangedaan. Het leek alsof zij na de toegebrachte verwondingen alle afzonderlijk geboren werden (*natus*) en we moesten geloven dat zij, stuk voor stuk, leefden.'

Augustinus en Alypius hadden klaarblijkelijk Aristoteles over deze kwestie niet geraadpleegd. Hij wordt niet genoemd en de details in zijn verslag steunen het vermoeden dat Augustinus niet wist dat Aristoteles zich zevenhonderd jaar geleden met hetzelfde probleem beziggehouden had.

Hist. Anim. 532 a 1: 'Langgerekte en veelpotige insekten leven nog geruime tijd nadat zij in stukken verdeeld zijn, en het afgesneden stuk kan zich zonder voorkeur zowel in de richting van het vóór- of het achtereind bewegen, dat wil zeggen dat het stuk zich even goed in de richting van de snede als van de staart voortbeweegt. Het is bij voorbeeld het geval met het insekt dat *skolopendra* [duizendpoot] heet.'

De verdeelde duizendpoot plaatste Augustinus voor een moeilijk te beantwoorden vraagstuk. Ziel en (bewegende) materie gaan gepaard. Bij gevolg leven de stukjes duizendpoot als zij bewegen, als zij weglopen. Zij zijn bezield en ziel is dus deelbaar, maar ziel – althans de christenziel – was als een geheel, in volkomenheid, ondeelbaar geschapen. Zou dan de dierenziel in kleinere delen splitsbaar zijn en de delen wel in kwantiteit maar niet in kwaliteit bij de ziel in zijn geheel (van een dier) achterblijven? Zou de mensenziel, in tegenstelling tot de dierenziel, waarlijk ondeelbaar zijn? Het onderscheid is onbevredigend, tegenstrijdig want zoogdieren laten zich evenmin als mensen, in voortlevende stukken verdelen. En bovendien geldt de ondeelbaarheid evenzeer voor de levende heiden met zijn ongekerstende ziel als voor de christen.

Het duizendpoot-experiment moet Augustinus met zulke vragen en onzekerheden geconfronteerd hebben. Aristoteles' antwoorden (holisme, korte stervensperiode van diergedeelten, immanente ziel) volgde Augustinus niet. De Filosoof had geen weet van de christenziel, en op die ziel baseert Augustinus zijn overtuiging en wereldbeschouwing.

In boek X van zijn Genesis-studie (*De Genesi ad Litteram*) besprak Augustinus de oorsprong en het wezen van de unieke en exclusieve christenziel. Per slot van zaken blijkt dat aards leven, aardse biologie, geen aanbevelenswaardig onderwerp van studie of onderzoek kan zijn. Aandacht daarvoor leidt tot verwarring en op dwaalsporen. Augustinus nam twee maatregelen ter beantwoording van de vragen omtrent een aanwezigheid en van deelbaarheid der zielen. Hij onderscheidde preëxistentie en de daarmee samengaande preformatie (IX.13) en ontzegde dieren, die onmiskenbaar leefden, een met de christenziel vergelijkbare ziel. Vervolgens joeg hij de levende mensen en dieren uiteen door een absolute scheiding tussen beiderlei zielen. Hij kon zijn vonnis toelichten met gedragingen van Christus ten opzichte van planten en dieren.

De Heer dreef de duivels uit een bezetene en stond hen toe zwijnen te gaan bewonen (een Platoons model, metempsychose: *Phaidros, Timaios*). De zwijnen, op hun beurt tot razernij vervallen, sprongen te water en verdronken (Marcus 5, vs. 11–14; Lucas 8, vs. 31–34). Ook vervloekte Hij de vijgeboom die, toen Hij hongerig de boom genaderd was, slechts blad en geen vrucht bleek te dragen (Mattheus 21, vs. 18–20).

Christus had de duivels dadelijk kunnen doden en de zwijnen hadden niet gezondigd. De vijgeboom was eveneens zondevrij, zei Augustinus, maar Christus richtte beide ten verderve. Dat zou een onrechtvaardige daad zijn geweest als tussen mensen en levende dieren en planten een onrechtvaardigheid mogelijk zou zijn. De mens en de levende natuur zijn in rechte en moraal geheel vreemden voor elkaar, zij onderhouden geen relatie en daarom kan van onrechtvaardigheid tussen de twee nimmer sprake zijn. Dieren en planten hebben met straf niets uit te staan: zij ondergaan, niets meer en niets anders. De mens aan wie de christenziel is toevertrouwd kan worden beloond (met de hemel) en dus ook gestraft (met de hel), maar dieren wacht geen beloning en dus ook geen straf. Het toppunt van bijgeloof zou het zijn, concludeerde Augustinus, zich op grond van een zedelijke relatie tussen mens en natuur zich van het doden van dieren te onthouden of van het vernietigen van planten.

Dezelfde tegenzin die zich in de 17e en 18e eeuw kenbaar zou maken met betrekking tot de dier-machine van de Cartesianen (V.21) uitte zich in de 3e tot 5e eeuw, door bezwaren tegen de Augustijnse conclusies. St. Johannes Chrysostomus (ca. 344–407), patriarch van Constantinopel, legde uit dat nochtans heiligen onredelijke schepselen met zachtheid zullen behandelen. Hij schreef 'homilieën' evenals St. Basileios de Grote (II.21). Beide kerkleraren waren gedegen kenners van het Nieuwe Testament en Basileios schreef zelfs een gebed ter intentie dat God de nederige dieren, die met ons mensen samen de hitte en het dagelijkse werk verdragen, liefdevol zal willen bejegenen. Mededogen met dieren werd aldus een bezigheid voor God en voor heiligen, en zodoende vervielen mensen tevens niet zo licht in bijgeloof.

Ter afronding van zijn betoog wees Augustinus er nog op dat dieren, naar men meent, stervend pijn kunnen lijden, hetgeen uit hun kreten kan blijken. Dit verdient evenwel onze aandacht nauwelijks, want dieren hebben nu eenmaal geen rationele ziel (en die heeft men nodig om pijn te lijden). Chrysippos van Knidos, Grieks filosoof en steunpilaar van de Stoa in de 3e eeuw voor Christus, had het gebrek aan pijnbesef van dieren al zevenhonderd jaar eerder dan Augustinus begrepen: dieren voelen geen pijn, schreef hij, ze doen alleen maar alsof. Theologen denken bij deze meningen zeker aan De Malebranche (p. 389) en biologen herkennen tegelijkertijd de Cartesiaanse biologie tot in detail.

14. Vroeg-Middeleeuwse zielbiologische problemen

De gehalveerde duizendpoot van Augustinus (vorige paragraaf) ontvouwde, bij wijze van beeldspraak, later toch een waaier van wijsgerige en theologische vraagstellingen. Overwegingen daaromtrent zouden kloosterbibliotheken gaan vullen maar komen hier niet nader aan de orde, ofschoon sommige betogen en conclusies bij tijd en wijle de biologie binnendrongen. Bij voorbeeld Haller (VII.3) was nog in de 18e eeuw met enige daarvan bezig. Als inleiding op de ontwikkelingsgeschiedenis van de zielbiologie tijdens en na de Renaissance volgen nu nog enige hoofdzaken over de theorieën uit de Oudheid en in de vroege Middeleeuwen.

De ontreddering van de eerste eeuwen van onze jaartelling die de voortgang van de biologie belette (p. 76), bood daarentegen overvloedig gelegenheid tot ontplooiing aan sektes, religies, en genootschappen met geestelijke allure. De christelijke godsdienst won met horten en stoten terrein.

Een gevaarlijke concurrent werd, in de 3e eeuw, een religie uit Babylonië afkomstig, gepredikt door Mani. Augustinus, die aanvankelijk met sympathie naar de Manicheeërs luisterde, keerde zich weldra vastberaden en onvermurwbaar tegen hen. Zij werden langzamerhand teruggedrongen en omstreeks de 11e eeuw uitgeroeid en dochter-sekten, zoals die der Katharen in Zuid-Frankrijk, pas in de 13e eeuw vernietigd.

Nieuwe theorieën, nieuwe zielen. De Manicheeërs veronderstelden een aarde-ziel, het vierde element en een nieuwigheid, want vuur, water, en lucht (*pneuma*) waren van oudsher de zieldragende elementen geweest. Men moet erkennen dat de Manicheïsche biologie een natuurlijke overredingskracht bezit: levende planten - de oorsprong en de voedingsbron van alle levende organismen - verschijnen uit de aarde. Planten zijn derhalve eerstelingen, dragers van de meest pure en onvermengde, onbesmette zielen. Dat betekent als levensgedrag voor de mens vegetarisme indien hij naar zuiverheid streeft. Arabische biologen werkten Mani's leer wat de plantenziel aangaat, verder uit (III.5).

Al eeuwenlang ontkenden en bestreden de Stoïcijnen de Pythagorische visie, dat tussen de ziel van mens, dier en plant een nauwe verwantschap zou bestaan (de Augustijnse christenen waren het met de Stoa hierover eens; XI.13). Dieren missen verstandziel en het is een onoverbrugbaar verschil met mensen. Ofschoon hun leidsman Aristoteles een veel voorzichtiger en gematigder standpunt had ingenomen, volgden in latere eeuwen de peripatetici op dit punt de Stoïcijnen. Zij handhaafden de mening dat de dieren- en plantenziel sterfelijk zou zijn en de verstandziel, privilege van de mens, onsterfelijk. Dit oogstte bijval onder christenen. Zelfs God kan een gestorven dier niet tot leven terugbrengen (Ockham; IV.3), maar voor de mens is dit, dank zij zijn onsterfelijke ziel, mogelijk en vanzelfsprekend. De zielbiologie kon echter de theologische vraagstukken niet afdoende beantwoorden.

Augustinus wantrouwde de ratio, het redelijk verstand. Zou die bovendien nu juist de oorzaak van onsterfelijkheid zijn? Onaanvaardbaar. De kloof tussen mensen- en dierenziel is van geheel andere aard. Het Nieuwe Testament bewijst het. De mensenziel is hemels, niet aards, door God geschapen, en daarom onsterfelijk.

Weerbarstige problemen ontstonden, die theologen, biologen en filosofen duizend jaar tot discussies, verhandelingen, fantasieën, gissingen en vergissingen zouden prikkelen. Elk organisme is sterfelijk en leeft. Het is bezield. De christenziel is onsterfelijk en ondeelbaar. Schept God naarmate nieuwe mensen verschijnen, nieuwe zielen of zijn de eenmaal geschapen zielen voor alle mensen van alle tijden toereikend? (Augustinus ontdekte een oplossing door *panspermie*; p. 608 - 610). Christen-biologen bleven toch vragen wat het levende lichaam tot ontwikkeling bracht, vormde en gaande hield, een agens dat voor mens, dier en plant niet verschilde als bewerker van de levensuitingen. Een sterfelijk deel van de christenziel? Onmogelijk. De verontrusting bleef, een afdoend antwoord dat zowel theo- als bioloog kon bevredigen kwam niet beschikbaar. Voor de mensenzielen bleef niets over dan een coëxistentie, vreedzaam zolang elk zich binnen eigen grenzen van werkzaamheid hield of anders zolang de klassieke zielen hun minderwaardigheid erkenden.

De vroeg-Middeleeuwse christenen namen het boek Prediker niet al te serieus. Het bevatte de stelling (3, vs. 19-20): 'Want het lot der mensenkinderen is gelijk het lot der dieren, ja, een zelfde lot treft hen: gelijk dezen sterven, zo sterven genen, en allen hebben

enerlei adem, waarbij de mens niets voor heeft boven de dieren; want alles is ijdelheid, alles gaat naar één plaats, alles is geworden uit stof, en alles keert weder tot stof.' Mens en dier hebben dezelfde adem, dat is *pneuma* zei Galenus, en mens en dier zijn en blijven 'stof', materie. Hadden zij het gewild, de materialisten van de Verlichting zouden zich op Prediker hebben kunnen beroepen. De tekst is echter oudtestamentisch en Prediker wordt in het Nieuwe Testament niet genoemd. Augustinus beschouwde Prediker niet als een volwaardig bijbelboek, maar zag er geen bezwaar in uit Prediker te citeren als het hem als bewijsmateriaal van pas kwam en andere teksten die niet bijdroegen buiten beschouwing te laten.

Zo werd en bleef de ziel een geliefd onderwerp voor kunstenaars en filosofen, om van al degenen die zich met godgeleerdheid bezighielden niet te spreken, maar dat betrof gekerstende zielen. De biologie gehanteerd door artsen, anatomen, apothekers en kruidenkenners volgde van de 2e tot de 14e eeuw de overlevering uit de Oudheid aangaande zielen als levensprincipe, gewoonlijk in overeenstemming met het Galenische ontwerp, nu en dan met een variant.

Twee toegevoegde oorzaken voor de stabiliteit van de traditionele, klassieke zielen zijn al dadelijk aan te wijzen.

De eerste is de kopieerlust, een kenmerk voor de aftakeling van de biologie na Theofrastos. Napraten van gevestigde autoriteit stelt gerust en bevredigt.

De tweede oorzaak is de dominante, waakzame en dagelijks gedrilde Katholieke christenziel. Deze nieuwkomer dwong onderwerping af. Al mochten volgens weinigen de antieke zielen stamouders schijnen en anderen dit nu juist geheel en al onmogelijk achten, de biologie van de zielen uit de Oudheid kon geen veld van onderzoek of overweging zijn voor geleerden met oog voor eeuwige waarden. Christenen betaamde het de klassieke zielen te laten voor wat zij waren. Ieder die van hun diensten wilde profiteren merkte niettemin dat zij, ingezet volgens eeuwenoude praktijk, nimmer tekort schoten; zij het dat enige onvoorspelbaarheid van hun gedragingen bleef bestaan.

Het gescheiden bestaan en bedrijf in levende lichamen bleef voor de zielen gehandhaafd tot de late Middeleeuwen, het begin van de 14e eeuw, toen Dante Alighieri het keerpunt in de Westerse biologie aanwees en in *La Divina Commedia* de christenziel en de klassieke zielen verenigde (p. 1142). Daarna hervat de biologie zijn ontwikkeling.

De sinds de 11e eeuw groeiende belangstelling voor de biofilosofie van Aristoteles kan de toenadering van de zielen bevorderd hebben. Zijn leer dwong meer en meer tot herbezinning over biologische vraagstukken. Moest men de lichaamsfuncties van alle levende wezens geheel toevertrouwen aan de zorg van krachten uit de Oudheid, aan krachten die de christenziel toch niet ongemoeid konden laten? Had God dan niet alles en als een samenhangend geheel geschapen? Met inbegrip van alle wetmatigheden waar leven uit voortkomt en aan onderworpen is?

Vanwege zijn metafysica had Aristoteles, naar de mening van sommige commentatoren, toeval in het fysisverloop als een mogelijke en herkenbare gebeurtenis erkend.

Toeval is een buitencausale gebeurtenis. Natuurwetten zijn gevolgtrekkingen uit het verloop van een causaal verbonden reeks voorvallen, een keten van meetbare verschijnselen in samenhang: elk verschijnsel, elke schakel van de keten heeft een aanwijsbare vóóroorzaak, al is deze somtijds nog niet ontdekt. Deugdelijke natuurwetten sluiten daarom toeval uit.

De mechanistisch-materialistisch geconditioneerde 20e-eeuwse natuuronderzoeker kan en zal geen toeval toelaten in zijn denkpatroon. Als leven een natuurverschijnsel is,

niets anders, niets meer en niets minder, dan zal een toeval zich als een breuk, verlegging of onvoorziene wijziging bij voorbeeld in de loop van levensprocessen - fysiologisch, genetisch, evolutionair - melden. Een interpretatie die zich aan de natuurwetenschappelijke begrenzing houdt zal het onverwachte feit constateren als een 'uitzondering' (die de regel bevestigt) en een (nieuwe) *causa* aanwijzen of, indien dit niet wil slagen, in het vooruitzicht stellen. Toeval echter vereist dit beleid van de natuuronderzoeker niet, integendeel, toeval blijft buiten bereik van de natuurwetenschap per definitie. In het laatste kwartaal van de 20e eeuw lost de moleculaire biologie - na de atoombreuk - door de nieuwe fysica het vraagstuk op: toeval krijgt erkenning in de natuurwetenschap (Crick, Capra).

Nu en dan treft men bij biologisch onderzoek van het gedrag van levende stof iets anders aan dan verwacht mocht worden, een afwijking die noch strikt begrensbaar noch ook voorspelbaar blijkt te zijn. Theofrastos had er al op gezinspeeld (p. 70, 71). Toeval of uitzondering?

Deze onzekerheid heeft de biologie nooit geheel kunnen uitbannen. De leer van het leven stelt meer dan alle andere natuurwetenschappen voor de keuze: toeval of uitzondering, òf soms onmeetbare en onvoorspelbare òf altijd definieerbare causa's. De wetenschappen van de dode stof rusten op het dogma van een universele, mechanistische causaliteit, die voor de biologie nimmer algemeen aanvaard maar wel in overheersende mate gevolgd werd. Weinigen bleven zich hardnekkig verzetten en zich afvragen of een onvoorziene storing, een onverklaarbare afwijking in een van vroeger bekende regelmaat van levensfuncties, steeds en met zekerheid een *causa* moet hebben die binnen natuurwetten opspoorbaar is en een dekkende verklaring levert. Omdat noch de metafysica noch de biologie in staat bleken een overtuigend positief of negatief antwoord afdoende te schragen, bleef de keuze tussen beide mogelijkheden voor biologen vrij. Die vrijheid leidde dikwijls tot berusting in het niet of nog niet weten, een agnosticisme; het zachte oorkussen, zei Montaigne. De laat 20e eeuwse atoomfysica heeft de intuïtieve onrust van de biologen gewettigd.

Door de eeuwen heen bleef het sommige biologen verdedigbaar toeschijnen, dat natuurwetenschappelijk bepaalbaar gedrag van levende materie, zoals organismen te zien geven gekoppeld zou zijn aan buiten menselijk kenvermogen gelegen invloeden of krachten. Zulke bindingen zouden nu juist een karaktertrek, een beslissend kenmerk van 'leven' zijn. Hun vermoeden scheen, per definitie, in natuurwetenschappelijke zin onbewijsbaar maar werd door de fysica van onze dagen (onvoorspelbaarheid van atoomsplijting) overbodig of althans op een nieuw spoor gezet.

Met een opmerking van Aristoteles wil ik een aspect van het vraagstuk, een oorzaak van de wetenschappelijke en maatschappelijke randpositie van de biologie ten aanzien van de overige natuurwetenschappen, nog toelichten.

> *Hist. Anim.* I, i 25: 'Veel dieren bezitten een mate van geheugen en zijn tot leren in staat. Geen ander dier dan de mens kan zich echter het verleden in samenhang herinneren.'

Dit laat weten dat de dier-*psyche*, de dierenziel, niet slechts zintuiglijke waarnemingen ontvangt en verwerkt, maar bovendien over een leervermogen en dus over enig geheugen beschikt. Leren vereist altijd enige coördinatie van voorafgaande ervaringen, die beschikbaar moeten blijven: een geheugenfunctie. Samenhangend en daarna ook ordenend oordelen staat alleen de mens vrij. Niettemin nemen mensen en dieren uit de omgeving, de buitenwereld, op overeenkomstige wijze kennis van gegevens, en behouden die geheel of

ten dele in herinnering, terwijl mensen daarna méér met de bewaarde informatie kunnen verrichten dan dieren. De scheidslijn tussen de (rationele) mensenziel en de dierenziel – zegt Aristoteles – is daarom in feite een grensgebied, een zone van overgang, geen kloof. De mens is het hoogst begaafde dier.

In de Middeleeuwen en daarna leidde deze passage herhaaldelijk tot uitvoerige discussie. Het laat zich niet ontkennen: mensen- en dierenzielen reageren nu en dan op dezelfde manier, soms onverwachts en verrassend, en we moeten geloven, binnen een overgangsgebied. Het blijkt ondoenlijk de grenzen te trekken die op veel plaatsen variabel en beweeglijk zijn. De overeenstemming tussen mens- en dierreacties en gedragingen komt dikwijls voort uit onvoorziene, onvoorspelbare, zeldzame maar natuurlijke verbanden; zij zijn geen schijn maar werkelijkheid. Aristotelianen zouden zeggen: het zijn daden van overeenstemmende zielorganen. Twintigste-eeuwers zeggen: het zijn gevolgen van overeenstemmend materiegedrag. Beide uitspraken missen meetbaar, natuurwetenschappelijk bewijs.

Een mate van deelgenootschap van mensen- en dierenzielen werd door de Middeleeuwse clerus met beslistheid afgewezen, een veroordeling die tot in de 17e eeuw gehandhaafd bleef. De krachtbron voor het gedrag der dieren is volslagen anders dan van de mens. Hier geen grensverlegging, geen compromis; geen overgangszone (Augustinus).

Onverklaarbare en uitzonderlijke verschijnselen in de levende natuur schreef de bioloog in de Oudheid toe aan een caprice van de ziel of van de goden. Een andere verklaring zocht hij niet en behoefde hij niet. Na het begin van onze jaartelling zochten biologen – voor zover zij hun voorgangers niet napraatten – voor onverwachte levensuitingen causa's die nauwer met materie en structuur (organisatie) samenhangen. Zij beschouwden die causa's in de regel wel als bevreemdend, maar ook als voortvloeiend uit wetmatigheden, uit natuurlijke ordening en regelmaat. Het onregelmatige kan zowel een toeval als een uitzondering blijken te zijn, maar het is een nieuwe waarneming, een nieuwe vondst die zich later toch wel zal voegen in de cyclus van *causa* en gevolg, die weer *causa* wordt, een en ander onder Gods leiding. Zij zetten de eerste stap – onzeker en zelden – in de richting van ons huidige wereldbeeld.

De Middeleeuwse biotheologie ving deze ontwikkeling met vaste hand op door alle levensverschijnselen, gebruikelijke en ongebruikelijke, te verklaren als door God gewilde voorvallen. God regelt alles, elk detail, op Zijn tijd en Zijn manier, en bekommert zich daarbij niet om menselijke biologische verklaringen. Dat wat mensen misvormingen, afwijkingen, 'monsters' noemen, is in waarheid een onmisbaar deel van een volmaakte schepping, onverschillig hoe mensen sommige bestanddelen daarvan zullen waarderen. In dit licht gezien zijn de monstrologiën, die in de 16e eeuw het meest talrijk en omvangrijk worden, geen sensatiezucht of een behagen in rariteiten. De kosmos is geheel gevuld en kent geen lacunes, geen speelruimte voor toeval en daarom zijn wanstaltigheden in het geheel niet abnormaal. Zij zijn ongebruikelijk, maar evenals al het overige, gewild en geschapen. In een complete natuurleer mogen abnormaliteiten niet ontbreken.

Dit is de reden waarom Augustinus de schelmse, buitennatuurlijke streken van de Italiaanse waardinnen – die een 20e-eeuwse bioloog voor onoplosbare problemen stellen en die hij slechts ontkennen kan – geen bijzondere aandacht waardig keurde (p. 124). Tertullianus (p. 116) had geen behoefte aan een biologische verklaring voor het verschijnsel (dat voor hem een voldongen feit was) dat een lijk de handen vouwt om te bidden. De 20e-eeuwer heeft die behoefte evenmin, want hij ontkent het voorgevallene (een metafysische ontkenning, want natuurwetenschappelijk gefundeerd bewijs voor het niet gebeurd zijn

staat niet ter beschikking.

De theologen van de 1e tot de 16e eeuw beschouwden leven en de biologie incluis als een strikt causaal gebonden complex van verschijnselen, even vast overtuigd als de meest orthodox materialistisch interpreterende biologen sinds de 18e eeuw. Met dit verschil dat de theologen ongrijpbare causa's aan God beschreven en toevertrouwden en de latere materialisten de materie met die Goddelijke almacht bekleedden. In de tweede helft van de 20e eeuw keren sommigen terug naar Pyrrhoon. Anderen beroepen zich op een (tijdelijk) onvermogen causa's te doorzien. Heel dikwijls kiest men de uitweg voor problemen van deze soort door ze als metafysica ter zijde te laten, als niet-behorend tot de biologie. Gemakshalve zien deze laatsten over het hoofd dat metafysica en biologie onverbrekelijk verbonden waren en, als alle tekenen niet bedriegen, zullen blijven. De vastberaden weigering van de overgrote meerderheid van de biotechnici der 20e eeuw om metafysica als een factor in biologisch onderzoek en bij de interpretatie van resultaten te erkennen (aansluitend op overwegingen van o.m. Descartes, F. Bacon en Kant) kwam hieruit voort.

15. Arabische zielen in de biologie van de 9e tot de 12e eeuw; Avicenna en Averroës

In de medisch-magische Byzantijnse schrijfsels tijdens het Oostromeinse Keizerrijk verschilden de zielopvattingen, biologisch beoordeeld, niet van de vóór-christelijke. In levenselixers en in al wat ziekte zou kunnen tegengaan was men sterk geïnteresseerd. De bezielde oervochtigheid, *humidum radicale*, werd onder allerlei benamingen in beschouwing genomen, bij voorbeeld door de 6e-eeuwers Aetios (p. 118) en Alexander Trallianus (p. 118).

De Arabische geleerde wereld, voornamelijk werkzaam in het Midden-Oosten (onder hen de Nestorianen (p. 355)), sloot zich bij Aristoteles, maar meer nog bij Galenus aan, materieel en immaterieel, naar lichaam en ziel.

De Middeleeuwse Arabische zielbiologie kenmerkt zich door een verdere uitwerking en detaillering van de vroegere leerstellingen. Een analogie met de architectuur dient zich aan: decoratie van gebouwen naar klassiek model.

Costa ben Luca (III.4) is een goed voorbeeld. Hij schreef in de 9e eeuw de onstoffelijke beïnvloeding van zielen door sterrestraling – die Platoon kon onderscheiden – toe aan aardse factoren. Een ongunstig milieu (klimaat, temperatuur, voeding) benadeelt de drie Galenische *spiritus*. Het schijnt dat Costa de zegswijze *mens sana in corpore sano* in twee richtingen wilde uitleggen: beïnvloeding van het lichaam door de *spiritus* (gunstig en ongunstig) en omgekeerd de *spiritus* door de lichamelijke conditie. Daarnaast zijn kwantitatief bepaalbare externe oorzaken direct verantwoordelijk voor de toestand waarin lichaam en geest zich bevinden: daar is Costa zeker van.

Zijn tijdgenoten, de 9e- en 10e-eeuwse Nestorianen, zoals Serapion de Oude (Yuhanna ibn Serapion), Ali-ibn-al-Abbas, El-Razi (p. 131, 132, 355) en de beroemde neo-Platonische filosoof Isaac Israeli, bedachten vier fasen in de voedselfysiologie, vier uit voedsel voortkomende vochten, die de Hippokratische lichaamssappen begeleiden. Eén van de vier, het bezielde oervocht, treedt op als regulateur van de levensduur en de gezondheid. Constantinus Africanus (III.12), hoogstwaarschijnlijk de vertaler van Serapions en Ali-ibn-al-Abbas' werk in het Latijn, weet ook van allerlei alchemistisch geschoolde zielen te vertellen die een viervoudige levensverrichting verzorgen en volvoeren, waarbij de Heraklitische leer en de wisselwerkingen warmte/koude (vuur/water) de sleutel moeten zijn

voor het begrijpen van de Constantijnse fysiologie.

Geen van de genoemde auteurs vond gehoor in de mate waarin Avicenna aandacht kreeg. Hoe ondoorzichtig en onkritisch de geschriften van Avicenna voor 20e-eeuwers ook mogen zijn, vergeleken met die van zijn voorgangers munten zij uit door begrijpelijkheid en een systematische behandeling van zijn onderwerpen. Deze eigenschappen vooral vestigden zijn gezag. Een nieuw inzicht, een gegeven dat in voorafgaande literatuur niet te vinden zou zijn, treft men echter in Avicenna's verhandelingen nauwelijks aan.

Avicenna (III.6) was pantheïst, neo-Platonist en Aristoteliaan. Toen zijn boeken in de tweede helft van de 12e eeuw in het Latijn vertaald waren, veroverde zijn werk tijdens de 13e eeuw een vaste plaats in de Westerse cultuur.

In levende organismen, zei Avicenna, verblijven uit een wereldomvattend *pneuma* gesproten zielen. Men leert door eliminatie ziel kennen, hetgeen wil zeggen dat alles wat stoffelijk en lichamelijk is, herkend en begrensd moet worden. Van alle overblijvende lichaamsfuncties moet ziel dan de oorzaak zijn.

Van de mensenziel is het denkende deel vrij van materie en onsterfelijk. Zes verschillen met de dierenziel zijn aanwijsbaar:

1. sociale belangstelling
2. de drift en kracht cultuur te scheppen
3. het bezit en het hanteren van taal als middel tot onderlinge communicatie
4. het besef van morele waarden
5. bewustzijn van de toekomst
6. begrip van het heden (? van tijd).

Dokter Avicenna maakte een omvangrijke beschrijving van de hersenen, uit- en inwendig en van de zintuigen. Het zien ontstaat omdat *pneuma* via de holle gezichtszenuw de hersenen bereikt. Het hart zendt als levenscentrum *pneuma* naar alle lichaamsdelen, met voorrang naar de hersenen. Daar aangekomen brengt het *pneuma* de hersenwerkingen op gang, zodat de ledematen bewegen.

De ziel is een substantie (*substantia*) en hij kan niet zonder een lichaam bestaan. Het lichaam is geen gegeven bestel, geen instrument gereed om de levensverrichtingen uit te voeren. Slechts dank zij de zielwerkzaamheid werd het organisme wat het is; het lichaam is de 'act' van de ziel, in perfectie tot stand gekomen. De ziel is autonoom, zelfstandig, maar gebonden aan een levend organisme. Aristoteles' entelechie (p. 49) werd door Avicenna onderschreven.

Over de zielbiologie huldigde Avicenna dus de opvattingen die sinds vijftien eeuwen gangbaar waren. Met enkele geringe wijzigingen. Hij onderscheidde de drie zielen naar het model van Aristoteles, maar hij voorzag ze, naar Galenische trant, van meer en meer gerichte krachten, van nauwkeuriger omschreven functies. De planteziel had vooral zijn aandacht; hij was als arts grotendeels voor zijn geneesmiddelen van planten afhankelijk. Avicenna constateerde dat de plantenziel over voedingskracht, groeikracht en zaadkracht beschikte, drie goed onderscheiden vermogens. Misschien heeft hij bij de vaststelling van dit drietal aan de Ware Broeders (III.5) gedacht, die kort tevoren zeven krachten in de plantenziel hadden opgespoord.

Avicenna's voorkeur voor planten kan bevorderd hebben dat hij Theofrastos' gedachten over het *(h)umidum primigenium*, het met ziel verbonden levensvocht, overnam en uitwerkte. De Hippokratische lichaamssappen allereerst, maar vervolgens wees Avicenna

– zoals zijn voorgangers – op nog vier vochten die het levende lichaam nodig heeft. Drie dankte hij aan Galenus, die ze weer – in grove trekken – in het *Corpus Hippocraticum* (*Peri Trofès*) had aangetroffen. De vier supplementaire vochten ontstaan uit voedsel. Het eerste in de maag, vloeibaar geworden voedsel, dat als vloeistof in het bloed vervoerd wordt. Het tweede komt uit het eerste voort, dringt in alle spleetjes en poriën van de lichaamsdelen door en bedekt als een dauw alle weefsels. Het derde vocht is, na het afstaan van de dauw, wat kleveriger en dikker geworden, trager vloeibaar (*gluten*). Hieruit, zegt Avicenna, ontstaat de lichaamsmaterie, terwijl een vierde vocht zich daarbij afzondert. Het is de fameuze *humor radicalis*, wortel van het leven, de zielhulp en de onmisbare steun van het hele fysiologische bestel die bestuurd door de ziel de voortzetting van het leven verzekert.

Dezelfde ingeboren natuurvochtigheid, die *emphyton hygron* (Theofrastos, p. 1113) had Galenus in levende dierlijke lichamen bespeurd, maar geloofd dat het tweede vocht, de voedende dauw (*drosoeides*), hetzelfde was en bovendien dat elk orgaan zijn eigen bijzondere levensvocht bevatte.

Denk aan een lampepit, adviseerde Galenus, en Avicenna zei het hem na. De vlam van een brandende lamp zuigt de pit leeg terwijl de lampolie de geleegde pit binnendringt (*horror vacui*). Niettemin zal na verloop van tijd de vlam de pit op zo'n manier uitdrogen dat hij geen olie meer opneemt, ook al hangt hij in volop olie.

In ons lichaam gaat het niet anders. De levenswarmte zal op den duur het oervocht doen opdrogen, met het gevolg dat de lichaamsdelen geen voedsel meer kunnen opnemen. Het tweede en het derde voedselvocht kunnen de weefsels niet meer binnendringen, evenmin als de olie in de verschroeide lampepit. Het proces eindigt met de dood, omdat de levenswarmte het oervocht als voeding nodig heeft en zo vernietigt de levenswarmte zichzelf en maakt een einde aan zijn (en ons) voortbestaan. Het denkmodel is een parallel van Herakleitos' leer (I.8, p. 332). Als hoofdzaak verbond Herakleitos de levensduur aan de actieve strijd van vijandige 'elementen'. Vuur (levenswarmte) heeft zelf de toevloed van oervocht geblokkeerd en moet daarom sterven.

Het is onnodig hier de medische consequenties te vermelden die Avicenna met deze gang van zaken kon verklaren. Hij bracht de voedende ziel en diens bron en werktuig, de *humor radicalis*, weer onder de aandacht van degenen die levende organismen bestudeerden.

Vervolgens sneed Avicenna het in de Oudheid biologisch onvoldoende uitgewerkte probleem van de zielsonsterfelijkheid aan. Kennelijk zag hij de noodzaak de visies van Platoon en Aristoteles te toetsen aan het monotheïsme, in zijn geval aan de islam. Hierbij kwam het Middeleeuwse twistpunt aan de orde: kan iets uit niets ontstaan? Avicenna wist zeker dat Allah zielen uit niets zou kunnen scheppen, maar het is niet noodzakelijk dat Hij dit doet. *Pneuma* is beschikbaar. Een eeuwige kosmische *pneuma*-voorraad maakt een preëxistentie voor zielen overbodig. Naar behoefte worden zielen uit *pneuma* geschapen en na de dood keren zij tot de alziel, het kosmisch *pneuma*, terug.

Averroës (III.7) hield staande dat niets uit niets kan voortkomen en dat bracht hem dadelijk in botsing met zowel christelijke als islamitische theologen. Hij ondermijnde de almacht Gods of die van Allah. In tegenspraak met Aristoteles oordeelde Averroës dat de ziel, ook die van de mens, sterfelijk is, met inbegrip van het denkende zieldeel. Er is, betoogde Averroës, een kosmisch Intellect, een *Intellectus agens* dat buitenmenselijk en onsterfelijk is, dat schept en bestuurt, dat het menselijke intellect van denkvermogen voorziet. Dat bijzondere denkvermogen staat de mens, en de mens alleen, ter beschikking

zolang hij leeft. Elke ziel komt voort uit een *potentia*, te weten: een werkelijkheid in aanleg, die zich ontwikkelt tot volle wasdom door toedoen van de Intellectus. Omdat alle potentia's act worden, dat wil zeggen, daadwerkelijk tot een feitelijk bestaan komen, blijft niets onvoltooid en wordt de waarneembare wereld noodzakelijk zoals hij is (necessitarisme). Onnodig te wijzen op gedachten van Anaxagoras (I.11), Spinoza (V.21) en van de preformisten (V.28), die aan Averroës' uitspraken nauw verwant zijn. Ik vermeld elders (p. 138) dat hij Tertullianus' hypothese van het traducionisme steunde. Voor wat betreft zielen zou Averroës' standpunt met een variatie op Harveys zinspreuk (p. 273) als *omnis anima ex anima* geformuleerd kunnen worden. Samenvattend stel ik vast dat de waardering en aandacht voor de klassieke zielen onder islamitische geleerden groter was dan onder christelijke: de islamieten namen de klassieke zielen au serieux.

16. Christelijke zielbiologie in westelijk Europa (11e–12e eeuw)

Ofschoon Hildegard van Bingen – getrouw aan duizend jaar christelijke traditie – de klassieke zielen liet voor wat zij mochten zijn, verzuimde zij de gelegenheid niet om de veraardsing, zo men wil vermaterialisering, die in haar overige theologische geschriften tot uiting komt, ook in haar biologische zielinterpretatie krachtig te doen gelden. Zij zocht de goden in de keuken.

De christenziel beweegt zich voort, verzekert zij, door een buis zoals *pneuma* sedert de 4e eeuw v. Chr. door de holle zenuwen placht te doen. Zij kon het gedrag en de aard van ziel, de christenziel welbegrepen, eigenlijk niet van melkgedrag onderscheiden. De veronderstelde verwantschap stoelt op de Aristotelische en pre-Sokratische leer, dat bloed ziel huisvest en het (groeiende) organisme voedt. Borelingen worden gevoed door melk (en vóór hun geboorte door bloed), vandaar de gelijkgeaardheid van melk en bloed, zodat beide even geschikt zijn om ziel te herbergen. Hildegard die dit in een visioen doorzien had, noemde echter de Maagd als oorsprong van haar gegevens, misschien niet geheel in overeenstemming met de historie van de biologie (III.13).

Singer meende, op grond van haar werk, dat zij aan ernstige migraines geleden moet hebben. Ik vermoed dat een psychiatrische analyse van haar mededelingen nog aanvullende redenen kan opleveren om haar uitspraken mild te beoordelen.

Een enkel woord over de veronderstellingen van Gilbert van Engeland. Hij was ruim tien jaar ouder dan Hildegard en had in Parijs theologie gestudeerd.

Gilbert (ca. 1083, Sempringham – 1189, ibid.) stichtte de orde der Gilbertijnen in 1131 en een dubbelklooster (1183). De orde werd in 1583 ontbonden.

Merkwaardig is dat in zijn klooster slechts geestelijken toegelaten werden die getrouwd geweest waren en merkwaardiger nog de variant die hij aanbracht in het gedrag van zielen. Hij noemt ze *vires*: de *vis vitalis* is de voornaamste levenskracht. Deze verplaatst zich in rechte lijn. De twee andere, *vis naturalis* en *vis animalis*, bewegen in cirkels. Hij schijnt zich vooral op Platoon georiënteerd te hebben (bij Aristoteles is de ziel zelf onbeweeglijk), maar men zou veel meer over zijn gedachtengang willen weten. Had hij een eerste vermoeden van een bloedsomloop?

Onder de theologen van de vroege 12e eeuw kreeg de biologie van de ziel ook bij William van Conches (III.16) ruimschoots aandacht. Zijn leer is een mengsel van Platonische, Aristotelische en christelijke standpunten. Hij schreef onder meer commentaren op *Timaios* en hij zag de wereld als een geordende samenhang van al het geschapene (*ordinata*

collectio creaturarum). De Wereldziel (Platoon), entelechie (Aristoteles) en Heilige Geest zijn innig verbonden. Deze laatste manifesteert zich als een natuurkracht die God in de organismen uitstortte, waarna de drie Aristotelische vormende krachten in de levende materie werkzaam zijn. Dit pantheïsme voorziet de levende wezens van een inwonende Heilige Geest, verschillend naar de aard van het organisme.

De wereld is een harmonisch geheel, onderworpen aan natuurwetten die voor menselijke rede toegankelijk zijn. Bovendien prijst de wereld Gods eer, is schoon, en verdient bewonderende studie: de mensen, dieren en bloemen.

Ik kan de gedachte niet onderdrukken dat Williams zielsleer de toelating aankondigt van Platoon en Aristoteles als christenen, een eeuw later (p. 163). Overigens steunde William de atoomtheorie volgens Demokritos. Alle dingen, dood of levend, bestaan uit atomen en het levensprincipe, ziel, is tevens stoffelijk, materie, en geen onstoffelijk beginsel. Met die conclusie benaderde William de visioenen van zijn ordezuster Hildegard.

17. Zielstudies door Frederik II, Thomas en Albert (13e eeuw)

Iets van het experimenteel zielonderzoek dat Frederik II ondernam, staat elders vermeld (p. 155). De biotheologische beschouwingen van Thomas van Aquino en van Albertus Magnus hebben recht op wat meer aandacht dan zij in mijn overzicht tot zover kregen. Op grond van theologische overwegingen verschaften zij Platoon en Aristoteles toegang tot de christenheid (p. 158) omstreeks 1230. Het overschrijden van die drempel inspireerde Dante tot zijn visionaire uitspraak over de vereniging der zielen (XI.18) aan het begin van de 14e eeuw. In de 15e en 16e eeuw zette de biologie gestimuleerd door de vernieuwde zielen de ontwikkeling voort, o.a. door het werk van Servet, Fernel en Vesalius (XI.19).

Thomas van Aquino, doctor angelicus, 13e-eeuwse tijdgenoot van Albertus Magnus, commentator en kenner van Aristoteles bij uitstek, hield zich uitvoerig met de christenziel bezig. Hij begreep precies waar het breekpunt tussen theologie en biologie gezocht moet worden. Helder en duidelijk wees hij de grens tussen natuur en bovennatuur aan, in Middeleeuws perspectief, en hij wees de fysische zielen, belast met aardse, stoffelijke taken hun werkplaats aan. Het middel om dat terrein te herkennen doet hij aan de hand. 'Dit is nu 'natuurlijk' wat zich overal gelijkelijk kenbaar maakt, omdat de natuur altijd op dezelfde manier te werk gaat.' Hier staan Thomas, Galileo en Newton hand in hand.

Groot was Thomas als theoloog; als bioloog telt hij ternauwernood mee. Augustinus was zijn leidsman. Aristoteles die als het dieren en het leven van organismen betreft als waarnemer en denker verreweg zijn meerdere was, Aristoteles die hij toch grondig bestudeerd had, kon hem geen biologie leren. Thomas' conclusies over ziel zijn een boekdeel waard, maar met betrekking tot de biologie noem ik hem slechts als voortzetter van de stellingen van Augustinus.

God bekleedde de mens met de absolute heerschappij over de dieren. Deze zekerheid ontleende Thomas aan de bijbel, het Oude Testament (Psalm 8, vs. 7–9). Geen rechten voor dieren. Toch wilde Thomas met menselijke gevoelens rekening houden. Hij onderscheidde gevoelens door rede opgewekt en gevoelens die niet meer dan een onberedeneerde gemoedsaandoening zijn. Op redelijke gronden is het volstrekt onverschillig hoe mensen dieren behandelen, dat hebben de bijbel en Augustinus Thomas verduidelijkt. Als gevolg van een gemoedsaandoening echter kunnen mensen met dieren die pijn voelen mededogen hebben. Thomas verwelkomt dit medegevoel: het is in overeenstemming met de bijbel

(Spreuken 12, vs 10). Rechtvaardigen behandelen hun vee naar behoren en zullen, voorspelt Thomas, medemensen evenzo goed bejegenen. Wel tekent hij aan, om misverstand te voorkomen, dat mededogen met dieren moreel betekenisloos is. Slechts mededogen met medemensen is verdienstelijk; een goede behandeling van dieren (bij voorkeur vee) is sympathiek maar niet verdienstelijk. Voor en na Thomas pasten degenen die de biologie beoefenden met behulp van vivisectie, deze redenatie toe indien zij zich al rekenschap gaven.

De katholieke clerus beschouwt, sinds Thomas, wreedheid als ongewenst, maar volgens de kerkwet is men vrij dieren naar believen te behandelen of te mishandelen. Zeker als voor het laatste een goede reden is. Stieregevechten, vossejachten en vivisectie zijn goede redenen. Paus Pius XI (paus van 1922–1939) weigerde (vanwege Augustinus en Thomas) zijn toestemming voor de oprichting van een dierenbeschermingsvereniging in Vaticaanstad terecht. Die weigering steekt door zijn onbeschroomde rechtlijnigheid gunstig af bij de wetgeving in de overige wereld, waar dierenbeschermende wetten bon ton zijn en de bioindustrie bloeit.

Thomas en Albert ontwikkelden een nieuw begrip van de *humidum radicale*, het bezielde oervocht. Bij Thales waterachtig, bij Herakleitos een samenspel van vuur en water, bij Hippokrates een warme vochtigheid, bij Theofrastos de voedende (plantaardige) ziel, bij alle auteurs die zich met de levensvochtigheid hadden beziggehouden: onmisbaar in het levende lichaam, met vormende en ordenende vermogens, een beletsel voor ontbinding.

De grote 13e-eeuwse theologen beoordeelden het levensvocht opnieuw; aan zijn aanwezigheid twijfelen zij niet in het minst. Albert wijst echter twee vochten aan, het ene voedend en het andere het ware *humidum radicale*. Overigens gaan de levensduur en de conditie van het lichaam samen met de beschikbaarheid van het oervocht, dat allengs vermindert totdat de dood volgt. Het is de oude leer (Hippoon). Echter, God beslist het tempo van de vermindering die, fysiologisch begrepen, door drogende lichaamswarmte veroorzaakt wordt.

Thomas ontdekte een biotheologische valstrik. Gegeten voedsel verkrijgt per slot van rekening de vorm van de eter. Dit vormende vermogen kan niet aan een voedende ziel toegeschreven worden. Gods evenbeeld ontstaat niet klakkeloos, zo maar door een voedende zielwerkzaamheid. Augustinus' oplossing (preëxistentie, *panspermie*, p. 1131) kan Thomas niet aanvaarden. Vorming moet veeleer uit een immateriële kracht voortkomen. Daarom heeft Albert op goede gronden twee levensvochten onderscheiden, het voedende vocht en *humidum radicale*, en dit laatste is autonoom binnen het lichaam; het kan vormen. Wij zijn Aristoteles' entelechie en *causa formalis* aan de hand van Thomas' beschouwingen verbazend dicht genaderd.

Deze Thomistische ontwikkeling van Aristotelische opvattingen – via Avicenna – heeft geen toelichting nodig, maar ik noteer en passant dat Thomas niet de christenziel met de lichaamsvorming belast. Die ziel blijft zich, als een ware kloosterling, met andere dan lichamelijke of wereldse zaken bezighouden.

Vorm, legt Thomas uit, is een begrip, wel aan lichaamsmaterie gebonden, maar daarvan een immateriële eigenschap. Het voedende zielvocht wordt lichaamsmaterie, *humidum radicale* geeft er de vorm aan. Nu kan men begrijpen dat vorm van geslacht op geslacht kan overgaan en onbeperkt veel materie kan vormen, want *humidum* radicale is niet kwantitatief met materie verbonden. Het heeft continuïteit en dus ook deel aan onsterfelijkheid. Een ieders *humidum radicale* zal bij de Verrijzenis aanwezig zijn.

De mens, het levende schepsel dat hemelwijd van alle dieren verschilt omdat zijn

lichaam het onderkomen is voor een ziel met besef van Gods schepping en Zijn macht, bestudeerde Albert de Grote (III.19) niet in anatomische bijzonderheden. In de loop van de 12e eeuw werd de chirurgie voor de geestelijkheid verboden (*Ecclesia abhorret a sanguine*, de Kerk verafschuwt bloed). De ziel daarentegen kreeg Albertus' volle aandacht: dat was geoorloofd want ziel is niet identiek met bloed (p. 1118).

Uit zijn studie (*De Anima* XX, v) blijkt dat de mens, en die alleen, de schakel tussen God en de wereld is, omdat slechts de mens een goddelijk verstaan in zich heeft (*solus homo nexus est Dei et mundi eo quo intellectum divinum in se habet*). Albertus' levenswerk beoogde theologie, filosofie en biologie, elk met behoud van eigen identiteit en binnen eigen grenzen te doorzien en hen te begrijpen als een eenheid in verscheidenheid, voortgekomen uit één *Causa*. Een groots concept, een hoog doel. De missers van biologische aard, hoe talrijk ook en hoe vreemd zij ook schijnen, mogen de betekenis en kwaliteit van zijn werk niet ondermijnen.

Dieren en planten leven en zijn daarom bezield, maar zij zijn niets meer dan materie. Die materie wordt door *succus* bestuurd, sap dat in potentia alle organen vormen kan en dit op het juiste moment ook doet. Albertus besteedde veel aandacht aan de *causa formalis*, naar Aristotelische trant, en besprak de fysiologie volgens Galenische opvattingen.

Hij besloot dat planten een *anima sensibilis* bezitten, een voor van buiten komende invloeden gevoelige ziel. Als het donker wordt bewijzen de slaapbewegingen van sommige planten de werkzaamheid van de plantenziel.

De eerste aanleg van de fysiognomie en de frenologie, wetenschapterreinen die Aristoteles en vooral Theofrastos aangewezen hadden, werden door Albertus ontwikkeld. Het uiterlijk van de schedel gaat met sommige zieleigenschappen samen. Ook zijn waarnemingen en ervaringen niet geheel beslissend voor de reacties van de (mensen)ziel. De mens kan door scholing (*disciplina*) uit de zintuigervaringen gevolgtrekkingen maken (*in contemplandis*). En met zijn vriend Thomas samen betoogde hij, dat indoctrinatie neigingen van het denkende verstand en van de persoonlijke moraal wijzigen kan en zelfs de fysiologie kan beïnvloeden. Het kon met een voorbeeld uit het *Corpus Hippocraticum* bewezen worden.

De waardering voor Albertus Magnus als bioloog is de laatste eeuw voortdurend toegenomen, in weerwil van het hardvochtige vonnis van Haller (p. 431) en van Sprengel (p. 511) dat in 1807 geveld werd. Haller vond Albertus een onwetende, bijgelovige sprokkelaar en Sprengel beschouwde hem als een knoeier. Beide critici hadden Albertus' werk niet gelezen en dat is vergefelijk, want een aandachtig doorlezen vereist tenminste enige jaren. Zij oordeelden echter over Albertus' botanie en beperkten zich in feite tot *De Herbis... virtutibus Plantarum* dat in eerste editie te Bologna in 1478 verschenen was. Met zekerheid is intussen vastgesteld dat Albertus die verhandeling niet geschreven heeft en dat hij hoogstwaarschijnlijk van een 14e-eeuwse bisschop afkomstig is, een zekere Albertus Saxonius. Dit betekent dat het oordeel van Haller en van Sprengel hard, maar niet onjuist is en dat het met Albertus Magnus' werk niets heeft te maken (p. 160).

Albertus biologische werk behoort tot de eerste voorbijgaande opleving van de Europese cultuur. Ik beschreef hoe Thomas en hij veel meer aandacht voor de klassieke zielwerkzaamheden aan den dag legden dan de christelijke geleerden vóór hen. In het jaar dat Albertus stierf werd Dante Alighieri vijftien.

18. Einde der Middeleeuwen: de vereniging van de zielen

Platoons zielleer kwam ter sprake: zielen beheersen de fysiologie en de moraal, van mens en dier, en zij zijn strikt beschouwd onsterfelijk. Aristoteles bracht een scheiding aan tussen de rationele ziel en de andere, onredelijke zielen. De mens bezit ratio, constateerde Averroës en deze komt hetzij van buiten af het lichaam binnen, hetzij zetelt inwendig als een eigenschap die mensen kenmerkt. Dat helderde weinig op.

Thomas werkte Aristoteles' initiatief (*De Anima* II, iv) uit. Een vegetatieve ziel is eigen aan het foetus en deze ziel vergaat na enige tijd. Een sensitieve ziel volgt hem op, die eveneens sterft. Nu gaat de rationele ziel, door God gezonden en onsterfelijk, de mens binnen. Om een biologische onderbouw van deze puur theologische successie bekommerde Thomas zich niet. Ik evenmin, hoewel ik noteer dat de 20e-eeuwse abortuspraktijk (in het Westen) Augustijns-Thomistisch is.

Thomas en de scholasten konden een ernstige moeilijkheid niet oplossen. Als de ongeboren mens op zijn best een sensitieve ziel voortbrengt, dan komt de leer van de erfzonde in gevaar. Een tijdgenoot, een dichter, loste het vraagstuk op.

Dante Alighieri (1265–1321), dichter en visionair kunstenaar, baande al heel vroeg in de 14e eeuw de nieuwe weg die biologen konden volgen, een eeuw nadat Albertus Magnus zijn droom droomde (p. 159). Hij beschreef met vaste hand zoals een ooggetuige de toenadering en vereniging van de christenziel met de klassieke zielen.

La Divina Commedia is Dantes meesterwerk. Hij schreef het tussen 1307 en 1321 en hij structureerde zijn gedicht met de modulus 3, het getal dat na de Oudheid zo dikwijls leiding bleef geven bij de bouw van theologische en taxonomische systemen (X). De Divina Commedia bevat zielbiologische gegevens die Dante, naar hij zegt, aan Statius te danken heeft.

Publius Papinius Statius leefde in de 1e eeuw (ca. 40 - ca. 96) en was een redenaar en dichter, een gunsteling van keizer Domitianus, populair in Rome.

In de eerste twee eeuwen van onze jaartelling heerste nog een goede verstandhouding tussen de klassieke zielen en de christenziel (XI.11). Dante sluit zich bij Statius en die harmonie van de 1e eeuw volmondig aan. De biologische gegevens die Dante aan Statius te danken heeft (het werk van Statius heb ik niet kunnen raadplegen) kunnen als volgt worden samengevat.

Het nobelste deel van het bloed verkrijgt in het hart een actieve kracht [*causa formalis*] en ontwikkelt zich bij de man tot sperma dat het passieve vrouwelijke bloed in de baarmoeder ontmoet. De actieve kracht wordt in dierlijke embryo's eerst plantenziel, daarna de sensitieve dierenziel. Het denkvermogen is weliswaar met geen zintuig verbonden maar niettemin een zieleigenschap. God voegt de christenziel toe aan het embryo als de hersenen gevormd zijn, en alle zielen verenigen zich tot één ziel, de mensenziel.

Merk op hoe de christenziel 'met macht bekleed' is en zich onbeschroomd, men zou menen van nature, van de klassieke zielen, de 'krachten die hij aantreft' meester maakt.

> La Divina Commedia (Purgatorio), canto xxv: '... Open uw hart voor de waarheid en begrijp dat zodra de hersenen van het foetus tot een volmaakte bouw ontwikkeld zijn, de Albeweger, behagen scheppend in dit vertoon van Natura's vaardigheid, zich nu hiertoe wendt en een nieuwe geest doet binnenstromen die met macht bekleed is en in zichzelf alle krachten die hij daar aantreft, opneemt, en daardoor één enkele ziel wordt, die leeft en voelt en zich van eigen bestaan rekenschap geeft...'

Ik teken aan dat Dante zelf ook de zieleenheid verkondigde, want reeds in de aanhef van Canto IV van Purgatorio wijst hij op 'de dwaalleer dat in ons méér dan één ziel werkzaam zou zijn.'

Het dichterlijk visioen van de éénwording van de zielen was in de 14e eeuw een omwenteling in de gevestigde zielorde. God verenigde de christenziel met de klassieke zielen in het embryo zodra een passende woning beschikbaar kwam. Na Dante's geïnspireerde mededeling bezit de mens, elk organisme, één ziel, vernieuwd en herboren met behoud van de oude faculteiten. Van nu af aan beschikt de ziel over het vermogen rationeel te denken en onbesuisd te geloven, om te willen en te weigeren, terwijl dezelfde ziel alle lichamelijke processen bestuurt, soms door direct ingrijpen, soms door afgezanten en dienaren. Niet met zekerheid laat zich echter vaststellen of de ziel geheel of ten dele materie is, misschien een heel bijzondere materie, een *fluïdum*. Deze vraagstukken en levensuitingen zullen biologen niet alleen eeuwenlang bezighouden, maar aanvuren zoals nimmer tevoren. Het zielverbond heeft de biologie tot nieuw leven gewekt, tot ongehoorde vorderingen in staat gesteld (XI.19).

De eerste die door zijn schitterend intellect en streng bijbels denkraam bewees de revolutie in de biologie verstaan te hebben, was Nikolas von Kues, Cusanus, de geniale kardinaal (p. 360). Zijn pleidooi voor experimenteel onderzoek noem ik ook op die plaats. Ongetwijfeld had hij in het apocriefe bijbelboek over de Wijsheid (van Salomo) gelezen dat God 'alles naar maat, getal en gewicht geordend heeft' (Wijsheid 11, vs. 21). De experimenten die hij beschreef – Crombie (1952: 265) vertaalde zijn verslag, vervat in *De Staticis Experimentis* (1450) – zijn precies op maat, getal en gewicht toegespitst.

Cusanus' verhandelingen dateren van ruim een eeuw na Dante's *Divina Commedia*. Hij beschreef in *Liber de Mente*, dikwijls samengebonden met *De Docta Ignorantia*, volgens bijbelse richtlijnen hoe de nieuwe zielbiologie verstaan moest worden. Het woord *phisici* in zijn tekst vertaalde ik met 'biologen', en *spiritus* met 'geest' (niet met 'levensgeest' zoals Cassirer deed). Een filosoof onderwijst zijn leerling.

> *Lib. de Mente*, ed. Cassirer, p. 255: 'Met genoegen wil ik dat wat ik begrepen heb, herhalen. Met wat Gij wilt weten is het als volgt gesteld. De biologen zeggen dat de ziel (*anima*) met een uiterst fijne geest vermengd is (*spiritus tenuissimo immixta*) die door de bloedbuizen (*arterias*) verbreid is, zodanig dat die geest de ziel vervoert, terwijl het bloed echter op zijn beurt het voertuig (*vehiculum*) van de geest is. Er is dus bij voorbeeld een *arteria* vol van geest die naar de ogen voert, zodanig dat die *arteria* zich dicht bij de ogen in tweeën splitst en vol geest in de oogbollen doordringt in het gedeelte waar de pupil is. Aldus wordt de geest die laatstgenoemde arteria vult tot werktuig van de ziel (*instrumentum animae*), die daarmee het gezichtsvermogen (*videndi sensum*) werkzaam maakt. Twee arteriën gevuld met die geest voeren naar de oren en evenzo twee naar de neus, en op dezelfde manier leiden arteriën naar de mondholte. Die geest doordrenkt de spieren ook tot in de toppen van de ledematen. Niettemin is de geest die naar de ogen geleid wordt, de snelste. Als hij in de omgeving een of ander obstakel ontmoet, weerkaatst hij en de ziel wordt opgewekt datgene wat in de weg staat te beoordelen. Zo wordt door de stem de geest in de oren teruggekaatst en de ziel opgewekt het gehoorde te overdenken. En zoals het horen in zeer ijle lucht plaatsvindt, zo heeft ruiken in dichte, of beter gezegd rokerige lucht plaats als deze de neusgaten binnendringt en door zijn rokerigheid (*fumositas*) de geest belemmert, zodat de ziel (*anima*) opgewekt wordt de geur van die rokerigheid waar te nemen. De geest wordt op dezelfde manier geremd

> en de ziel opgewekt te proeven als iets vochtigs en kneedbaars de mondholte binnenkomt. De geest die de spieren doordrenkt (*per medulla diffuso*) wordt door de ziel gebruikt als taster (*pro instrumento tactus*), want de geest wordt als het lichaam tegen een voorwerp aanstoot, weerstreefd en enigermate geremd, en daaruit ontstaat het gevoel van aanraking.'

Cusanus onderscheidt ziel en geest; zij zijn in het bloed gemengd, zijn samen werkzaam, maar behouden hun identiteit en steeds dient de geest de ziel. De geest bereikt de zintuigen als werktuig van de ziel, die de zintuigen door middel van de geest laat functioneren.

Het woord *arteria* heb ik gehandhaafd; het betekent niet bloedvat of (slag)ader. Het Griekse *arteria* is bij Anaxagoras en Hippokrates een bloedvat, bij Platoon (*Timaios* 70 d) en Ploetarchos bronchiën, en bij Sofokles vlees. Genesis en Deuteronomium dwingen tot een gescheiden functioneren van *anima* (ziel, in het bloed) en geest (*spiritus*, in het vlees). Cusanus gebruikt *arteria* als naam voor een transportbaan of -buisje zoals de genoemde Grieken deden, en ziel en geest bevinden zich daar waar de bijbel dit voorschrijft.

Ik heb in mijn verslag van de ontwikkeling van de biologie voldoende gegevens vermeld om de lezer in staat te stellen zelf te constateren hoe Descartes Cusanus' model toepaste. Waarom (bij voorbeeld) bladnervatuur (= bladadering) in onze dagen een gebruikelijke term is (bladnerf = bloedloos buisje).

Wie Da Vinci's aantekeningen (laat 15e eeuw; MacCurdy, 1939) leest, moet wel geloven dat hij Cusanus heeft bestudeerd (citaat uit Hall, 1964).

> 'De ziel verblijft daar waar ons inzicht gevestigd is, en het inzicht verblijft naar het schijnt op de plaats waar alle zintuigervaringen samenkomen, wat redelijk verstand wordt genoemd. De ziel verblijft niet geheel en al in het hele lichaam, zoals velen geloofd hebben, maar uitsluitend en in zijn geheel in dat lichaamsgedeelte. Indien de hele ziel in het hele lichaam verblijven zou, in zijn geheel en in elk gedeelte, dan zou het onnodig zijn dat de oogst van alle zintuigen op één bijzondere plek wordt samengebracht. Het zou voldoende zijn als het oog zijn waarnemingsfunctie aan het oppervlak liet plaatshebben, en overbodig om de waargenomen beelden van de dingen met behulp van de gezichtszenuwen te transporteren. De ziel zou zich immers – in dat veronderstelde geval – de waarnemingen eigen maken aan de oppervlakte van het oog.

En met het gehoor staat het evenzo. Het zou genoeg zijn als het stemgeluid in de half cirkelvormige kanalen van het rotsbeen, dat binnen in het oor is, zou weerkaatsen zonder dat opnieuw een passage van dit geluid naar het redelijke verstand nodig is, waar de genoemde spreker zich tot ons algemene inzicht kan richten...'

> 'De zenuwen en bijbehorende spieren dienen de pezen zoals soldaten hun aanvoerders dienen, en de pezen dienen het redelijke verstand zoals de aanvoerders hun veldheer; en het redelijke verstand dient de ziel zoals een veldheer zijn vorst dient.'

Door de vernieuwde biologie van de ziel zette Da Vinci de eerste stap in de richting van een studie der reflexbewegingen.

> 'Hoe de zenuwen soms eigener beweging werkzaam zijn, zonder opdracht van andere factoren of van de ziel, zal u duidelijk worden als gij verlamden ziet of mensen die huiveren of verdoofd door koude zijn, als zij hun sidderende ledematen, hun hoofd of hun handen bewegen zonder medeweten van de ziel. De ziel, hoe machtig ook, kan die lichaamsdelen niet beletten te beven. Hetzelfde vindt plaats bij vallende ziekte, of in afgestoten lichaamsdelen, zoals hagedissestaarten.'

De vereniging, het verbond der zielen dat Dante zag, bracht Da Vinci over van het woord naar het beeld. Hij maakte morfologische en anatomische tekeningen, schoner en treffender dan ooit iemand vóór hem in de eeuwen na Chr.

Bij Da Vinci zijn de zielfuncties militair hiërarchisch geregeld, vitalistisch geordend. De ziel zetelt als vorst in het lichaam, in het hoofdkwartier, de hersenen, en de ratio is zijn veldheer. De vorst is onmiddellijk betrokken bij en verantwoordelijk voor zijn soldaten, maar hij kan niet onbeperkt beheersen (reflex). Het isolement van de zielvorst is ten einde en hij neemt deel aan de lichaamsfuncties, bestuurt het geheel en de delen, leeft mee. Zoals bij Da Vinci verwacht mag worden: doelmatigheid en mechanisatie karakteriseren zijn betoog. Het bleef echter bij aantekeningen, niet gepubliceerde biologische noties van een 15e-eeuws genie. Terwijl Da Vinci de mentaliteitswijziging die de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie diepgaand zou beïnvloeden uitwerkte als beeldend kunstenaar liet zijn geschreven werk de biologie onberoerd.

Na Dante, Cusanus en Da Vinci hadden biologen drie denkwijzen ter beschikking. Ten eerste: alle zielen werken verenigd en gekerstend eendrachtig samen (Vesalius, Fernel, Servet; XI.19). Ten tweede: de christenziel houdt zich zoveel als doenlijk afzijdig en acht zich boven het leven op aarde verheven (Augustinus, de oude garde). Ten derde: de fysiologie en het leven van organismen zijn geheel vrij van zielwerkzaamheid. De derde mogelijkheid begint zijn zegetocht met Darwin en overwint in de 20e eeuw.

De mechanisten en de materialisten kozen nu eens, de eerste dan weer de derde theorie. Voor zover de materialisten atomisten waren gaven zij gewoonlijk de voorkeur aan de eerste. Zij lieten bezielde atomen al het morfologisch en fysiologisch noodzakelijke verrichten. Nadat van lieverlede het geloof aan de suprematie van de materie zich van elk (traditioneel) voorbehoud bevrijd had (onder de voorlopers van en tijdens de Verlichting), werd de ontzielde materie voorzien van alle vermogens die in vroeger eeuwen aan de zielen toebedeeld waren. In de 19e eeuw kreeg de materie bovendien nog een tot dusverre onontdekte eigenschap erbij: de evolutiedrang. Zo ontstond de materialistische biologie die Darwinisme kwam te heten en die in de loop van de laat-19e en 20e eeuw de leiding zou nemen.

Een gevolg van de Danteske vereniging der zielen was, toen omstreeks het midden van de 19e eeuw het materialisme erin slaagde de ziel uit de biologie te verjagen en naar een vergeten verleden terug te dringen, alle zielen tesamen uit de biologie verdwenen. De materialistische biologen zagen zich toen gedwongen de levensverschijnselen door materiegedrag te verklaren. Aan de materie, de molecule of het atoom werden - naast hun fysisch-chemische opspoorbare en meetbare eigenschappen - onmeetbare maar onmiskenbare kwaliteiten toegeschreven, die ternauwernood of in het geheel niet van de vermogens van de klassieke zielen te onderscheiden zijn.

19. Het verbond der zielen inspireert Fernel, Vesalius en Servet

Gelijktijdig - een halve eeuw later dan de conclusies van Da Vinci - gaven Vesalius (V.11) een herboren anatomie en Fernel een even schone fysiologie allen die levende organismen bestuderen in handen. Door de vereniging met de klassieke zielen kon de christenziel zich belichamen zoals nimmer tevoren.

Voortgaan in het spoor van onze voorgangers moet, maar een nagelbreedte afwijken mag, zei Jean Francois Fernel (p. 389), wiskundige, medicus, geograaf, die voor het eerst lengtegraden goed berekende. Fernel werd lijfarts van Hendrik II van Frankrijk. Hij

schreef een half dozijn boeken, grotendeels medische en alle van biofilosofische betekenis. Een jaar voor Vesalius' *De Fabrica* (p. 247) verscheen *De Naturali Parte Medicinae* (1542) en in 1548 kwam *De Abditis Causis Rerum* van de pers, een al in 1530 geschreven tekst. Zijn omvangrijkste boek *Universa medicina* (1554 en 1567) herhaalt, herziet en vult vorige publikaties aan, en het werd honderdvijftig jaar lang een gezaghebbend handboek (het woord 'Fysiologie' heeft Fernel gemaakt). Te Utrecht verscheen in 1656 een herdruk.

De Abditis... heeft de mededelingen van Platoon over schimmen, geesten, halfgoden en al zulk volkje als uitgangspunt. De titel (Over de Verborgen Oorzaken der Dingen) weerspiegelt de belangstelling die Fernel voor astrologie en magie had. Bij zijn tijdgenoot Paracelsus gedijden die mysterieuze vermoedens wonderwel, maar Fernels systematische natuurwetenschappelijke denken – beoordeeld naar vroeg 16e-eeuwse maatstaven – brachten zij niet in verwarring. Hij toonde zich een rustige, welberaden geleerde, bekwaam als wiskundige, astronoom, anatoom, die als medicus groot aanzien verwierf (de 'nieuwe Galenus'). Gaandeweg kwam Fernel, voorzichtig pro en contra overwegend, tot een beredeneerd oordeel over de biologische vragen van zijn tijd.

Uit *resolutio* (analyse van de delen van het geheel) en *compositio* (ordening van de verkregen gegevens) ontstaat inzicht, verklaarde Fernel.

Hij was en bleef volbloed Aristoteliaan, Platonisch bevlogen, Galenisch arts en biofilosoof. De nagelbrede afwijking die hij wilde toelaten, bleef tot die bescheiden afmeting beperkt; uiterlijk althans. Een op de kern van zijn denken en zijn methode gerichte aandacht onthult dat de 'kleine', omzichtig geformuleerde afwijkingen diep ingrepen; Fernel schijnt dit te hebben beseft en was er niet gelukkig mee.

Evenals Paracelcus kan Fernel wegens de feitelijke inhoud van zijn werk als een late Middeleeuwer begrepen worden maar anders dan Paracelsus, is hij evenwel mentaal een vroege Renaissancistische fysioloog. De volgende samenvatting moge dit verduidelijken.

Levend of dood, alle dingen bestaan uit vier elementen of grondstoffen, welbekend sinds de Oudheid. In alle vaste lichaamsbestanddelen zijn zij in verschillende verhoudingen aanwezig, vermengd, zo fijn verdeeld en zo volkomen gemengd dat de *dynamis* die zij, elk de zijne, bezitten, versmelten en samengaan. Homogene lichaamsbestanddelen (weefsels is een veel latere naam), zoals been, kraakbeen, zenuwen, vlees, bloedvaten, huid, 'leven'. Andere, zoals bloed, lichaamsvochten en *spiritus* (meervoud), hebben afzonderlijke studie en bespreking nodig. Elk lichaamsbestanddeel heeft een eigen temperament, dat is de geaardheden van de samenstellende elementen te zamen, waarbij dan hun verhouding in hoeveelheid de aard van het 'weefsel' bepaalt. Onthoud, lichtte Fernel toe, dat de aard van de elementen behouden blijft in het mengsel en dat zij zoals muziektonen samenklinkend een harmonie teweegbrengen. Zij bleven dezelfde die zij tevoren waren en zo ontstaat het temperament. Merk daarbij op dat het totaal van de geaardheden en de weefsels meer is dan indien zij één voor één genomen en opgeteld worden. Samen geven zij een orgaan een eigen geaardheid. Samen maken de organen een organisme, en telkens al naar de combinatie een ander organisme.

Niemand, verzekert Fernel zijn lezers, is zo'n analfabeet of zo'n imbeciel of hij weet dat er vier groepen levende wezens bestaan: planten, dieren, mensen en hemelingen. De drie eerstgenoemde bewonen de aarde. Zoals gezegd, zij leven. Hoe kan dat? Het lichaam kan de *causa efficiens* van leven niet zijn. Een gaaf kadaver is passief, levenloos, omdat wat de functies van het levende lichaam oproept, verdwenen is. Ziel is datgene wat mensen, dieren en planten voor ieders ogen leven doet.

De mens bezit een drievoudige ziel, een drieëenheid, met een natuurlijk, dat wil zeggen

voedselverwerkend, een gewaarwordend en een denkend vermogen. Dieren hebben een tweevoudige ziel: natuurlijk, voedselverwerkend vermogen en gewaarwordend. Planten een enkelvoudige ziel: de natuurlijke, voedselverwerkende.

Fernels betoog is tot zover puur Aristoteles. Hij vervolgt (en heeft kennelijk Thomas gelezen): van mensen ontwikkelt de ziel zich in drie fasen. Het foetus bezit de 'âme naturelle', meer niet: het kind bezit een 'âme naturelle', vermeerderd met de 'âme sensitive' en de volwassen mens de twee genoemde, waarbij de 'âme intellective' zich heeft aangesloten. Aantekening verdient, dat Fernel verklaarde dat elke zielsuitbreiding met een volkomen fusie samengaat; géén gelede ziel, maar een gedifferentieerde die toch homogeen en ondeelbaar is (en dus géén Thomas maar Dante).

Was de nieuwe Renaissance-ziel evenals de eeuwenoude christenziel onsterfelijk? Het gelukte Fernel nu wel om de Aristotelische zielsystematiek te verzoenen met de ondeelbare christenziel, maar onsterfelijk?

Alle lichaamsfuncties eindigen als het lichaam sterft, rede, verstand, geheugen inbegrepen, samen met alle fysiologie. De 16e- en de meeste 17e-eeuwse biologen en medici vermeden een conflict met de theologen, de filosofen en met zichzelf, door zonder voorbehoud toe te geven dat alle lichamelijke zielwerkzaamheid met de dood te gronde gaat. De ziel van christenen verlaat – terugkerend naar zijn oorsprong – het lichaam op het ogenblik van de dood. Tijdens de duur van het leven van het organisme bewerken zijn zielvermogens, zijn zielorganen bij wijze van spreken, dat het levende wezen leeft. In dat tijdsbestek werkt de ziel, zei Fernel, 'voorzien van geschikte gereedschappen, zoals een ambachtsman in zijn werkvertrek' (*ut opifex idoneis intructus instrumentis*...). Met deze uitspraak had de biologie de Aristotelische zielbiologie gekerstend, zoals de theologie driehonderd jaar vroeger de Aristotelische filosofie.

Taai handhaafde zich de onzekerheid over de eeuwige vraag: is ziel materie of kracht, stoffelijk of onstoffelijk, te vergelijken met een metalen magneet of met de kracht die zo'n magneet uitoefent? De proef die Frederik II in de 13e eeuw deed (p. 155) herhaalde Margaretha van Navarra in de 16e zachtzinniger, toen zij haar oor tegen de mond van een stervend kamermeisje drukte om te horen of de ziel misschien met een fluit- of sistoontje zou ontsnappen.

Getrouw aan Galenus, maar nauwkeuriger en beter gedifferentieerd, beschreef Fernel de bouw en eigenschappen van de menselijke ziel. Hall (van wiens uitvoerig overzicht ik veel voordeel had) stelde een tabel samen van de zieleigenschappen volgens Fernel (1969 (1): 196). Daar blijkt uit dat het voedende zieldeel (*naturalis*) met de voortplanting (uitwisselend, vormend; VIII), de groei en de voedselverwerking (aantrekkend, uitstotend, vasthoudend, rijpend-verterend) doende is. Het gewaarwordende zieldeel (*sensitivus*) verzorgt de tastzin, de smaakzin, het gezichtsvermogen, de reukzin en het gehoor, alle andere gewaarwordingen uit de buitenwereld en bovendien de inwendige gewaarwordingen zoals beeldvorming, herinnering en fantasie (*phantasia*). De verstandziel (*rationalis*) is zowel passief als actief; hij combineert, beoordeelt, concludeert en streeft.

Natuurlijke ziel is werkzaam in de lever, gewaarwordende ziel en verstandziel in de hersenen, maar mensen en dieren bezitten een hart. Waartoe?

Al de zielfuncties die wij onderscheiden konden, leert Fernel, komen uitsluitend tot stand als levenskracht hen aanvuurt, levenskracht samen met levenswarmte. In het hart ontmoet het meest kostbare zielvermogen – eigen aan de ziel – de levenskracht, de levenswarmte daar voortgebracht. Samen vloeien zij naar alle delen van het lichaam. Zij zijn onmisbaar, om overal, naar behoefte, de zielsfunctie ter plaatse passend te steunen, neen,

Fig. 91. Gedenksteen voor Miguel Servet (V.13) in een muur op dezelfde plaats als waar zijn geboortehuis stond (Vilanueva di Siguena, Aragon, Spanje). Zijn beschrijving van de kleine bloedsomloop in 1553 (*Christianismi Restitutio*) ging bijna verloren. Hij stelde, niettemin, proefondervindelijk een bloedsomloop vast, verbonden aan bloedverbetering en -zuivering. Deze fundamentele ontdekking was voor de ontwikkeling van de biologie van het grootste belang.

De bevestiging en het sluitstuk van Servets vondst ontdekte en publiceerde Harvey drie kwart eeuw later (1628) (VI.10). W. Hunter (p. 526) zei op 4 mei, 1784 (Two Introductory Lectures): 'De Voorzienigheid, nochtans wilde deze eer voor Harvey bewaren en gedoogde niet dat mensen zagen wat zij onder ogen kregen, noch ook dat zij begrepen wat zij lazen'.

Servet – die zijn onderzoek omstreeks 1546 deed – verklaarde dat de drie Aristotelische spiritussen (*animalis, vitalis, naturalis*) niet gescheiden krachtbronnen zijn; ze moeten anders begrepen worden. Er is een drievoudige *spiritus*, een derivaat (*substantia*) van de drie voornaamste elementen (lucht, water, vuur) te weten: bloed, *spiritus vitalis* en *spiritus animalis*. In de slagaderen bevat bloed *spiritus vitalis* en deze staat, nadat het slagaderlijke bloed door de verbindingen (*per anastomoses*) de aderen is binnengegaan, als *spiritus naturalis* bekend.

'... de ziel is bloed, of beter gezegd, de bloed-*spiritus*.' (Christ. Rest.: 169). De zetel van de ziel, zegt Servet, is niet in de hartwanden, niet in de hersenen en niet in de lever, maar in het bloed. Het is de kracht (*energia*) van de 'ene *spiritus* en het licht Gods'. Twintigste eeuw-biologen die Servets gedachtegang willen benaderen, kunnen met voordeel Santayana's beschouwing lezen (p. 55, 56).

Door zijn uitspraken over ziel en *spiritus* sloot Servet zich aan bij de biologen die Dante's vereniging van de klassieke zielen met de christenziel (p. 1142) onderschreven.

Servet wees erop dat Adams ziel door God tijdens de schepping hem werd ingeblazen en vervolgde dat sindsdien *spiritus vitalis* met de lucht ingeademd werd. Theologen begrepen goed, na Servets mededeling, dat het groeiende embryo door de vormende spirituele kracht van bloed (*sanguis spirituosus*) tot stand komt en dat zodoende de eens geschapen mensenziel naar het embryo wordt overgebracht door de bloedvaten (en navelstreng) die Servet noemde. Dit was 'traducianisme', maakte een nieuwe bezieling bij elke geboorte onnodig en een individuele, onsterfelijke ziel overbodig. Het is mijn taak niet deze consequenties nader toe te lichten: Servet betaalde ze met zijn leven.

Aandacht verdient dat de toelating van 'ziel' bij biologisch onderzoek geleid heeft tot ontdekkingen van het grootste gewicht, in tegenspraak met de 19e- en 20e-eeuwse leer dat geloof aan 'ziel' natuurwetenschappelijk onderzoek zou benadelen of belemmeren. De historie bewees voor de biologie het tegendeel.

mogelijk te maken en te laten gebeuren. De levenskracht spoort aan en coördineert, en de levenswarmte vervult een voedende rol bij de levensprocessen. Hiermee gaf Fernel het hart een centrale levensfunctie, zoals Aristoteles gewild had, maar hij verplaatste de verstandelijke vermogens, zoals Galenus ook had gedaan, naar de hersenen.

De levenskracht is een zielsvermogen *sui generis*, uniek, van elders gekomen, een goddelijke begaving; hij ontspringt niet uit de menging (*krasis*) van de elementen, maar uit een verborgen, hemelse bron. De activering van alle zielsvermogens die de levenskracht bewerkt, regelt en gaande houdt, is 'leven' en gezondheid, en de dood het doven van die levenskracht.

Levenswarmte is aan levenskracht verwant en is dan ook geen gewone warmte. Hij laat zich met de sterrestralingswarmte vergelijken en is daarom ook min of meer goddelijk van aard. Toch gedraagt hij zich, fysiologisch enigermate als een vuur, een vlam. Levenswarmte moet dan ook een substraat, een voedingsbron hebben. Dit is een vettige of olieachtige, uiterst vluchtige, lenige, lichte *spìritus*; hij zou lucht *spiritus* of *aither spiritus* kunnen heten. De buitenlucht bevat die *spiritus* die de levenswarmte nodig heeft.

Dat levenswarmte een bijzondere warmte is, blijkt al uit het koude dode lichaam, waar de levenswarmte uit verdween, maar het element vuur samen met de andere drie elementen nog altijd aanwezig is.

We wisten al (van Galenus, p. 346) dat lucht de levenswarmte voedt, koelt en tempert, en de afvaldampen afvoert. De levenswarme *spiritus* is dus de liaison tussen onstoffelijke ziel en de lichaamsmaterie, en is zelf tegelijkertijd wel en niet stoffelijk (dat kon in de 16e eeuw, werd moeilijk in de 17e en onmogelijk in de 18e). Levenswarmte, de gave van de lucht aan het ademende lichaam, blijft bij Fernel het al zovele eeuwen erkende agens, voortgekomen uit de nog oudere *pneuma*-theorie.

Ter completering van de fysiologie van het zoogdierlichaam nog het volgende over het ontstaan van de drie voornaamste *spiritus* die de drie klassieke zielen van de mens volgens Galenische inzichten behulpzaam zijn. Fernel omschrijft hun ontstaan en gedrag duidelijker en directer dan Galenus.

De lever zondert 'esprits naturels' af uit de zuiverste delen van het aangevoerde voedselvocht. Deze *spiritus* stromen met het bloed de rechterharthelft in, gaan door de poriën van het harttussenschot naar de linkerharthelft, worden daar veredeld en heten dan 'esprits vitaux' (levensgeest, met een bijdrage uit de longen tot stand gekomen). De 'esprits vitaux' bereiken, door de slagaderen omhoog gestuwd, het wondernet (*rete mirabile*, p. 238), waar opnieuw lucht toevloeit (door de neus). De 'esprits animaux' ontstaan en gaan de hersenholten binnen. Zij brengen van daaruit de ledematen in beweging en gewaarwordingen tot stand, en zijn bovendien de verwekkers van de verstandfuncties. De drie groepen lenige, wakkere en bekwame zielsafgezanten doordrenken het gehele lichaam, terwijl elk orgaan uit de 'esprits naturels' nog een eigen orgaan-*spiritus* bereidt.

De vier humoren (lichaamssappen) die de Hippocratici en Fernel aantroffen maakt de lever uit *chylus*. De lichaamssappen zijn weer grondstof voor vochten met een directe functie. Eén ervan vormt samen met voedend bloed de lichaamsmaterie. Een ander vocht is waterachtig, het mengt en lost op. Natuurlijk zijn er residu-vloeistoffen die uit het lichaam verwijderd moeten worden (zweet, urine, neusslijm).

Nog is het ontwerp van het bezielde lichaam niet volledig. De zielkrachten tot dusverre besproken, staan ons helder voor de geest, maar de ziel oefent bovendien geheimzinnige krachten uit, die aan magnetische verschijnselen doen denken, verschijnselen zoals de laxerende kracht van sommige geneesmiddelen, of het vermogen van kwartels en spreeu-

wen om voedsel te verdragen dat voor mensen giftig is, of van struisvogels die, naar men zegt, ijzer kunnen verteren. De maag beschikt bij uitstek over een eigen ondoorgrondelijke kracht (*vis insita*), naast zijn vermengende en verterende eigenschappen. Ook de lever beschikt over zo'n aangeboren natuurkracht waardoor hij *chylus* in bloed kan veranderen.

Belangrijker echter dan alle andere vochten is een olieachtige vloeibaarheid, een *humor radicalis* of *primigenus*, want dit is de voedingsbron voor de levenswarmte.

Fernel ontleende deze *humor* aan de Stoa-filosofie, die Seneca onder woorden heeft gebracht (*Quaestionum Natur.* III 12–13.1). Vuur beheerst de wereld, de kosmos. Als het universele vuur dat alles beheerst en tot zich neemt en in zichzelf omzet, verzwakt en dooft, dan blijft in de natuurlijke wereld niets anders over dan vocht (*umor*) en in dit vocht is de toekomstverwachting verborgen. Daarom is vuur het einde van de wereld (*exitus mundi*) en vocht het eerste begin (*umor primordium*).

Ik denk niet dat ik de gedachten van de Stoa en van Seneca in alle opzichten juist heb weergegeven. Wat de ware en gehele inhoud (in 20e-eeuwse terminologie) zou behoren te zijn, laat ik in het midden. Duidelijk is dat met Seneca's mededeling de *humor primigenus* zijn intree deed in de biologie.

Hall schreef een historische studie over *humor radicalis* (1971) en hij vermeldde hoe Fernel het verbranden van sappig hout ten voorbeeld gaf (1554) om zijn lezers de werking van het bezielde oervocht te laten begrijpen.

Nog vóór het hout opvlamt, zegt Fernel, moet het vuur een voedend vocht uitdrijven dat de boom door de wortels heeft ingezogen. Bij de ontbranding verbruikt het vuur een tweede vocht dat olieachtig of vettig is en hierdoor verliest het hout zijn vorm niet. Voortgezette verbranding vernietigt een waterachtige, kleverige vloeistof (die Avicenna *gluten* noemde) en ten gevolge daarvan valt het hout als as uiteen.

De drie verbrandingsfasen van levend (= vochtig) hout verduidelijken ons hoe in dierlijke lichamen de vochthuishouding geregeld is (plant en dier zijn immers voor zover zij leven vergelijkbaar). Het eerste (hout)vocht is bij ons de voedingsvloeistof. Het tweede is het oerlevensvocht, *humor radicalis* (= *primigenus*), dat door sperma meegebracht werd toen de groei begon. De derde glutineuze vloeistof bezit de kleefkracht die de lichaamsbestanddelen, dood of levend, bijeen en op hun plaats houdt.

In elk weefselbestanddeeltje is *humor radicalis* aanwezig, het uitgangspunt en de draagstof van alle *spiritus* en, zoals gezegd, de levenswarmte. Deze *humor* verhindert ontbinding, ordent, belet uitdrogen en zorgt voor de juiste maat aan levenswarmte. Dit verklaart waarom na de dood de ontbinding begint, ongeremd, waarom tijdens het leven de levenswarmte de lichaamsbestanddelen niet verbrandt, die toch na de dood gemakkelijk verbranden. Men moet bedenken dat elk levend organisme bij de geboorte een zekere hoeveelheid *humor radicalis* meekrijgt, en dat die gaandeweg minder wordt aangemaakt en kwaliteit verliest. Daarom is het begrijpelijk dat het lichaam met het klimmen der jaren droger en kouder wordt en dat, als de *humor* komt te ontbreken, de dood volgt.

Zo komt Fernel, voortbouwend, op een algemene zielbiologie. Er zijn zielbestanddelen en zielvermogens. De bestanddelen zijn onafscheidelijk van de gehele ziel, zielseigen, en de ziel ontbindt als een of meer bestanddelen verloren zouden gaan. Zielvermogens zijn als het ware toegevoegde eigenschappen, zoals kleur aan een appel, of zoals een ijzeren naald die zich onder bepaalde omstandigheden naar het noorden richt.

Ziel roept uit zichzelf de vermogens op en zet die naar behoefte aan het werk. Ziel is de *ultima causa* en de zielbestanddelen de *proxima causa*. Elk bestanddeel is *causa* van veel verschillende zielvermogens, die met behulp van levenskracht en levenswarmte li-

chaamsfuncties teweegbrengen.

De ziel is ondeelbaar, onsterfelijk, door God gegeven, binnen het lichaam alomtegenwoordig en souverein zolang er leven is. In het hart verbindt de goddelijke levenskracht zich met hemelse sterrewarmte, 'zoals in een kerk', en bezielt van daaruit het hele organisme.

Geen 20e-eeuwse bioloog, hoe weinig belezen, hoe afkerig ook van biologische bespiegelingen, of hij moet met ontroering het fijn geciseleerde beeld, het sluitend gestructureerde tafereel van het levende lichaam bezien dat Fernel met woorden tekende. Hij maakte biologie van Dante's visioen (XI.18) en schreef een fysiologie die het tegenstuk van Vesalius' anatomie is.

Fernels fantasie is de hoogste uitwerking van de klassieke, traditionele fysiologie die door de nieuwe ziel tot een volkomen harmonisch samengaan van ziel en levend lichaam ontluikt. Levenskracht begeleidt alle fysisch-chemisch-mechanische functies van de gehele, ondeelbare ziel en van het gehele lichaam (holisme). De *causa finalis* zowel als de *causa formalis* verenigen zich en komen van God, zijn Aristoteles afhandig gemaakt, en materie voegt zich lijdzaam. De opmars van de mechanistische biologie kondigt zich in Fernels argumentatie aan.

In het jaar na het verschijnen van Fernels *De Naturali Parte* verklaarde Vesalius (1543) dat mensen een door God gegeven ziel bezitten: dat was genoegzaam bekend. Die mensenziel, die ziel van de christenen, vervolgde Vesalius, is zo lang het lichaam leeft overal in en zijn geheel in het lichaam aanwezig en niet slechts als denkvermogen, ratio of perceptie, in een of meer hersenholten gevestigd. Dat kàn niet, besloot Vesalius, want dierenhersenen lijken in zo grote mate op mensenhersenen dat zij, het spreekt vanzelf, dezelfde betekenis voor het dierlijke lichaam moeten hebben. Vorm en functie gaan samen, daar heeft niemand sinds Aristoteles aan getwijfeld. Welnu, dan zijn dierenzielen overal in het dierenlichaam aanwezig en werkzaam en met mensenzielen kan het niet anders gesteld zijn. Weliswaar zijn de lotsbestemming en het levensgedrag van de mensenziel verschillend, maar dat staat de gelijke rol van alle zielen, ook indien zij onderling verschillen, niet in de weg. Al wat ziel is, overal in het levende lichaam, alle zielen tezamen.

Volgens Da Vinci (XI.19) huisde de ziel in zijn geheel op één plaats, de hersenen, bij Vesalius bewoonde hij het hele lichaam, beiden - kunstenaar en bioloog - wisten dat de ziel in volstrekte samenhang van alle zielfaculteiten leeft, zoals Dante gezien had.

De levensgeest, de ziel die leven draagt, moet zich dan met de lucht van het hart af door het lichaam bewegen, door de levensluchttransportbuizen, de slagaderen. Terzelfdertijd als Servet trachtte Vesalius, op dezelfde manier, dit geheim te ontraadselen door ontleding - door bij dat transport toe te zien - bron en doel op te sporen. Het bezorgde hem de aantijging dat hij levende mensen zou ontleden.

Het geloof van een voortreffelijke anatoom aan de innige en voortdurende samenwerking der verenigde zielen in het hele bestel van de levende organismen in een harmonische verstandhouding wijst de directe oorzaak aan voor het ontstaan van het mooiste en meest indrukwekkende boek dat ooit over menselijke anatomie gemaakt werd: Vesalius' *De Fabrica* (V.11).

Drie grondslagen voor de bouw van dit monument in de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie zijn: de Renaissance, de kwaliteit van de heer Andries van Wezel en de emotie die de unie van de christenziel met de klassieke zielen opwekte.

De niet-biologische literatuur tot de 17e eeuw wemelt van beschrijvingen der christenziel als solitair. In de late Middeleeuwen en nog tijdens de Renaissance adopteren veel

schrijvers de drieledige ziel volgens Aristoteles: de voedende/groei veroorzakende, de bewegende/reagerende, de denkende/willende/begrijpende. Deze laatste component is onsterfelijk, een Platonische veronderstelling, waar al die denkers/willers/begrijpers graag mee instemden en die Aristoteles bovendien onderschreef. Van dit thema uitgaande bedacht men zeer vele varianten die buiten de grenzen van de biologie vallen. Hiram Haydn gaf in 1950 een uitnemende samenvatting (The Counter-Renaissance, hoofdstukken 7 en 8).

Binnen een eeuw na het verschijnen van Fernels en Vesalius' biologische standaardwerken versmolten de christenziel en de klassieke zielen in de verhandelingen van theologen en filosofen en in belerende dichtwerken, waar de 17e eeuw zo overstelpend rijk aan is. De ziel werd één polyvalente ziel met een klassiek gemodelleerde fysiologie en anatomie.

Ten slotte nog een aantekening over een derde indrukwekkend resultaat van de impuls die de vernieuwde ziel aan biologisch, experimenteel onderzoek gaf: het werk van Miquel Servet, wiens *Christianismi Restitutio* tien jaar na *De Fabrica* in druk verscheen (1553), nadat het manuscript al in 1546 voltooid was (V.13).

Servet had de naam Michael Villanovanus aangenomen, nadat hij van ketterij beschuldigd was. Zo studeerde hij medicijnen in Parijs, waar hij ongetwijfeld Vesalius gekend moet hebben. Hij werd prosector bij Guenther van Andernach die hem prees vanwege zijn grondige kennis van Galenus (p. 245).

Bij voorkeur spreekt Servet van *spiritus*, en hij wil de drieledige *spiritus* van de mens wijzigen in een tweeledige. Hij constateert dat sinds Galenus de fysiologen aan *spiritus naturalis* (1), *spiritus vitalis* (2) en *spiritus animalis* (3) (p. 104, 346) geloofd hebben. De eerste zou met bloed verbonden, voornamelijk in de lever en de aderen gevestigd zijn. De levensgeest, dacht men, zetelt in hart en slagaderen, eveneens met bloed verbonden. De derde, die het best met een lichtstraal vergeleken worden kan, verblijft in hersenen en zenuwen. Servet verzuimt niet erop te wijzen dat één eigenschap die de drie *spiritus* alle bezitten, *energeia* is en hij legt uit dat *energeia* de kracht van Gods geest en licht is.

Dat *spiritus naturalis* en *spiritus vitalis* dezelfde zijn, zal men begrijpen uit de volgende waarneming en overweging. Een onderstelde *spiritus naturalis* kan onmogelijk van de lever met het bloed naar het hart gaan. Alle *spiritus* moet, integendeel, van het hart uitgaan door de slagaderen naar de lever. Merk op hoe een slagader en een ader gepaard de moeder verlaten en door de navel het foetus binnengaan. Dat is hetzelfde model als de verbinding tussen hart en lever. Bedenk, bovendien, hoe God de levensadem in het hart van Adam blies door zijn mond en neus. Het hart is het eerste levende orgaan (in het embryo) en het is de centrale warmtebron. Leven, dat wil zeggen de ziel, is in het bloed. God zegt het in Genesis 9, vs. 4 (vlees met zijn ziel, zijn bloed, zult gij niet eten), en in Leviticus 17, vs. 11 (want de ziel van het vlees is in het bloed) en Mozes bevestigt dit nog eens in Deuteronomium 12, vs. 23.

> *Christ. Restit.*: 'Om de ware staat van zaken goed te begrijpen moet om te beginnen het verbond met materie [substantiatie] van de *spiritus vitalis*, de levensgeest, begrepen worden: dit is ingeademde lucht verenigd met het allerfijnste bloedbestanddeel. Daarom ontstaat de levensgeest in de linkerhartruimte en is de hulp van de longen onontbeerlijk.
>
> *Spiritus vitalis* is een edele, hooggezuiverde 'geest' die door de warmtekracht bereid wordt, een steenrode kleur en een vuurachtig vermogen heeft, als het ware een lichtende bloednevel, die als stoffelijke bestanddelen uit water, lucht en vuur samen-

gesteld is, want hij wordt voortgebracht, zoals gezegd, door de vermenging van de ingeademde lucht met het meer verfijnde deel van het bloed dat zich van de rechterhartruimte naar de linkerhartruimte verplaatst. Deze verplaatsing voltrekt zich echter niet door het septum, scheidingswand of harttussenschot, zoals men gewend is te geloven, maar volgens een andere bewonderenswaardige voorziening. Het bloed wordt getransporteerd van de longslagader naar de longader via een 'verlengde weg' [omweg] door de longen en gedurende die doortocht wordt het bloed bewerkt en verkrijgt het een steenrode kleur. Met de ingeademde lucht vermengd en bevrijd van de roetachtige dampen door de uitademing, wordt het mengsel nu in alle opzichten volmaakt. Het bloed wordt de passende verblijfplaats van de *spiritus vitalis*, wordt ten slotte door de uitzetting van het hart aangetrokken en het bereikt de linkerhartruimte.'

Het citaat – ik wijs ook elders op de inhoud daarvan (p. 259) – ontleende ik aan Hall (1951, 1964), die een veel groter gedeelte van R. Willis' Engelse vertaling afdrukte. Hall, die als eerste commentaar aan het citaat toevoegde dat Servet de kleine bloedsomloop 'postuleerde', onthield met dat woord de waardering die Servet toekomt. Servet onderzocht zowel anatomisch als fysiologisch, kwantitatief (wijdte van de toe- en afvoerende bloedvaten tussen hart en longen), kwalitatief (de bloedverandering door de invloed van lucht tijdens de passage door de longen) en ontogenetisch (hartkleppen embryonaal en post-nataal). Hij constateerde, beschreef en trok zijn conclusies en postuleerde de kleine bloedsomloop niet alleen maar *ontdekte* hem.

Het zoogdierharttussenschot dat Vesalius tevergeefs op poriën onderzocht, waarna hij in zijn onvermogen te vinden berustte, werd door Servet aangewezen als een scheidswand. Als een reverence naar Galenus schreef Servet dat misschien een beetje bloed door de wand zou kunnen 'zweten', maar dat het een scheidswand is die een bloedstroom belet. Een bloedmenging tussen beide harthelften heeft niet plaats (1553). Vrijwel zeker onkundig van Servet's vondst heeft Harvey met zijn onderzoek over de grote bloedsomloop de ware staat van het zoogdierharttussenschot opnieuw ontdekt en vijf en zeventig jaar later gepubliceerd (1628).

Gedreven door de vurige wens de nieuwe ziel nader te leren kennen door zijn fysiologische werkzaamheid en hem in zijn verblijfplaats, waar God hem gebracht had, te bestuderen en op te sporen tijdens zijn functie: het lichaam te doen leven, kwam Servet tot zijn biologische ontdekking.

Bij dit overzicht van de versmelting en samenwerking der zielen van de levende organismen mag niet worden vergeten dat niet alle natuuronderzoekers sinds de 16e eeuw deze vernieuwing volledig aanvaardden. Sommigen geloofden weliswaar aan één ziel, in mens en in dier, elk de zijne, maar bij de mens was deze volstrekt anders dan bij dieren. De mensenziel, zeiden zij, was drievoudig (vegetatief, sensitief en rationeel) en voor zover de mensenziel rationeel was hield hij zich afzijdig van lichamelijke (materiële) activiteit. De connectie van de rationele zielcomponent met het lichaam was het ontvangen van ervaringen, berichten uit de stoffelijke wereld, over de lichaamsfuncties (die de andere zielcomponenten beheersen). Een deelneming aan het fysiologische of vormende bestuur van de lichaamsorganen door de ratio-component van de ziel heeft, naar de mening van die geleerden, niet plaats. Een goed voorbeeld is Cesalpino, die deze bijzondere functiescheiding (bij de mens) aanvoerde als bewijs voor zijn besluit dat slechts één mensensoort bestaan kan (X.8). Zijn redenering kan zeker aanleiding zijn voor een nadere beschouwing (biofilosofisch, theologisch, cultuurhistorisch), maar laat ik verder onbesproken.

20. De Keimplasma-theorie van Weismann op bijbelse grondslag: Sennert

Een vluchtige blik op de rijkdommen van de cultuurhistorie en de 17e-eeuwse biologie van de ziel overtuigt al dadelijk en dwingend dat slechts weinige aantekeningen, een minimale keuze, hier mogelijk zijn.

Weinige waarnemingen waren voor de Middeleeuwers genoeg om, voorgelicht door bijbel en kerkleraren, aan de hand van formele logica verklaringen van levensverschijnselen op te stellen. Proefondervindelijk onderzoek ter bevestiging bleef gewoonlijk achterwege, hetzij omdat het overbodig was in het licht der gegeven waarheid, hetzij omdat de benodigde technische voorzieningen en de fysische en scheikundige kennis daartoe ontbraken. In de 17e eeuw namen de mogelijkheden tot experimenteren toe. Zij inspireerden filosofen en onderzoekers de traditionele eis om standpunten over de levende natuur van experimenteel bewijs te voorzien, met nadruk te herhalen (Bacon, Galilei, Descartes).

Aan de eis proefondervindelijk bewijs te leveren alvorens tot verklaring over te gaan, werd zelden voldaan, enerzijds omdat de nieuwe apparatuur toch te kort schoot en anderzijds – en dat was beslissend – vanwege een onstuitbare redeneerlust. De toonaangevende meerderheid van biologisch geïnteresseerden wist zeker dat levensuitingen niet anders dan uitingen van natuurwetten zijn. Lichamen functioneren zoals werktuigen en machines bewegen zich volgens de wetten der mechanica. In levende organismen neemt de ziel de werktuigen ter hand en houdt de machines in beweging.

Bij het aanbreken van de 17e eeuw verdedigde Cesalpino (IV.20) de stelling dat alle levende organismen leven door hetzelfde agens, planten, dieren en mensen. Om die reden mogen alle levende wezens onderling vergeleken worden, want hun organen ontlenen hun bouw en hun functies aan dezelfde kracht.

Terwijl het dierlijke ei uit de fijnste voedselstoffen ontstaat en daarna door levenswarmte bevrucht wordt, ontstaat plantezaad uit stoffen afkomstig uit het plantemerg. Bij planten is bevruchting overbodig. Zij zijn minder gedifferentieerd dan dieren en daarom gaan de zaadvormende stof en levenswarmte samen. Bij dieren zijn die twee gescheiden.

Kieming is het gevolg van de aankomst van bodemvocht. Dit bereikt de zaadinhoud en roept daar levenswarmte op, vergelijkbaar met de manier waarop kalk in water warmte opwekt. Het bodemvocht mengt zich met het melkachtige sap in een plantezaad en nu zal door de aanwas van het voedsel de kiemplant zich ontwikkelen.

De planteziel zetelt waar stengel en wortel elkaar ontmoeten (de plek die bij dieren het hart is). Daar is de ziel actief levend werkzaam en elders in de plant in potentia aanwezig, want gedeelten van een plant kunnen zich zelfstandig tot een volledige plant ontwikkelen.

Gelijktijdig met Cesalpino's bericht kon Aldrovandi (p. 264) met zekerheid meedelen dat *spiritus vitalis*, aangevoerd en afkomstig van het sperma van een haan, in de borstorganen (*spiritualia*) van kippen aanwezig is. Aldrovandi, loyaal Galenist, zonderde dus de levensgeest af van de overige zielen, maar Fabrizio wilde, kort daarna (in 1600) de klassieke (dier)zielen bijeen houden en het hanesperma voorzien van alle vier Aristotelische causa's.

Daniel Sennert (1572, Breslau – 1637, Wittenberg) was filosoof, arts en natuurkundige, sterk in biologische vraagstukken geïnteresseerd en toegewijd aan de iatro- of biochemie, naar voorbeeld van Van Helmont. Hij was lijfarts van de keurvorst van Saksen en sinds 1602 hoogleraar in Wittenberg.

Hoewel Sennerts beschouwingen van belang zijn voor de ontwikkelingsgeschiedenis

van het *generatio spontanea*-concept, de preformatieleer en de preëxistentieleer, wil ik hem hier een plaats geven omdat hij een 17e-eeuws schoolvoorbeeld is van de kerstening der klassieke zielen. Weliswaar was hij een aanhanger van Demokritos' atoomtheorie, maar naar hedendaagse opvatting allerminst een materialist. Zijn theorieën herinneren dikwijls aan die van zijn tijdgenoot Gassendi (die aanstonds ter sprake komt).

Atomen, zei Sennert, zijn passief, kunnen niet anders dan natuurwetten gehoorzamen en zijn zeker niet bij machte zelfstandig een levend organisme te vormen. Leiding is daartoe onmisbaar, niet van een archaeus of van een blas (VI.12), maar van God die als Eerste en eigener beweging atomen van ziel voorziet, bezielt, zodat de materie levende stof wordt. Levende stof wordt door zielbestuur en -kracht een levend wezen.

Elk levend wezen is bezield, schreef Sennert in 1636 (*Hypomnemata Physica*), en elk organisme bezit één ziel, wel te weten: een dat organisme eigen ziel, en deze is met velerlei vermogens toegerust. Afzonderlijke vegetatieve (voedende) en gewaarwordende zielen bestaan niet: dat zijn bedenksels. Iedere plant, elk dier, heeft zijn eigen individuele ziel en deze bewerkstelligt voedselopneming, -verwerking, orgaanvorming, groei enzovoorts. Meer nog: die individuele ziel is de oorzaak dat een plant díé plant is geworden, die en geen andere, wel een roos maar geen populier.

Met dieren is het niet anders gesteld, al kunnen zij dank zij een bekwamere ziel soms verbazend verstandige dingen doen terwijl zij er zelf toch niets van begrijpen.

Empedokles' levenswarmte (*emfyton thermon*; p. 333), die Aristoteles als *emfyton pneuma* opvatte (p. 713), wilden Van Helmont, Gassendi en Descartes uitsluitend aan dieren toeschrijven. Descartes verwees (in 1637, p. 385) naar 'une flamme très pure et très vive'. Sennert nam er geen genoegen mee. Planten mogen dan al koud schijnen, zij hebben toch deel aan de levensvlam, zodat het zaad dat een plant voortbrengt een planteziel bevat, onmisbaar voor kieming en groei. Deze ziel moet van de moederplant afkomstig zijn. Zoals de ene vlam de andere ontsteekt, legde Sennert uit, zo bezielt de moederplanteziel het zaad en dit herhaalt zich steeds. Een zaad is nog geen plant, maar de zaadziel bezit onder meer een voedend vermogen.

Zaad van dieren is, welbegrepen, zonder plantenziel, maar bevat wel – in aanleg – een waarnemings- en reactievermogen, dat bij de plantenziel ontbreekt. Een dierenembryo leeft door een dierenziel die van beide ouders afkomstig is, stamt van de twee ouderlijke zielen. Op het moment van bevruchting verenigen de ♂ en de ♀ ziel zich. Twee vlammen worden als het ware, schreef Sennert, één vuur. De dierenziel verzorgt in de beginjaren voeding en groei, en bestuurt later de organen voor gewaarwording en beweging.

Wat nu de mens betreft: deze bezit één ziel, die echter van ratio voorzien is, toegevoegd aan alle zielkwaliteiten van minder gehalte, en die daarom de taak hebben de mens te voeden, te doen bewegen, gewaar worden en te doen reageren. Het kan niet anders of de mensenziel moet een erfstuk, een overdracht van de ouderlijke zielen zijn. Het is die zelfde ziel die het embryo vormt en alle levensuitingen, geestelijke en lichamelijke, van kind en van volwassene, regeert. We vinden dit standpunt in de (Staten)bijbel bevestigd, want we lezen in Genesis 1, vs. 28: 'Weest vruchtbaar en vermenigvuldigt u'. Omdat de mens lichaam en ziel samen is, kan hij zich slechts als mens vermenigvuldigen als lichaam en ziel samen blijven gaan, met andere woorden, als de ziel niet van beide ouders afkomstig zou zijn, zou de mens het gebod van Genesis niet kunnen opvolgen.

Nu eist de vraag naar het eerste begin van de mensenziel(en) antwoord. Geconfronteerd met hetzelfde probleem als Avicenna en Averroës vijfhonderd jaar tevoren, zocht Sennert een andere oplossing. De twee Arabieren kozen als standpunt dat Allah (God) volmaakt

is en almachtig, derhalve tijdloos. Hij schept wanneer Hem dat past en naar believen. Ik denk dat beide geleerden *in theologiis* zeer sterk stonden.

Sennert vond van niet, nam de bijbel letterlijk, en vernam dat de Schepping in zes dagen voltooid was. Voltooid. Augustinus had gezegd en daarmee Prediker herhaald: *Deus creavit omnia simul*, dat is, God heeft alles in één tijdsgewricht geschapen (zo begreep Sennert die uitspraak). Alles. Dan zijn de natuurwetten, werkzaam *per saecula saeculorum*, bij die gelegenheid ook geschapen en in gang gezet, verbonden aan materie. En de zielen? Onstoffelijk zoals de natuurwetten zijn zij. Ontegenzeggelijk moeten zij ook in de scheppingsperiode geschapen zijn, dat wil zeggen genoeg zielen voor eeuwig en voor altijd, voor iedereen, een voorraad strekkend tot het einde der tijden.

Zo kan en zal levende materie, na bezield geschapen te zijn, steeds daarna levende materie voortbrengen - zichtbaar en onzichtbaar leven - en tezamen gaande zullen materie en ziel zich tot in eeuwigheid kunnen voortzetten, als 'vlammen van een vuur'. Daar volgt dan uit dat *generatio spontanea* (leven uit dode materie ontstaan) een onmogelijkheid is en bovendien overbodig is.

Het jaar daarop (1637) ging J. Freytag (1581-1641), hoogleraar in de medicijnen te Groningen, Sennert te lijf en riep alle 'christenacademia's ter wereld' op hem bij te staan. Freytag vond dat Sennert dierenzielen onsterfelijkheid toeschreef; in feite beschreef Sennert voor de zielbiologie het model dat Weismann tweehonderd vijftig jaar later voor Keimplasma invoerde. Bovendien beschuldigde Freytag Sennert te zijn afgedwaald naar de leer van het traducianisme, de directe zielsoverdracht. Ik moet naar Roger (1963, p. 108-111) verwijzen voor een verslag van dit kleurige intermezzo.

21. Zielfysiologie beheerst leven en dood; Van Helmont

Van Helmont, de schouwende mystieke bioloog, volgeling van Paracelsus, experimentator, bevorderaar van de chemisch-fysiologische aanpak ter verklaring van levensverschijnselen, kwam in een vorig hoofdstuk (VI.12) ter sprake; een aanvullende notitie is voldoende.

De vlam-vergelijking aanvaardde Van Helmont met graagte, een vlam als bron van licht, warmte en leven. *Anima sensitiva* hanteert de vlameigenschappen in levende lichamen en is aan mensen eigen, verschillend dus van het *ens vitale*, het levensprincipe van planten en dieren dat een voedend en een vormend vermogen bezit. De *anima sensitiva* zetelt, samen met een archaeus, in de lagere maaguitgang, de pylorus. De aldaar gevestigde archaeus staat onder direct toezicht van de *anima sensitiva* en voert diens opdrachten uit, echter in samenwerking met een archaeus die in de milt verblijft. De twee archaeussen werken als een tweemanschap, een *duumviraat*.

Met een proefneming spoorde Van Helmont de verblijfplaats van de *anima sensitiva* en zijn archaeus op. Hij nipte aan een brouwsel dat onder meer van de dodelijk giftige blauwe monnikskap (*Aconitum napellus*) getrokken was. Na enige vreemde symptomen scheen het hem dat in het midden van zijn lichaam inzicht en verbeelding tot stand kwamen, en dat tegelijkertijd het waarnemen met de zintuigen en het bewegen van de ledematen elders, van de hersenen uit, geregeld werden. Van Helmont begreep dat dit de bevestiging was van het ontstaan van extasen, extasen die hem vertrouwd waren en die hij tot nog toe bereikt had door in stilte innig te bidden. De maaguitgang moest dus de gezochte zetel zijn van de *anima sensitiva*, besloot Van Helmont.

De *anima sensitiva* is met de zon te vergelijken die het heelal doorlicht; de zielsinvloed

doorlicht het hele lichaam, de microkosmos. Een onsterfelijke geest (*mens*) is uitsluitend ons mensen eigen, een onstoffelijke lichtende substantie, Gods afspiegeling, en is levenslang met de *anima sensitiva* verbonden.

Vóór de zondeval was de mens met geest begiftigd, maar ziel ontbrak. De levensgeest deed de mens niettemin leven en de archaeussen behartigden als zijn helpers de fysiologie. Na de zondeval werd de geest door *anima sensitiva* omhuld en deze werd belast met het bestuur van de archaeussen, zodat de geest vrijer zou zijn zich aan abstracta te wijden. Als de *anima* te gronde gaat, keert de geest naar zijn Schepper terug.

In de linkerharthelft verandert een ferment, een *blas humanum* (p. 373-374) *cruor* (leverbloed) in fysiologisch bloed (*sanguis*) en veredelt dit vervolgens door *spiritus vitalis* of *spiritus vitae* toe te voegen. Het lichtende, levende bloed verlaat nu het hart en kan nu deel van de lichaamsmaterie worden.

Dit verslag weerspreekt Avicenna's bericht over *humor radicalis* zeker niet, maar toch verwierp Van Helmont de leer van *humor radicalis* als beslisser over leven en dood. Het ontbreken van de bezielde oervloeistof is niet de oorzaak van sterven. Hij bewees zijn standpunt met een experiment.

Op de scherpe punt van een in de grond gestoken stok prikte hij een levende pad. Na vier hete dagen in juli stelde hij vast dat de pad nog leefde, spartelde en vochtig aanvoelde. Als het ontbreken van vocht een doodsoorzaak zou zijn, dan moest de pad nu dood zijn. De dood, zei Van Helmont, is de oorzaak van het uitdrogen van het lichaam maar, omgekeerd, is uitdroging niet de oorzaak van de dood.

De dood volgt wanneer de archaeussen, de dienstknechten van de ziel, hun plichten verzaken. Een van hun talrijke taken is uit voedend vocht *humor radicalis* af te zonderen, dat is het levensvocht dat sperma meebrengt. Die humor blijft levenslang werkzaam en stelt de ziel in staat de lichaamsvormen te actualiseren. De verschraling van de *humor*, die met het klimmen der jaren optreedt, is het gevolg van zielaftakeling en van het falen van de archaeussen. Dat is de oorzaak van de dood.

De denkwijze van Van Helmont is intuïtief; uit een gevoel van natuurlijk deelgenootschap in een wereld van levende wezens openbaart zich inzicht, begrip van oorzaak en gevolg. Experimenten dienen ter bevestiging van de geopenbaarde kennis, of eigenlijk vooroordeel, en zijn geen kunstgrepen ter beantwoording van een vraagstelling.

22. Gassendi, de katholieke kampioen van Epikoeros

Vervolgens vereist Pierre Gassend (1592, Champtercier (Digne) - 1655, Parijs) onze aandacht. Hij werd algemeen Gassendi genoemd sedert de titel van zijn vertoog *Petri Gassendi Disquisitio* (p. 615) zijn naam in de Latijnse genitivus vermeldde. Gassendi was een de 17e eeuw typerende veelzijdige geleerde: astronoom, wiskundige, filosoof, archeoloog, kenner van de klassieke talen, van Hebreeuws en van Arabisch, en van de muziekleer. Drie jaar na zijn dood verschenen zijn verzamelde werken in zes kloeke delen; zij hebben niet alleen op de biologie een duidelijke invloed uitgeoefend.

Hippokrates en Galenus vormden Gassendi's biologische denktrant, terwijl hij met grote nadruk aanhanger werd van de atomenleer volgens Epikoeros en Lucretius (*De Vita et Moribus Epicuri*...; 1647). Tijdens zijn docentschap in Aix-en-Provence (1617-1623) oefende Gassendi kritiek op Aristoteles' filosofie. Nog veel ernstiger bezwaren had hij tegen Descartes (VI.16), zowel tegen diens wijsbegeerte als diens biologie. Aan het Collège

de France (Parijs) benoemd om wiskunde te onderwijzen (1645–1648) zette hij zijn eerste, onbarmhartige aanval op schrift (*Objectiones Quintae*...). Hij wierp Descartes voor de voeten dat zijn stelling *Cogito ergo sum* een leuze was, meer niet, een bewering die van alle ware wijsbegeerte gespeend was. Wat het Cartesiaanse materialisme betrof, die 'denkende materie', zei hij – hard en pijnlijk want hij kon zich op Descartes' eigen uitspraken beroepen – : 'Gij weet niets daarover, Descartes. De kern van uw bestaan is u verborgen (le principal de votre essence vous est caché) en niets weet u omtrent de geaardheid van die 'substantie' die in staat zou zijn te denken.'

De definitie en de beperkingen van het denkvermogen, een uitsluitend menselijke eigenschap volgens Descartes, zijn onbevredigend, zeker als het biologie aangaat. Alle gewaarwordingen ('sensations') zijn een vorm van gedachten, van denken, beweerde Descartes. Welnu, dan moeten dieren die hun omgeving waarnemen gedachten hebben. En zij hebben die dan ook, al houdt Descartes vol van niet, zij het dat hun denken oppervlakkig is en kortzichtig.

Zijn betoog opbouwend naar Aristotelisch model en gebruik makend van Vesalius' argumenten, kwam Gassendi tot de slotsom dat het verschil tussen mensen- en dierenverstand gradueel is en niet absoluut.

Mensen en honden bezitten beide hersenen die onmiskenbaar veel op elkaar gelijken. Daar volgt uit dat de mensen- en dierenziel weliswaar niet gelijkwaardig, maar wel verwant zijn. De mens is het meest begaafde dier en zijn spraak is beter ontwikkeld dan het geblaf van een hond. Groter verschil is er niet. Als mensen en honden wezenlijk verschillende zielen zouden hebben, dan zou de mens ook zonder de hersenen een denkkracht of een geestelijk leven moeten kunnen opbrengen. Dat is hem onmogelijk. Zeker, dieren redeneren minder bekwaam dan mensen, maar 'wat dat aangaat is er geen onmetelijke afstand tussen hen en ons zelf; het blijft bij de een wat meer en de ander wat minder.'

In latere jaren bond de abbé toch wat in. Hij wilde bij nader inzien erkennen dat de mens een spirituele ziel bezit die aan de lichamelijke toegevoegd is en deze laatste, de prikkelgevoelige gewaarwordingenziel, is de enige die dieren hebben. De dierenziel is in feite niets anders dan een zekere verfijnde 'substantie', bij wijze van spreken de 'bloem van de materie', meende Gassendi.

Gassendi was een capabele anatoom. Misschien heeft zijn kritiek op Descartes' hersenonderzoek en de conclusies die de Cartesianen daaruit trokken, Steno – die later katholiek werd – geïnspireerd voor zijn aanval op Descartes' biologie (p. 292).

Copernicus had gelijk, maakte Gassendi openlijk bekend, maar dat moest hij herroepen. Galilei mocht hij nog wel, omzichtig en met voorbehoud, steunen. De klassieke atoomtheorie oordeelde Gassendi volkomen juist, echter met aantekening dat het ontstaan, de ordening en het gedrag van de atomen Godgewild en Godgeregeld zijn (*Philosophiae Epicuri Syntagma*; 1649). Atomen zijn alle dezelfde in zoverre zij materie en ondeelbaar zijn, maar zij verschillen in afmeting en vorm. Een klontje atomen kreeg van Gassendi de naam 'molécule'. Op eigen kracht kunnen atomen niets, maar door goddelijke interventie worden zij dragers van leven. Hij legde daarmee de grondslag voor de theorie van de levende moleculen, die tijdens de Verlichting het uitgangspunt zou worden voor het vitalistische materialisme in Frankrijk (Voltaire, Diderot, La Mettrie).

Toen Gassendi bekend maakte dat God in den beginne niet zo maar atomen geschapen had, maar bovendien 'zaden' had ontworpen en geschapen, publiceerde hij daarmee een gewijzigde versie van Augustinus' *panspermie*-theorie. In die geschapen zaden schuilde een zieltje, een *animula*, verzekerde Gassendi, en dit vormt en bouwt met onaflatende

ijver en onvergelijkelijk vakmanschap de organen en rangschikt die tot het levende organisme. Sperma, zowel planten- als dierenzaad, brengt *animula* over naar de volgende generatie en dit verzekert de ongewijzigde continuïteit van de levende wezens. In feite was de *animula* onmiskenbaar de opvolger van de *causa finalis* volgens Aristoteles en de Natuurphilosophen (IX.20,30) konden hier zonder moeite de blauwdruk-gedachte (Bauplan) in terugvinden. Anders samengevat: de *logoi spermatikoi* of erfelijkheidswetten volgens de Stoa werden door Gassendi gekerstend en natuurwetenschappelijk wat beter gefundeerd. Gassendi sloot zich bij de ovisten aan en beleed dit geloof meer consequent dan Harvey (p. 273). Dit voerde Gassendi tot de overweging dat dieren steeds en zonder uitzondering uit eieren voortkomen, ook dieren die uit rottende stoffen of dergelijke materie zouden zijn ontstaan, zoals men vroeger geloofde. Het enige verschil tussen beide groepen is dat de eerstgenoemde uit een zichtbaar ei verschijnt, voortgebracht door een ouderlijk dier, en de laatstgenoemde komen uit eieren die verborgen zijn in materie of op plaatsen waar men ze niet zou verwachten.

Veel bijval ontmoette Gassendi's vlamtheorie, die aan Empedokles zijn oorsprong dankt en die aan Descartes' biofysiologie verwant is. In het levende lichaam bewijst warmte de aanwezigheid en werkzaamheid van de ziel, schreef Gassendi. Het is een warmte die door onwaarneembaar kleine zielatomen vervoerd wordt. Deze houden zoals een brandstof de lichaamsfuncties gaande. Wij kunnen die ziel het best beschouwen als een levensvlam, verfrist door het gestadig rondvloeiende bloed, zodat hij niet kan doven. Koudbloedige dieren moeten het stellen met een klein, zwak vlammetje. De warme zielatomen openen in de slagaderwanden en in de lichaamsmaterie poriën waardoor de levensvochtatomen, met name *humor radicalis*, kunnen passeren en zo overal doordringen. Het levensvocht is olieachtig, want anders zou de levenswarmte het doen opdrogen. De *animula* mag *flammula* heten; het levensvocht voedt het vlammetje.

De enige studiereis die Gassendi ooit ondernam bracht hem naar de Lage Landen (1628–1629). Hij bezocht onder meer de Hortus Botanicus en het Theatrum Anatomicum te Leiden (p. 306). In zijn dagboeknotities trof ik geen wetenschappelijk gegeven van enig belang aan. Bezuiden de Schelde ging hij naar Van Helmont. Terwijl de twee geleerden het zeker niet eens konden worden over *generatio spontanea*, waren zij wel beiden overtuigd dat heel waarschijnlijk een elixir zou uitgevonden worden in staat het leven eeuwenlang te verlengen. Ook scheen hen de ontdekking van de Steen der Wijzen – het mirakuleuze mengsel dat onder veel meer met *humor radicalis* moet worden gebrouwen en dat goud zal afscheiden – op handen. Het waren redelijke vooruitzichten volgens het materialistisch-alchemistische denken van die dagen.

Gassendi is een der eerste Franse vitalisten en hij kan eveneens als een voorloper van de Verlichting worden gezien, materialist *ad absurdum*, een kritische rationalist en een gelovige christen. Dank zij Gods schepping komen materie tot leven en levende wezens tot aanzijn. Bij de geboorte zijn zij bezield en God alleen weet wanneer de ziel het nieuwe levende organisme betrekt. Thomas Feyens in Leuven wist dat ook: op de derde dag na bevruchting. Zijn zielbiologie (p. 743) sluit goed aan bij die van Gassendi en zijn embryologie is eveneens vitalistisch-mechanistisch, maar onkerks.

23. Harvey ontdekt dat aura seminalis causa efficiens is

De gegeven voorbeelden (XI.20–22) tonen aan hoe in de loop van de 17e eeuw de klassieke zielen verenigd in het Renaissance-verbond van lieverlede hun identiteit verloren. Vergeleken met hun oorspronkelijke kwaliteiten verkregen zij soms meer armslag, soms minder, en dikwijls zijn zij moeilijk te identificeren. Niemand kon nog goed *causa*, *psyche* of ziel – van oudsher toch al een beweeglijk en veranderlijk gezelschap, verenigd of verdeeld – onderscheiden. In het bijzonder vervagen de contouren van *causa formalis* en *causa finalis*. Na een eeuwen durend interregnum van incidenteel samenwerken werden de twee binnen het nieuwe verbond één doelgerichte vormende *causa*, die men desgewenst *causa plastica* kon noemen – een besluit dat de neo-Platonici inderdaad namen. Voor hen bewerkt één oorzaak de structuur en de vorm van elk levend wezen tot een passend bestanddeel van de kosmos (XI.2).

Harveys werk is een goed voorbeeld van de harmonische samenwerking van de hervormde Aristotelische causa's. Causa's, psyche's of zielen van Aristotelische herkomst, toegerust met vernieuwde en vermeerderde krachten, leiden Harveys onderzoek en overdenkingen over levensprocessen.

Bevruchting, oordeelde Harvey, is een gevolg van een immateriële, onstoffelijke invloed of kracht, de uitdrukking van een van buiten afkomstige invloed die ontstaat op de wijze van een gewaarwording in de hersenen, de vormen zien van dingen. Vorm worden wij gewaar door toekijken en dat zien schept in ons bewustzijn vormenkennis en vormbegrip. Vergelijkenderwijs verloopt het bevruchtingsproces evenzo.

Sperma is met een *energeia* toegerust, dat is een interne krachtbron die op afstand vormend werkt, binnen het ♀ organisme weliswaar en na copulatie, maar buiten het groeiende organisme zelf. De spermatische *energeia* is dus een externe krachtuitoefening die als *causa efficiens* de formele *causa* binnen het groeiende embryo opwekt en gaande houdt om, in overeenstemming met de entelechie, dus zoals een *causa finalis*, het voorbestemde jonge dier te vormen en tot wasdom te brengen. Aldus Harvey, die *causa formalis* en *causa finalis* tot één *causa* verenigde.

Harvey was ovist (p. 273) en verdedigde epigenese. Ovisten die de preformatieleer verkozen boven die van epigenese konden voor hun mening even goed bij Aldrovandi en Fabrizio aansluiten als bij Harvey inzake zielaangelegenheden. De vier causa's (of de levende ziel) in het sperma zullen immers samen of als ziel alleen, met hun vormend vermogen het embryo doen groeien en tot een organisme opbouwen. Groei voldoet aan de preformatie stelling, en groei samen met vorming beantwoordt aan epigenese.

Als 17e-eeuwse ovisten preformisten zijn geloven zij dat in de conceptus (het embryobegin) een volkomen gevormd organisme van uiterst geringe afmeting aanwezig is. Volkomen gevormd betekent dat ook de nakomeling binnen het conceptus-embryo gevormd aanwezig moet zijn en daarin weer de volgende generatie. Generatie na generatie zal door de spermatische beïnvloeding tot groei komen.

Twee mogelijkheden (beide werden verdedigd). Of het sperma vormt en doet groeien op afstand, of door contact, ter plaatse door aanraking. Volgens dit schema van mogelijkheden beheerste na contact de verrijkte *causa formalis*, in sperma actief en activerend werkzaam, doelgericht vormend, de interpretatie van embryologische en morfologische ontwikkelingen. Deze opvatting is tot ver in de 18e eeuw aanwijsbaar (Buffon).

Velen omschreven echter de *causa efficiens*, die sperma aanvoert en in de conceptus de vormende oorzaak opwekt om de doelgerichte groei als een *aura seminalis*. In de 17e

eeuw spraken Swammerdam en talrijke land- en tijdgenoten van een 'saadlugt', stoffelijk en onstoffelijk tegelijkertijd. Nog in de 19e eeuw schreef Aubert du Petit Thouars de bevruchtende uitwerking van orchideeënpolliniën toe aan *aura seminalis*. Het was, dacht hij, de glutenachtige vloeistof die de afzonderlijke stuifmeelkorrels bijeenhield en die als een sliertje (*caudicula*) helder slijm aan de onderkant van een pollinium te zien is (1818).

In *aura seminalis* herken ik een naaste verwant en afstammeling van *pneuma*, die in zijn rol als *aura* zeker veel vatbaarder voor natuurwetten geworden was dan die overoude, bovenatmosferische luchtkrachten, maar die, dat moest toch erkend worden, even ongrijpbaar en geheimzinnig bleef. In het voorbijgaan wil ik vermelden dat *aura seminalis* als benaming herinnert aan de in vroege Latijnse poëzie gebruikte naam voor de onsterfelijke ziel: *aura divina*. De taal begeleidt de historische samenhang van begrippen.

Aura seminalis werd, nu en dan, ook *aura vitalis* genoemd en hier is de verbinding, of zo men wil de verwarring, met *vis vitalis* en *spiritus vitalis* overduidelijk. Bij planten bleek een *aura pollinaris*, een eigenschap van op de stempel liggende stuifmeelkorrels, in staat te zijn (op afstand) de zaadbeginsels tot embryovorming te stimuleren (overeenstemmende fysiologie van planten en dieren). Hoe belangwekkend de geschiedenis van aura's in de Westerse cultuur ook geweest mag zijn, hij moet hier verder onbesproken blijven.

Een *aura*, gas, lugt, of straling, enigerlei afstandelijke besmetting (*contagio*, zei Harvey, werkzaam als stimulans voor de zielkracht, mist warmte en dat is nu juist de kenmerkende factor, het agens bij uitstek dat processen in het levende lichaam begeleidt. Daarom behield de gelijkstelling van ziel als levensessentie met een vlammetje – natuurlijk een heel bijzonder vlammetje – in de 17e eeuw tenminste evenveel aanhangers als te voren. In de 20e eeuw herinneren 'vlammende geestdrift', 'laaiend enthousiasme' en een 'vurig onblusbaar verlangen' aan de vuurverschijnselen in de ziel van eertijds.

24. Gedachten over bezielde materie in de 17e eeuw

Nog twee voorbeelden van 17e-eeuws mechanistisch-materialistisch denken over de ziel mogen volgen: Willis en Van Leeuwenhoek.

Th. Willis (V.25) vertrouwde erop alle zielproblemen door anatomische gegevens te kunnen oplossen.

Indien de hersenbouw van verschillende diergroepen en van de mens vergelijkend anatomisch bestudeerd wordt, mogen we verwachten de invloeden en de werkzaamheid van de waarnemende ziel (*anima sensitiva*) te ontdekken. In de hersenen ontwerpen de rationele en de waarnemende ziel begrippen, vormen, bekwaamheden en als deze in concept gereed zijn worden zij vermaterialiseerd. Alleen de mens bezit een onsterfelijke ziel. Deze reikt naar de hemel en daarom bevinden de grote hersenen zich boven in de schedel en de kleine hersenen daar beneden.

Uiterst fijne, uiterst beweeglijke partikeltjes die de poriën in de bloedvatwanden kunnen passeren, verlaten de bloedbaan in de hersenen. Zij zijn met vuur vergelijkbaar en samen de prikkelgevoelige ziel (*anima sensitiva*). Doelgerichte golvingen van de *anima sensitiva* (of *spiritus animalis*) brengen in de hersenen het geheugen tot stand, voorstellingsvermogen en willen (*appetitus*). Vandaar gaat de golving naar alle delen van het lichaam. In de kleine hersenen en in het verlengde merg ontstaan gevoelens en instincten. Zowel mensen als dieren bezitten *anima sensitiva*.

De dura mater (het buitenste hersenvlies) kan zich op allerlei plaatsen samentrekken en zo de bloedvoorziening van de hersengedeelten regelen. In het grijze hersenweefsel ontstaat de *anima sensitiva* en deze begeeft zich als levensgeest door het witte hersenweefsel en de zenuwbuisjes naar de spieren en de overige lichaamsdelen (*Cerebri Anatome*; 1659). De ziel van de lagere dieren (*anima vitalis* en *anima sensitiva* samen) verschilt al naar de diergroep en daarom moet eerst een vergelijkende anatomie van de ongewervelden beschikbaar zijn voor hun zielbiologie aan de orde kan komen (*De Anima Brutorum*; 1672).

Van Leeuwenhoek (V.28), de grondlegger van het animalculisme, sloeg een heel andere weg in. In 1685 deelde hij zonder voorbehoud of omwegen mee dat zaaddiertjes een levende ziel herbergen, want zij bewegen. Géén *aura seminalis*, maar tot een rechtstreeks contact van ei en sperma moeten zijn lezers besluiten, want Van Leeuwenhoek wijst erop dat hanesperma niet zo maar zijn intrek neemt in delen van het ei. Integendeel, bestanddelen van het ei gaan het zaaddiertje binnen, voeden het en het zal zich daardoor tot een volgroeid organisme ontwikkelen.

Smit (1982: 185) liet zien hoe Van Leeuwenhoek nauwkeuriger begrepen kan worden met behulp van de inhoud van zijn brief van 16 juli 1683, over de bevruchtingsbiologie van kikkers. Spermatozoïden worden uitgestort vlak bij de zojuist gelegde eieren, op de manier van vissen. Op de dooier van elk ei is een stipje of puntje zichtbaar en daar moet de spermatozoïde binnendringen. Vervolgens zal hij door voedsel uit de eidooier groeien. Als géén spermatozoïde het ei binnengaat, dan ook geen embryo.

De levende ziel blijft binnen het zaaddiertje en dus ook in het volgroeide dier. Van Leeuwenhoeks opvatting, voor zover het de zielverplaatsing betreft, stemt overeen met die van Aldrovandi en Fabrizio, en bovendien met Genesis I, vs. 30, waar staat dat al het gedierte der aarde, en al het gevogelte des hemels, en al wat op aarde kruipt bezield is. Met dierenziel. De christenmensenziel (*mens*) volgt zijn eigen weg in eigen vrijheid, zodat de zielbiologie van Van Leeuwenhoek weer teruggekeerd is naar de opvatting van vóór de Renaissance, Augustijns gemodelleerd is.

Van Helmont, veel meer belezen, veel scherpzinniger dan Van Leeuwenhoek, had vijftig jaar eerder hetzelfde standpunt ingenomen, een scheiding tussen de zielen zoals vóór Dante. De ziel (*anima sensitiva*) werd, een eeuw na Vesalius en Fernel, bij Van Helmont toch weer het klassiek Griekse complex van gekoppelde, fysiologisch-morfologisch werkzame krachten, terwijl de geest (*mens*) naar zijn aard beoordeeld, bij Van Helmont de antieke christenziel nabij komt. Van de zojuist genoemde 17e-eeuwers benadert Van Helmonts zielbiologie het meest die van Descartes. *Mens* gaat zowel bij Van Helmont als bij Descartes – hoezeer de twee biofilosofen overigens ook in hun overtuigingen mogen verschillen – in retraite, zegt de biologie vaarwel en laat de levensprocessen over aan de klassieke zielkrachten, goed herkenbaar al gaan ze gekleed in nieuwe costuums. Van Helmonts zielbiologie is de schakel tussen de zielleer van Galenus en die volgens Descartes (XI.22).

Sennert kwam tot uitspraken over de aard en bezieling van materie die niet of heel weinig verschillen van opvattingen verdedigd in de 18e en 19e eeuw, bij voorbeeld Leibniz en daarna anderen, tijdens de Verlichting. Hij handhaafde de Renaissance-ziel als agens in de biologie. De bijbel verschafte Sennert even solide argumenten om de eenheid van de fysiologisch-morfologisch werkzame ziel te bewijzen als de kerkgeleerde theologen in de eerste eeuwen daar hadden aangetroffen ten bewijze van een volstrekte scheiding van de christenziel en de klassieke zielen.

Gassendi blies de atomenleer nieuw leven in, zo schrander, toegewijd en religieus dat in Engeland het wetenschappelijke beleid van de Royal Society sterk door hem beïnvloed

werd, vooral door toedoen van Boyle die Gassendi's 'Fysique corpusculaire' warm ondersteunde. Biologie rustend op de theorie der bezielde atomen heeft na Gassendi steeds aanhangers behouden.

Hoezeer het mechanistisch-materialistisch denken de 17e-eeuwse biologie beïnvloedde, hoe sterk en hoe gevarieerd, heeft geen nadere toelichting nodig.

25. Francis Bacon begint de zielchemie

In de 17e eeuw verkreeg de onmeetbare en onverklaarbare drang die mensen eigen is om door gerichte aandacht en doelmatig experimenteren eigenhandig een greep op natuurverschijnselen te krijgen, om leven te ontraadselen, de middelen om het biologisch onderzoek in gang te zetten zoals nimmer te voren. Langzamerhand bood het prille begin van enig inzicht in scheikundige wetmatigheden, begrip van natuurkunde (vooral mechanica) en wiskunde uitzicht op mogelijke nieuwe wegen en wat meer houvast. De natuurlijke wereld liet zich gaandeweg overtuigender mechanistisch verklaren, de dode en levende dingen lieten zich beter benaderen, hanteren, praktisch gebruiken; allerlei apparatuur kon men bedenken, maken en inzetten.

Meer, veel meer en veel blijvender gehoor dan de drie in de vorige paragraaf genoemde biotheoretici vond Francis Bacon (p. 279, 280). Bacon joeg in Engeland al geruime tijd op zielen toen van Helmonts *Ortus* verscheen. Hij spoorde ze op in velerlei gedaante en in iedere schuilhoek om ze daarna aan de kaak te stellen en te vernietigen. Wel te verstaan: zielen als onstoffelijke, immateriële krachten opgevat. Al wat zulke zielen heetten te verrichten, zijn verschijnselen die zeker alle aandacht verdienen, maar die alle aan materie-eigenschappen toe te schrijven zijn, zei Bacon.

Dit standpunt, samen met de afwijzing van Aristoteles' verklaringen van de levensuitingen, dwong Bacon terug naar de pre-Aristotelische biologie, want de wetenschappen over dode materie van zijn tijd lieten hem geen keus. Hij baseerde zijn betogen over fysiologie dan ook op de klassieke inzichten, met dit verschil dat 'spirits' – Bacons woord voor ziel – in levende wezens werkzaam, die in de Oudheid gewoonlijk noch stoffelijk noch onstoffelijk begrepen waren, door Bacon ondubbelzinnig als materie beschouwd werden. De Stoa had een materiële ziel al vóór het begin van onze jaartelling gepostuleerd en Bacon maakte van de 'spirits' een snel bewegende, fijne en vluchtige, ongrijpbare materie. Hij bekleedde de gewone, trage, tastbare, wezenloze materiedeeltjes met een mantel die uit 'spirits' geweven zou zijn. Deze spiritueel geharnaste materie, met een alchemistische saus overgoten en gehanteerd volgens vermoedens stammend uit de 6e tot 4e eeuw voor Christus, karakteriseert Bacons biologie. Het model van de dualistische materiedeeltjes, een laag met een spirituele en een laag met een geestloze, materie-aard had hij bij Van Helmont aangetroffen (XI.21).

De *tria prima* volgens Paracelsus (kwik, zwavel en 'zout') moeten, zo oordeelt Bacon, tot twee grondstoffen herleid worden, namelijk kwik en zwavel (p. 372). Kleur- en geurstoffen kunnen een verbazende verdunning ondergaan en toch herkenbaar blijven. Dat bewijst dat uiterst fijne deeltjes tastbare materie samenstellen. In 1605 (*Cogitationes de Natura Rerum*) overwoog Bacon dat onverstandige natuuronderzoekers in het verleden de betekenis van vorm, afmeting en geaardheid van materiedeeltjes schromelijk plachten te overschatten. Veel belangrijker zijn eigenschappen zoals oplosbaarheid, spreidend en doordringend vermogen, vastheid en vooral beweging. De materiedeeltjes en hun begelei-

dende 'spirits' maken en vormen alle voorwerpen, de dode en de levende. De 'spirits' zijn het die als ambachtslieden (workmen) de tastbare materie bewerkend, alle levensvormen en levensuitingen teweegbrengen (*Sylva Sylvarum*, or A Naturall History; 1627). We herkennen de aloude *causa efficiens*.

De concrete wereld verdeelde Bacon in dode en in levende voorwerpen. De onvolkomen levende planten zijn een schakel tussen de dode en de levende wereld. De waarlijk levende voorwerpen zijn dieren. De dierenwereld bestaat uit insekten (sommige daarvan uit rotting ontstaan) en volkomen dieren. Deze laatste zijn zonder uitzondering het gevolg van paring.

Van levende wezens zijn water-en-olie-mengsels de lichaamsmaterie en deze gaat vergezeld van lucht-en-vuur(vlam)-mengsels, een ongrijpbare materie, de 'spirits'. Het lucht-en-vlam-mengsel vormt een netwerk in het lichaam, zodat het water-en-olie-mengsel door talloze overal communicerende kanaaltjes (de wandjes lucht en vuur) doorzeefd is (*Historia Vitae et Mortis*; 1623). Dit model hebben we in deze ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie als *tela cellulosa* ('celweefsel' in de vroeg 19e-eeuwse betekenis) ontmoet (VII.3).

Lucht en water kunnen in elkaar overgaan, dacht Bacon. Planten lieten hem dit zien door zich met lucht te voeden. De mengeling van vuur en lucht is lenig, snel wervelend en krachtig en daarom kan een klein beetje 'spirits' het zware lichaam in zijn geheel zo gemakkelijk en vlug doen bewegen. Hun gedachten over fysiologie en erfelijkheid samenvattend doen Raff en Kaufman in 1983 dezelfde uitspraak ('a small key can open a large door'), maar zij doelden daarbij op een programmering van de levensverschijnselen in volgorde, die Monod teleonomie gedoopt had en die Aristoteles als *causa finalis* omschreef. Voor veel andere, met het bovenstaande verbonden, gegevens verwijs ik naar Halls opstel over Bacon (I, 1975: 230–240) waar ik veel aan verschuldigd ben.

Bacon begreep de voortekenen en voorvoelde de komende ontwikkelingsgang van de biologie. Om de natuur naar zijn hand te zetten moet de natuurvorser selectief en storend ingrijpen in de levensprocessen. Complexe problemen moeten tot geringere omvang gereduceerd worden door vereenvoudigde vraagstellingen, interpretaties steeds onderworpen worden aan gebleken feiten en uit de som van de feiten met hun verklaringen volgt de kennis van een waarheid. Zo had Descartes het ook voorgeschreven (p. 281).

Het 'Baconisme' verschilde trouwens in aanpak nauwelijks van het beleid dat Aristoteles bij zijn natuuronderzoek volgde, maar Bacon legde meer nadruk op doen en op directe waarneming, Aristoteles op overdenking en de waarneming van het geheel van onbelemmerde levensuitingen. Aristoteles nam het levende wezen als een geheel in beschouwing en overdacht daarna het ontstaan en de organisatie van de van nature gegeven samenhang. Bacon begon zijn theorie met de kleinste lichaamsbestanddelen en zag zich vervolgens genoodzaakt de ontogenie van het geheel-in-samenhang door synthese van talloze fragmenten te verklaren. Bacon liet de onderzoekers weten hoe zij daartoe te werk moeten gaan en verrichtte zelf geen noemenswaard experimenteel onderzoek.

Baconisme is een receptuur die zijn verbazende vermogens binnen twee eeuwen onomstotelijk bewees. In de huidige wereld van het exacte weten is voor immateriële zielen bij biologische studies geen emplooi en zij zijn vervangen door eigenschappen aan moleculen en atomen toegeschreven.

26. De terugkeer naar de Middeleeuwse zielbiologie: Descartes

De grote, maar spoedig tanende invloed van Descartes op de ontwikkelingsgang van de biologie wordt, in hoofdzaak, besproken in V.21 en VI.16 en zijn conclusies over de ziel komen aan de orde op p. 389. Enige toelichting op zijn betoog en argumenten, vermeerderd met een aantekening over de reacties die zij in de 17e en 18e eeuw uitlokten, zijn nu gewenst.

Al wat Descartes over biologische kwesties schreef haakt rechtstreeks op de Oudheid en de vroege Middeleeuwen aan. Zijn afwijzing van een volwaardige dierenziel is in brede trekken de opvatting van de Middeleeuwse christen-theologen. Descartes verbond nagenoeg geen nieuwe gevolgtrekkingen aan die oude standpunten.

Een sensitieve, waarneming- en prikkelgevoelige dierenziel had hij in de verhandelingen van Aristoteles aangetroffen. Thomas van Aquino en de scholasten hielden zich daaraan, terwijl zij het verschil tussen de mensen- en dierenziel nader uitwerkten (XI.9,14,17).

Een dierenziel kan en zal lichamelijk reageren op de omgeving, dat wil zeggen dat diergedrag en dierreacties strikt materie-gebonden zijn (een 20e-eeuwer zou zeggen 'chemisch'). Zij zijn dus van volkomen andere aard dan de werkzaamheid van menselijke ratio, van redelijk denken, dat vrij van elke materie plaatsgrijpt, verzekerde Descartes.

Na Aristoteles overwogen de Middeleeuwse scholasten dat de dierenziel in vormend vermogen de plantenziel verre overtrof. Een ieder kan zien dat vorm en omvang van dieren veel meer bepaald, regelmatiger en begrensder zijn dan die van planten. De dierenziel kan bij uitstek levende materie afmetingen, maat opleggen (Albertus, XI.6).

Voortbouwend op gedachten uit de Oudheid waren de Middeleeuwers het vrijwel eens dat mens en dier lichamelijk elkander na stonden. Vergeleken echter met de puur geestelijke kwaliteiten van de mensenziel (die door *Noes* in de Oudheid en door hemelse adem in de Middeleeuwen gekenmerkt worden) is de dierenziel altijd meer stoffelijk van aard, een niet of een half of een geheel op materie berustend krachtencomplex, een substantie, een *hyle*. Binnen de grenzen die aan indrukken, immateriële ervaringen of waarnemingen, fysieke prikkels gesteld zijn, kan een dier tot enige kennis komen, oordeelden de biologen en de theologen uit de Middeleeuwen. Toch bleef een weinig invloedrijke school van post-Platonisten bestaan, die dieren gemoedsbewegingen en karaktertrekken toeschreef in overeenstemming met menselijke eigenaardigheden.

Descartes wilde zulke verschijnselen in het gedrag van dieren zeker niet ontkennen, maar rustte de vergelijking met menselijke eigenschappen op goede grondslagen? Bekoord door Galilei's en Bacons beloften probeerde hij de lichamelijke levensuitingen met behulp van de wetten der dode natuur te verklaren. De dode natuur die in eerste aanleg en proefworp de planten voortbracht, met toegenomen vaardigheid later dieren kon maken en ten slotte als hoogste verworvenheid het menselijk lichaam, toppunt van natuurlijk kunnen, deed ontstaan. Kunnen die vormende krachten, de maatgevende en kwantificerende bekwaamheden van de dode natuur, door de mens met behulp van steeds betere technische middelen nagebootst, misschien heel dicht benaderd worden? Het was al dikwijls geprobeerd.

In Attische Nachten (lib. X.xii) herhaalde Aulus Gellius (2e eeuw; XI.14) een bericht van Favorinus, zijn tijdgenoot, dat Archytas van Tarente (Pythagoreeër uit de 4e eeuw v. Chr. en vriend van Platoon) een houten duif had gemaakt, zo knap bedacht en vervaardigd dat het kunstdier vloog dank zij goed gebalanceerde gewichtjes en een inwendige geleide luchtstroom. Albertus Magnus zette een popje in elkaar dat spreken kon. Leonar-

do da Vinci construeerde in de 15e eeuw een vogel die tot vliegen in staat scheen te zijn. Op zijn beurt componeerde Descartes een duif die naar hij verwachtte, zou kunnen vliegen. Hij zette ook een mechanieke patrijs in elkaar die door een spaniel opgeschrikt, op de wieken zou moeten gaan. Tekeningen om een robot te vervaardigen zouden de machinemens kunnen verwezenlijken, een van magneten voorzien apparaat dat zou bewegen alsof het leefde (ca. 1620). Als zoiets zou slagen had men het gedrag van de dode materie geëvenaard.

De uurwerken die Thomas van Aquino en na hem vele anderen als voorbeelden gaven, ter wille van een mechanistische verklaring van de lichaamsverrichtingen, zijn de aanloop naar de knutselarijen van Descartes. Sinds de Renaissance ontwikkelden technische vaardigheden zich snel. Het kon nu redelijkerwijs worden verwacht dat als de plantaardige en dierlijke lichaamswerkzaamheid van levensbegin tot -einde het resultaat van doeltreffende materieconstructies zou zijn, een ambachtelijke opbouw van dode structuren aan organismen gelijk te stellen apparaten zou opleveren. Beweging, bij uitstek het waarmerk van leven, volgt als een goed apparaat in gang gezet wordt, vanzelf, automatisch.

In de 16e eeuw herleefde de belangstelling voor automaten. Rabelais vertelt al in 1535 hoe Parijse studenten als tijdverdrijf automaatjes maakten (Gargantua XXIV, slot). De Spaanse arts Gomez Pereira komt in 1554 tot de ontdekking dat dieren automaten zijn (*Antoniana - Margarita*) en niets anders dan dat. Descartes denkt er ruim vijftig jaar later net zo over. In *Cogitationes Privatae* (1619–1621) schrijft hij dat de lichaamsbewegingen van dieren ver vervolmaakt en doelmatig kunnen zijn, maar omdat de dierhandelingen onveranderlijk zijn, stereotiep, is de veronderstelling gewettigd dat zij niet over een vrije wil beschikken. Het zijn instrumenten die goed functioneren en die dan ook zichzelf steeds gelijk blijven.

Na die probeersels uit zijn jeugdjaren bezocht Descartes jaren later de waterwerken in de koninklijke tuinen te Saint-Germain-en-Lay en zag daar een droom verwerkelijkt. Hij maakte een enthousiast verslag en knoopte er theoretische conclusies aan vast.

De voorwerpen in onze omgeving, legde hij uit, maken slechts door hun aanwezigheid een indruk op de zintuigen en zetten daardoor de lichaamsmachine in beweging. Die indrukken laten zich vergelijken met (ik citeer:) 'vreemdelingen die sommige van deze grotten met fonteinen en waterwerken binnengaan. Het ontgaat die bezoekers dat zij zelf de bewegingen die op hun binnengaan volgen, in gang zetten. Die bezoekers kunnen in feite die grotten niet binnenlopen zonder op bepaalde tegels te stappen. Die tegels zijn zo neergelegd dat als de vreemdeling een badende Diana nadert, zij zich tussen de riethalmen verschuilt tengevolge van de druk op de tegel. Als de bezoeker verder loopt om haar te achtervolgen, zal een Neptunus dreigend op hem afkomen, met opgeheven drietand, tengevolge van een overeenkomstige voorziening. Als hij bijgeval van een andere kant komt, lokt hij een zeemonster uit zijn hol dat hem water in het gezicht spuwt. En meer dergelijke voorvallen hebben plaats, in samenhang met het speelse vernuft van de Ingenieurs die ze bedacht en geconstrueerd hebben.'

In 1637 kwam Descartes tot het oordeel dat hij nadien niet meer wijzigde. Levende dieren gedragen zich zoals machines, mechanisch, zoals automaten. Zij reageren op steeds dezelfde manier, nooit eens anders, op indrukken afkomstig uit de omgeving, omdat zij niet nadenken, niet kùnnen nadenken.

Mensen wijzigen hun gedrag naarmate zij door ervaring meer inzicht ontwikkelen, door na te denken, door beter te proberen. Dieren blijven dezelfde. Zij zouden spreken als zij het daartoe benodigde intellect zouden bezitten, want spraakorganen hebben zij.

Zij maken geluiden.

Het dierenlichaam en de dierenziel zijn deel van de stoffelijke wereld, het mensenlichaam ook en alle drie functioneren gehoorzamend aan natuurwetten die materie eigen zijn. De mensenziel echter behoort tot een andere, onstoffelijke wereld en deze onderhoudt geen aan causa's gebonden betrekkingen met de stoffelijke wereld. Het is Gods wereld, die voor de mens alleen en slechts door tussenkomst van zijn ziel toegankelijk is. Als dieren rationeel zouden kunnen denken (*cogitare*), bezaten zij een onsterfelijke ziel en dit zou dan ook voor de oesters en sponzen moeten gelden, een volstrekte ongerijmdheid. Descartes, die zich voor de oesters op Sokrates had kunnen beroepen (Filebos 21 st.), voegde nog aan het aftreksel uit de Middeleeuwse kerkleer een nieuwigheid toe, een technisch snufje in de trant van zijn jeugdige bedenksels.

De twee werelden raken elkaar (de onstoffelijke wereld verblijft in de hersenen) in een grenspost: de pijnappelklier (*epifyse*). Daar sorteert de mensenziel de van buiten afkomstige impressies, ervaringen en gewaarwordingen die de hersenen binnengaan. Tegelijkertijd regelt de ziel de mechanistisch-fysische impulsen die de hersenen voortdurend uitzenden en die langs de vezeltjes in de zenuwbuisjes overal in het lichaam doordringen. Om tot deze slotsom te geraken had Descartes zijn vier stelregels voor rationeel natuuronderzoek (p. 281) bij lange na niet in acht genomen, maar hij was wel op zoek naar gegevens gegaan.

Van de ziel van mens en dier in relatie tot de pijnappelklier zoals Descartes die beoordeelde, deed ik voldoende verslag op p. 386–388. Hij bedacht hetzelfde model als Platoon voor een nauw begrensd raakvlak tussen zielen van de mens. Platoon wees de hals aan (XI.5), Descartes de pijnappelklier. Hoe naïef en primitief Descartes' zielgeografie ook mag zijn, het verhinderde niet dat deze hem bracht tot een eerste benadering van de aard der reflex-beweging. Thomas Willis (p. 301) zou kort daarna het woord 'reflex' met goed omschreven inhoud invoeren op grond van experimenteel onderzoek (1664). Vermoedelijk heeft Descartes' beschouwing Willis op het vraagstuk attent gemaakt en vond de laatste het afdoende antwoord daarna. Robert Whytt (VII.4) kon in de 18e eeuw aantonen hoe het ruggemerg reflexen regelt.

Descartes heeft geprobeerd zijn vermoedens met feiten te schragen. Hij deed anatomisch onderzoek ter wille van meer informatie over zielgedrag. Daarom ontleedde hij de testes van verschillende diersoorten om uit te vinden waar het dierlijke geheugen, en allerlei begeerten huizen en uit voortkomen. Ik verheel mijn verdenking niet, dat hij die organen koos gedachtig aan de sperma-hypothesen volgens Galenus. Misschien had Mundinius, een Italiaanse arts die veel gehoor vond en in 1622 kon berichten dat sperma in de testes van ziel voorzien wordt (*De Genitura*), zijn keuze beïnvloed.

De Cartesianen aanvaardden als bewezen dat dieren geen redelijke gedachten kunnen hebben en zodoende geen gevoelens merken zoals mensen, geen pijn kunnen gewaarworden. Dieren gaan tekeer als men ze ontleedt, dat zeker, maar het is slechts een vorm van protest, omdat zij zich in een ongewone en ongemakkelijke situatie bevinden. Pijn voelen zij niet, want om pijn te voelen is bewustzijn onontbeerlijk en dit laatste ontbreekt bij dieren geheel en al. Als een orgel – bij wijze van vergelijking – bespeeld wordt, geeft het geluid, maar het voelt niets. Een kat is zo gebouwd dat als je aan zijn staart trekt uit het andere eind geluid komt.

Zonder gewetensbezwaren kan men dieren doden en eten (vegetariërs waren roerig in Descartes' dagen), en dit verdient bijval, want het bevordert een betere volksvoeding, zei Descartes.

De biologie profiteerde van zijn conclusies. Biologen die terugschrokken van dierfysiologisch onderzoek aan levende dieren en vivisectie om emotionele redenen verwierpen, vernamen dat zij zich vergisten. Na Augustinus was nu op gezag van een onmiskenbaar groot filosoof, die eigenhandig anatomisch onderzoek verricht had gebleken dat vivisectie in het minst geen dierenmarteling meebracht. De methode nam dan ook als uitstekend hulpmiddel bij allerlei onderzoek snel in omvang en betekenis toe. Bovendien was het biologisch onderzoek van levende organismen nu vrijwel van alle zielmystiek gezuiverd en daarmee een natuurwetenschappelijk handelbare wetenschap over materie geworden, gelijkwaardig aan wiskunde en fysica. Dierfysiologen stonden na het vonnis over de dieren en de dierenziel nog tientallen jaren in de voorste gelederen van de verdedigers van het Cartesianisme.

27. Opkomst en ondergang van de machine-dieren

Descartes maakte het in 1637 goed duidelijk: 'De mens leeft lichamelijk geheel buiten bereik van zijn wil. Geen andere oorsprong voor beweging [fysis] dan de hartwarmte, die bloed en *spiritus animalis* door het lichaam vergezelt. Het dierlijke lichaam functioneert zonder tussenkomst van enig onstoffelijk principe. Een machine die zoals een dier gevormd is, zou niet van een dier te onderscheiden zijn.' Hij waarschuwt tegen welwillende vergissingen: 'Al tonen veel dieren meer vaardigheid bij sommige hunner verrichtingen dan wij, toch blijken die dieren voor talrijke andere verrichtingen alle vaardigheid te missen. Zodoende is het gegeven dat zij iets beter dan wij kunnen geen bewijs dat zij van een redelijk verstand voorzien zijn, want in dat geval zouden zij ons in alle opzichten overtreffen. Integendeel, het bewijst dat zij *ratio* missen en dat het de natuur is die zich uit in overeenstemming met de organen die het dier bezit. Kijk maar eens naar een klok die uit niets anders dan wieltjes en gewichten bestaat en die de uren kan aftellen en de tijd nauwkeuriger meet dan wij, hoe bekwaam we ook zijn.'

Vele theologen verwelkomden Descartes' slotsom met warmte. Hij had in feite de aloude positie van de vroege theologie in ere hersteld: een mensenziel onbesmet door lichamelijkheid. De fysiologie van levende wezens een aardse bedrijvigheid, waar de essenties van de mensenziel – wil, ratio, bewustzijn – niet mee van doen hadden. Biologie een natuurwetenschap zoals alle andere disciplines, die zich met het causaal gedrag van materie bezighielden. De zielscheiding die de christenheid van vóór de Renaissance algemeen erkend had was nu overtuigend opnieuw vastgesteld.

Het demonteren van machine-dieren werd een leerzaam tijdverdrijf. In het invloedrijke opleidingscentrum Port-Royal te Parijs, waar de volgelingen van de Nederlandse theoloog Cornelius Jansenius (Cornelis Jansen, 1585–1638) de leer van Augustinus beleden en de jezuïeten verfoeiden, werd vivisectie een leermiddel en populair amusement voor de vrije uren. Antoine Arnauld, jansenistenleider, schreef een verhandeling die hem een syllogisme in de pen gaf, dat zich als volgt vertalen laat: Materie denkt niet – Dierenziel is materie – *ergo*: Dierenziel denkt niet.

Van de bepleiters van de Cartesiaanse stellingen in Frankrijk noem ik slechts Louis de la Forge (?–1666), geestelijke in Saumur, die in 1665 dieren elk verstandelijk vermogen radicaal ontzegde (Traité de l'Esprit de l'Homme). Het leven van planten en dieren is niets dan een bundeling van fysiologische processen.

Aan Rosenfields werk (1968) dank ik veel gegevens over het Cartesiaanse dierautoma-

tisme. Zij wees in haar fraaie studie op François Bayle, hoogleraar in de medicijnen te Toulouse. Bayle (1622–1709) had met zijn gedetailleerde commentaren op Descartes vooral in Engeland en Duitsland veel succes.

In Engeland ontpopte een invloedrijke embryoloog, Sir Kenelm Digby zich als een vurige Cartesiaan. Hij had Descartes in Nederland ontmoet. Misschien niet geheel zuiver in de leer maakte hij in 1644 bekend dat dieren, door een 'rationall agent' bestuurd, niet de geringste mogelijkheid hebben van diens voorschriften af te wijken (Two Treatises...).

In Duitsland verdedigde de filosoof Johann Clauberg (1622–1655), die in Groningen en Leiden gestudeerd had, met zijn theorie der levende organismen (1664) het dierautomatisme volgens Descartes. Clauberg citeerde Descartes even uitvoerig als slordig, terwijl hij een stap zette in de richting van het 'occasionisme'.

Nederland bleef een broedplaats van het Cartesianisme. Hier vermeld ik slechts Henricus Regius (Hendrik de Rooy, 1598–1646), hoogleraar in de medicijnen te Utrecht, die zich in 1646 als bekeerling meldde (*Fundamenta Physices*). Regius die de Botanische Tuin in Utrecht begon, had veel invloed in Engeland en Frankrijk.

In Leiden steunde professor Florens Schuyl (1619–1669), een belezen en suffisante hoogleraar, het dierautomatisme. Hij voegde aan het mentale zielsverschil tussen mens en dier nog een stoffelijk verschil toe: de mens is het enige dier dat kleren aantrekt als voorzorg tegen slecht weer, een feit waar Plinius Florens op had gewezen. Overigens bleek dat de bijbel, de apostelen, de kerkvaders, allen Florens en Descartes steunden in hun mening dat het dier een automaat is en niets anders. Ik noteer nog dat alras bleek dat de stellingen van Descartes met de schepping volgens Genesis overeenstemden. In Leeuwarden verscheen in 1669 een werk waarin werd betoogd dat Mozes zich weliswaar in meer algemene zin over de natuur had uitgelaten dan Descartes, maar toch ook, en zelfs in enig detail, diens conclusies onderschreven had (*Cartesius Mosaizans*).

Het ontwerp van de dier-automaat vond in heel West-Europa weerklank, vooral door toedoen van père Nicolas de Malebranche (p. 389). Hij was de jongste uit een gezin met tien kinderen, zwak en ziekelijk wel, maar een behendige theoloog en een zeer goede stilist. Als 26-jarige pater liep hij door de rue Saint Jacques in Parijs en kreeg Descartes' boek Traité de l'Homme in een boekwinkel onder ogen. Hij keek het in, zijn adem stokte van ontroering en hij moest, te diep getroffen, de lectuur staken. De Malebranche maakte met deze jeugdherinnering duidelijk, dat hij toen besloten had zich geheel voor Descartes in te zetten.

Nicolas was na een studie aan de Sorbonne toegetreden tot de oratorianen, die sinds 1611 een vestiging in Parijs hadden. De Augustijnse theologie verdroeg zich uitstekend met de Cartesiaanse biotheologie. In 1674 verscheen het eerste deel van De Malebranche's De la Recherche de la Verité (6 'boeken'). Nog tijdens zijn leven kwamen zes herziene edities van de pers en twintig heruitgaven volgden binnen een eeuw, alleen al in Frankrijk. Na een dozijn pleitbezorgers van bescheiden formaat had Descartes zijn zwaargewichtkampioen gevonden.

Biologie had De Malebranche's volle aandacht: een insekt boeide hem 'meer dan de hele Griekse en Romeinse geschiedenis'.

In enige edities van zijn Recherche betoogde De Malebranche dat de mens na zijn geboorte een groot aantal dingen doet en nalaat, als gevolg van een gefixeerde rangschikking van de hersenvezels (fibres de notre cerveau). Waarnemingen door de zintuigen opgedaan, laten in de hersenen sporen achter (zoals Lucretius al had uitgelegd). Die spoortjes (traces) staan onderling vaak in verbinding en daardoor vormen zich paden waarover reacties zich

voortbewegen, automatisch, mechanistisch, en geheel buiten onze wil. Wil is een deel en eigenschap van onze ziel (*anima*) en dieren, die de *anima* missen, kunnen bij gevolg niet 'willen'.

> Recherche, boek II: 'Het verband bij voorbeeld dat blijkt te bestaan tussen de sporen in de hersenen en de bewegingen die met schreeuwen en pijn gepaard gaan, is volstrekt vrij van het willen. Het geluid van hen die schreeuwen als zij door anderen om de oren geslagen worden, zet de van nature aanwezige sporen in werking, buiten elk willen om. Het geluid roept bewegingen op die veroorzaken dat men zich naar degenen begeeft die bezeerd zijn, met het oogmerk hulp te verlenen. Dit alles voltrekt zich door de bewonderenswaardige ordening die God de dingen toekende, die algemene saamhorigheid (volonté générale) die men natuur noemt.'

De natuur die de aan het begin van de wereld geschapen levende wezens doet groeien en bewegen volgens de natuurwetten die God oplegde. En De Malebranche maakte nog talrijke details en de gevolgtrekkingen bekend passend bij die waarheid:

Groeven (impressions) die de *spiritus animalis* (esprits animaux) gaandeweg gegrift heeft en die door de inwerking van de waargenomen voorwerpen (l'action des objets) zich vormden, kunnen lang ongebruikt voortbestaan: dit verklaart het geheugen van mens en dier. Begrip ontstaat door de communicatie van verschillende sporen, omdat begrip de vaardigheid is verschillende waarnemingen of ervaringen in relatie te brengen.

De *spiritus animalis* is een stoffelijk agens: de allerfijnste en beweeglijkste bloedpartikeltjes (les plus subtiles et agitées). Zij blijven door gisting (fermentation, gisting in de zin van Van Helmont) en door hartbeweging in bedrijf. Voor deze eigenschappen kan De Malebranche bewijs aanvoeren. Al naar de verschillen in spijs of drank verschillen de *spiritus animales*. Men ete wel of niet, veel of weinig, drinke wijn of water, en het lichaamsgedrag zal zich in overeenstemming daarmee wijzigen.

Pecquets ontdekking (1651) van de chylus- en lymfebanen (p. 327) bracht De Malebranche uitvoerig ter sprake. Hij oordeelde dat hierdoor de voedingsbron van *spiritus animalis* gevonden was: een aardse bron. En met de vorming en het transport van die kleurloze waterige lymfe heeft onze wil niets uitstaande.

De Malebranche was allerminst de enige theoloog die Descartes visie op dieren met instemming begroette. Eén voorbeeld slechts: Darmanson.

Jean M. Darmanson, docent in Frankfurt en in Amsterdam, gaf in 1684 een boekje uit (La Beste Transformée en Machine), waar hij De Malebranche krachtig in bijviel, zo krachtig dat hij hele stukken De Malebranche letterlijk overschreef. In Thomistische stijl bevestigde Darmanson dat dieren geen deel aan de erfzonde hebben. God zou dus wreed en onrechtvaardig handelen als Hij dieren aan lijden zou blootstellen. Mensen, daarentegen, lijden tijdens hun leven pijn en verdriet. Indien zij dit zoals christenen behoren te doen, verdragen, wacht hen in het hiernamaals een beloning. Dieren sterven, ziel en lichaam, en voor hen dus geen hiernamaals en geen beloning. Dat impliceert dat God aan dieren het vermogen pijn te lijden heeft ontzegd. God doet de dieren echter wel leven en de mens kan zonder scrupules naar believen met dieren omspringen: zij lijden er niet onder. Theologie en biologie zijn eenstemmig, bij Augustinus, Descartes en Darmanson als het dieren betreft.

Hoe men ook redekavelt, de mens voelt van nature een tegenzin tegen vivisectie en heeft geen sympathie voor automaten. Het bezwaar kreeg een formule: 'een horloge liefkoos je niet.' Een paard op de rand van een afgrond waar heerlijke geuren van hooi en haver uit opstijgen deinst terug en springt niet omlaag.

Bernard le Bovier de Fontenelle (1657–1757), vruchtbaar schrijver, voorbeeldig verslaglegger en een mensenleeftijd lang de onovertroffen secretaris van de Académie des Sciences in Parijs, was dualist, dat wil zeggen dat hij de twee gescheiden werelden volgens Descartes aanvaardde. Hij verwierp niettemin diens standpunt aangaande het machine-dier (1685).

> Lettres Galantes: 'Zet u maar eens een machine-reu en een machine-teef bij elkaar, en het gevolg zal zeker een derde, klein machientje zijn. Twee horloges kunnen hun hele leven lang in elkaars gezelschap blijven en zullen nooit een derde maken.'

Evenals veel filosofen van zijn tijd legde De Fontenelle een rechtstreekse verbinding tussen ratio en ervaring omdat, zo redeneerde hij, het gedrag van mens en dier door ervaring in samengaan met redelijk verstand bepaald wordt. Hij besloot dat de mens door het bundelen en rangschikken van uit ervaring voortspruitende begrippen, theorieën ontwerpen kan, terwijl het dier eenvoudige oordelen vormt uit de waarneming van het uiterlijk van voorwerpen, van voorvallen of door gevoelservaringen. Daarmee staan De Fontenelle, Locke en Leibniz (met zijn 'petites perceptions') samen aan het begin van de moderne dierpsychologie (en laten wij Aristoteles hierbij niet vergeten). De waardering voor De Fontenelles levenskunst en inzichten hield nog in onze dagen stand: zij waren 'le sourire de la raison.'

Onder Cartesianen die leven omschreven als een produkt van het samentreffen van dode moleculen vonden zulke menselijke, emotionele bedenkingen geen gehoor. Fysiologen, gedreven door de lust tot experimenterend onderzoek, waren al evenmin geneigd te luisteren. Zij verkozen de leer van Augustinus, van Thomas en van De Malebranche (het gedeelte daaruit dat hen te pas kwam) en verwelkomden de uitvinding van het automatische gevoelloze dier. Het laat zich niet ontkennen dat dit talloze overbodige en gruwelijke martelingen ten gevolge had. Anderzijds leidden de ongeremde, weinig kostbare vivisecties tot belangrijke verbeteringen in de kennis van de dierfysiologie.

De theologen waren ook, zoals gezegd, met de machine-dieren zeer tevreden, maar menselijk mededogen en de gewone alledaagse ervaringen tijdens de omgang met dieren hielden een niet weg te redeneren verontrusting in stand. Men bleef zich verzetten tegen de Cartesiaanse dierfysiologie met kerkelijke goedkeuring.

De Malebranche en de zijnen ontwikkelden in de jaren tachtig het occasionisme. Deze gedachte gaat uit van een mate van overeenkomst tussen dieren- en mensengedragingen. Men wilde daarom een grenszone erkennen tussen de twee Cartesiaanse werelden, geen volkomen gesloten grens tussen ziel en lichaam, zowel bij mensen als bij dieren. Dieren handelen nu en dan schrander, wel overlegd, ethisch zelfs, zoals mensen naar het schijnt. Welnu, zo leerden de occasionisten, dit is het gevolg van de ontmoeting nu en dan van de dierenziel die wel eens in de grenszone vertoeft, met hogere waarden, eigen aan de mensenziel. Die mensenzielkwaliteiten die de onstoffelijke wereld bewonen en als oorsprong hebben worden toch wel eens in het grensgebied aangetroffen en de dierenziel profiteert van hun tijdelijke invloed. Het dier handelt, naar 't schijnt, zoals een mens.

De interpretatie liet te veel aan het toeval over om stand te kunnen houden, gaf te veel vrijheid van komen en gaan van de zielen. Er onstond onzekerheid, verwarring, en al spoedig vervingen de Cartesianen het occasionisme door het providentialisme. Deze verbeterde theorie van het occasionisme wees erop dat God ook in occasionele gevallen toch de leiding behield, en dat als gevolg van een Goddelijke beslissing dieren soms verstandig en ook met gevoel kunnen handelen (p. 1119).

Het verdient aandacht dat zowel occasionalisme als providentialisme ruimte lieten voor

een gedachte die Lucretius in de 1e eeuw v. Chr. (en Epikoeros nog veel eerder) ontwikkeld had. In *De Rerum Natura* (II, vs. 216–220) deelde Lucretius mee dat atomen weliswaar door hun gewicht rechtlijnig door de lege heelal ruimte vallen, maar dat op volkomen onzekere plaatsen en tijden kleine afwijkingen (*clinamen*) in hun baan optreden, zodat zij hun richting wijzigen. Over de oorzaak van die baanverleggingen rept Lucretius niet. De goden zijn de oorzaak niet, zei Lucretius, want die hebben daar geen aandacht voor en de natuur brengt alles zelf in volkomen vrijheid tot stand (II, vs. 1090–1093). Onvoorziene atoombaanveranderingen blijken onontbeerlijk te zijn om tot natuurlijke volmaaktheid te geraken (XI.8).

Lezers kunnen Lucretius niet anders begrijpen dan dat hij 'toeval' bedoelt, geen *causa* aanwijst voor het uitzonderlijke atomaire gedrag maar deze ook niet afwijst. Dat sloot aan bij wat de 18e-eeuwers besloten: Gods beweegredenen om nu en dan de natuurwetten, die Hij de materie heeft opgelegd te doen haperen, zijn onbekend. Moleculen (zielen, substanties) doen opeens anders dan verwacht mocht worden, door een oorzaak die onbekend kan blijven indien er al een oorzaak is.

Het wemelde in de 17e en 18e eeuw van wonderschone dier-anecdotes en de suikerzoete lieten zich willig verwerken tot moraliserende christelijke lesjes. Het providentialisme voldeed hoorders en lezers uitstekend. God bestuurt immers alle gebeurtenissen, alle dierendaden, ten voordele en tot voorlichting van de mens. Degenen die zich toch nog verbaasden over de perfecte verrichtingen van de automaat-dieren kregen ten antwoord dat de mens in staat gebleken was schitterende staaltjes van automatisch werkzame machientjes te construeren. Het spreekt vanzelf dat God (in de 17e en 18e eeuw zegt men niet zelden 'de Maker van de Natuur' of l'Auteur de la Nature) nog veel ingewikkelder en knappere werkstukjes maken kan: de machine-dieren. Zo werd het herziene dierautomatisme een nieuwe glorie voor de albekwame Schepper, die de levende natuur voor het menselijk begrijpen mechanistisch en strikt causaal geschapen had.

Een Essai Philosophique sur l'Âme des Bêtes, in 1727 of 1728 verschenen, kreeg veel bijval, maar niet blijvend. Een in Utrecht geboren dominee van de Waalse Kerk, David Renaud Bou(i)llier (1699–1759), van Franse afkomst, die in Amsterdam en Londen werkzaam was, had het boek geschreven. Hij koos een middenweg. De dierenziel kan, schreef Boullier, uiteindelijk niet anders dan spiritueel zijn, te weten onstoffelijk, maar is desondanks sterfelijk. Daarom kunnen dieren voelen, gewaarworden en met enig verstand denken, zij het niet rationeel (want ratio is aléén voor mensen weggelegd, en rationele ziel is onsterfelijk).

Hoewel Boullier als theoloog met dit compromis de empirici van de Verlichting een eindweegs tegemoet kwam, bevredigde het de anti-Cartesianen niet. Zij hielden vol dat de dierenziel niet alleen denkvermogen bezit, maar ook in beperkte mate rationeel denken kan. De rechtzinnige materialisten onder hen bleven erbij dat de dierenziel niet spiritueel geaard was, niet onstoffelijk, maar materie. Zo hadden alle mogelijkheden vertolkers gevonden, en gaf Descartes nog in de nadagen van zijn biofilosofie aanleiding tot een hervormde dierenziel, die overigens geen lang leven beschoren was. Boulliers warrige en slordige betoog werd snel vergeten.

Als tegenstander van kerkelijke zijde verdient Guillaume Hyacinthe Bougeant (1690–1743), pater jezuïet, leraar aan enige jezuïetencollege's in Frankrijk, een ogenblik aandacht. Hij schijnt mij met meer genegenheid dan noodzakelijk voor een jezuïetenpater in Porfyrios (XI.12) gelezen te hebben. Toen het dierautomatisme op de terugtocht was, nam hij de Cartesianen nog eens op de korrel in zijn Amusement Philosophique sur

le Langage des Bêtes (1739). Hij wijst erop dat dieren wel degelijk spreken, al verstaan wij hun taal niet. Vogels zingen niet in het wilde weg. Zij praten muzikaal met elkaar. Père Bougeant vertaalde glimlachend enige vogelgesprekken voor zijn lezers (in het Frans). Dit ging te ver. Bougeants lichtvoetige boek werd door het parlement en door de aartsbisschop van Parijs verboden.

De markies van Saint-Aubin-sur-Loire, Gilbert-Charles Legendre (1688–1746), schreef een uitvoerig overzicht van de standpunten en theorieën over het leven van mensen en dieren sinds Descartes en tot circa 1730. Hij ondersteunde de mechanistisch-materialistische verklaringen van de levensverschijnselen volgens de stellingen van Demokritos en Lucretius, vulde die aan met argumenten afkomstig van Descartes en van De Malebranche, en hij sprokkelde her en der in de literatuur, zodat de 18e-eeuwse empirici, de Verlichten, veel informatie in zijn werk ter beschikking kregen. Zijn zesdelige Traité de l'Opinion ou Mémoires pour Servir à l'Histoire de l'Esprit Humain begon in 1735 te verschijnen. Hij lichtte het gedrag van bezielde materie bij dieren uitvoerig toe en beschreef de dierenziel uitgaande van gedachten die De Malebranche wel geopperd maar niet uitgewerkt had. Legendres conclusies bleven grotendeels gehandhaafd en doen zich nog in onze dagen gelden.

De bestaande theorieën hebben, erkende Legendre, alle wel in een of ander opzicht iets bijgedragen tot de kennis van de dierenziel, maar misten steeds de kern van de zaak. In de omringende wereld bevinden zich talloze bezielde materiedeeltjes en deze, de zintuigen binnengekomen, veroorzaken deukjes en krasjes op de zintuigvezels. Daardoor leren dieren, omdat als de prikkelingen uit de buitenwereld afkomstig zich herhalen de krasjes dieper worden. Zielgedrag zal door dit mechanistisch-causale proces worden vastgelegd; een opgeroepen reactie volgt de gebaande weg.

De prikkelgevoelige ziel van dieren is materie. Ziel is niet intermediair, verklaart Legrende, niet iets tussen stoffelijk en onstoffelijk in, maar ronduit stoffelijk. Toch zijn dieren geen automaten. Zonder dat zij het zelf begrijpen handelen zij steeds ter wille van lichamelijk voordeel. Bij mens en dier komen alle begrippen, in aanzet of voltooid, voort uit zintuiglijke gewaarwordingen. Met behulp van zijn ratio of anders gezegd, zijn intelligentie is de mens in staat door redenering uit die chaotische massa impressies, abstracties te vormen. Overigens dient men in het oog te houden dat allerlei diergedrag raadselachtig blijft.

Tevoren had Pierre Bayle (1647–1706) al in 1697 de bezwaren van de 'vrijdenkers' ingebracht tegen de biologie op Cartesiaanse grondslagen zo klemmend in zijn Dictionnaire Historique et Critique uiteengezet, dat die hun leidende positie voortdurend verder zagen afbrokkelen. Uit Bayles talrijke argumenten en snedige betoog licht ik slechts zijn opmerking dat, wat men ook wenst te denken, een 'intermediaire' dierenziel onzin is: een ziel is stoffelijk of onstoffelijk, één van beide. Als hij stoffelijk is, dan bezit hij uitgebreidheid (dat had Descartes raak geformuleerd). Uitgebreidheid wil zeggen drie dimensies, meetbaar. Wáár is die stoffelijke ziel dan, bij mensen en bij dieren? Iedereen erkent dat de mensenziel denkt; dan kan het niet anders of zielmaterie denkt, materie denkt. Dat kan geen ernstig mens geloven.

Elders in zijn boek besprak Bayle de 'vrije wil'. Die zou de mens van het dier onderscheiden. Vrije wil, los van materie-wetten wel te verstaan, het gevolg van onregelmatig moleculair gedrag (op zijn Lucretiaans), in de stoffelijke ziel. Dan zijn kinderen en zielszieken, die geen vrije wil bezitten, dieren. De 'voorbestemde harmonie' volgens Leibniz (VII.1) werd door Bayle eveneens fel aangevallen. Als lichaam en ziel nu eens niet samen-

werken – en dat komt niet zo zelden voor – 'wilt Gij die God erkent als de Maker van het harmonisch samengaan van twee lotgenoten, lichaam en ziel, dan loochenen dat als in een van die twee samenwerkende machines een onderdeel mankeert, God de samenwerking niet kan herstellen en dat Hij het verloren gaan van de harmonie die Hij instelde, niet verhindert?'

Bayle's Dictionnaire was het standaardwerk in de laat-17e en 18e eeuw voor wie zich met natuurwetenschappen bezighield, een handboek tijdens de Verlichting. De Kerk verklaarde het tot verboden lectuur, maar het werd er niet minder om geraadpleegd. Voltaire hield het op de greep. Hij werd, zoals Bayle, een der voormannen van het deïstische materialisme dat de Verlichting karakteriseert, een materialisme dat voor een religieuze wereldbeschouwing alle ruimte liet, dat wil zeggen een materialisme van gelijke aard als het van oudsher bestaande, maar verschillend door zijn agressieve afwijzing van de Kerk en de clerus.

In veel universiteiten en andere centra voor wetenschappen voerden de volgelingen van Aristoteles (de neo-Aristotelianen), die nog altijd peripatetici genoemd werden, vooral in Frankrijk onder geleerden de boventoon. In Frankrijk bepaalden de jezuïeten die toon tot 1761, toen de orde daar verboden en verbannen werd. Materialisme was, zeker als het biologie betrof, in die kringen geen bezwaar, integendeel, het was naar Cartesiaanse snit gefatsoeneerd, welkom. De jezuïeten steunden Descartes dan ook vrij algemeen, al konden tegenstanders zich in hun midden goed handhaven. Niemand kon immers nauwkeurig omschrijven wat ratio was, omschrijven hoe denken, hoe redelijk verstand nu eigenlijk precies begrepen moesten worden. De hernieuwde scheiding tussen de goddelijk bevlogen onsterfelijke mensenziel en de klassieke zielen die Descartes teweeg had gebracht, steunde theologische opvattingen bevredigend.

De peripatetici citeerden Deuteronomium 12, vs. 23: 'Houd er echter aan vast dat gij geen bloed eet, want het bloed is de ziel, en gij zult niet de ziel met het bloed eten.' Zij stelden vast dat op gezag van de bijbel dieren ziel bezitten. Cartesianen lazen dezelfde tekst en begrepen daaruit dat ziel niets dan bloed is, dus materie. Aristoteles had, zo verklaarde Descartes, terecht de dierenziel uit *vis vegetandi* en *vis sentiendi*, voedend en waarnemend vermogen, samengesteld en uit niets meer. Het mag onder meer uit citaten op p. 1106, 1109 blijken, dat Aristoteles aan die mededeling heel wat toevoegde. Bij nader inzien bood de Aristotelische visie op de dierenziel ruimschoots steun aan verzet tegen de leer van de machine-dieren.

De leer van Descartes stimuleerde het 17e-eeuwse fysiologische onderzoek krachtig. Biomechanici en biochemici zoals Borelli, Bellini, Glisson, Wharton (VI.17) en Willis (XI.24), om slechts weinigen uit velen te noemen, vervingen de klassieke zielen die in het Cartesiaanse wereldbeeld hun vroegere taken moesten hervatten, door deels aantoonbare en deels veronderstelde lichaamssappen (*succi*) aan wie de traditionele fysische zieltaken werden toegeschreven.

Vivisectie werd meer dan ooit de voornaamste methode bij dierfysiologisch onderzoek. De mechanistische opvatting van alle levensverschijnselen, *causa* en gevolg, meetbaar en verklaarbaar, vond voortdurend bevestiging door nader onderzoek van zowel dode als levende materie. De Galenische orgaanvermogens bleven, vermaterialiseerd, herkenbaar, maar voor de 18e eeuw half verstreken was had Descartes 'leer' van de dierautomaten het pleit voorgoed verloren.

Mijn verslag van de opkomst en het verval van de machine-dieren volgens de Cartesiaanse biofilosofie moest tot hoofdzaken beperkt blijven. Terwijl ik nogmaals naar Rosen-

field (1968) verwijs, noem ik als belangrijke bronnen Guer (1749) en Balz (1935).

Nadat Descartes het domein van God en Zijn zielen voor biologische onderzoekers verboden terrein verklaard had, bleef hem niets anders over dan een oud-Griekse benadering van de levensverschijnselen, een pre-Renaissancistische biologie. In de theologie voltrok zich in de laat-17e en 18e eeuw een omgekeerde ontwikkeling: de fysicotheologie (XI.33). De Middeleeuwse hypnotische aanbidding van de Maker van het Heelal hernieuwde zich bij de fysicotheologen, maar de religieuze beleving baseerde zich nu op de wereld der levende schepsels. De godvruchtige drift, de blijde verbazing Gods grootheid in de kleinste wezentjes die de microscoop zichtbaar maakte, aan te treffen wakkerde de lust tot natuuronderzoek aan. Newton, Boyle en voor de biologie Swammerdam en Bonnet (p. 922) zijn voorbeelden van door fysicotheologische ontroering gedreven natuuronderzoekers.

28. Gisting en flogiston; Stahl grondlegger van het 18e-eeuwse animisme

In brood en wijn wortelt de cultuur van het Westen; wie ze het eerst bereidde en waar dat gebeurde zijn prehistorische verborgenheden. De mensen in de vroege Oudheid maakten van graan brood of (as)koeken, korte tijd na de toevoeging van zuur geworden vochtig meel, van gist, zuurdeeg of zuurdesem. Van vruchtesap bereidden zij wijn door het enige tijd te bewaren. Met water verdunde honing bleek te gisten zoals deeg en vruchtesap.

De dode massa - meel, water, sap, honingwater - borrelt tijdens het gisten (*zymosis*), gedraagt zich zoals kokend water maar is lang niet zo warm en zichtbaar vuur komt aan gisting niet te pas. Gasbelletjes ontsnappen en ten slotte zijn de gistingsvloeistoffen stimulerend en levenbevorderend.

Na enige tijd wordt de uit zoet sap verkregen wijn zuur. Azijnzuur was het sterkste zuur waar de Oudheid over beschikte. Melk, een dierlijk produkt, verzuurde ook en zure melk mocht met verschaalde wijn vergeleken worden.

Gisting en ook rotting (*sepsis*) bleven uit na drogen, roken of zouten. Hoog verhitten verhinderde of vertraagde gisting zowel als rotting, maar niettemin werd druivesap tijdens de omzetting van most in wijn voelbaar warmer (*pepsis*). Het overgaan van de ene stof in de andere ging met (voelbare, inwendige) warmte gepaard en wie zou de overeenkomst met gisting van het omzetten van voedsel in levende materie binnen het warme lichaam niet opvallen? De gasbelletjes die gisting voortbracht, zouden die verwant zijn aan *pneuma*, levenslucht? De Aristotelische Grieken (en degenen die later dachten zoals zij) beschouwden levensgeest (*psyche*) en levensadem (*pneuma*) als een vijfde element of beginsel (naast vuur, aarde, water en atmosferische lucht). *Psyche* en *pneuma* waren hoger van kwaliteit, alomtegenwoordig en onmisbaar, anders van nature dan de vier traditionele elementen en souverein heerser over alle levende materie. Het scheen wel dat de gistende vloeistoffen de aanwezigheid en de daadkracht van die *quinta essentia* aantoonden. Uit de borrelend gistende vloeistoffen, die als het ware kookten, ontsnapte *quinta essentia*, zuiver misschien of verontreinigd. De alchemisten vingen de gassen en de dampen op, destilleerden en hoopten in allerlei mengsels nieuwvormigen aan te treffen, stoffen nog deugdzamer dan brood en wijn: levenselixir, de steen der Wijzen of zelfs goud. Ofschoon die idealen niet bereikt werden had de farmacie steeds belangstelling voor de brouwsels.

Krachtig werkende destillaten uit de 12e eeuw n. Chr. heetten *aqua ardens* (vuur-water, 'brandewijn') en zulke produkten noemde men in de 13e eeuw *aqua vitae*, want vuur verwarmt en warmte is leven.

Ze leenden zich voor voortgezette bewerkingen. Paracelsus (IV.30) kon begin 16e eeuw een fameus geneesmiddel maken door bladgoud vier weken in wijngeest ('alcool vini', zei hij, met een Arabische term) te leggen. Dat leverde *aurum potabile*, drinkbaar goud, en tevreden patiënten. Hij betoogde dat gisting rotting veroorzaakt, een misslag die Boerhaave recht zou zetten.

Het overgaan van de ene stof in de andere, mineraal of organisch, noemden de alchemisten van de 13e tot de 15e eeuw *fermentatio* en zij schreven die toe aan de werkzaamheid van een *fermentum*. Dit veroorzaakt omzetting zowel als ontbinding. Het verkruimelen van dode stoffen, zoals mineralen en hout, werd *putrefactio* (rotting) genoemd, evenals het ontbinden van dode organismen. Het woord handhaafde zich tot in de 20e eeuw: betonrot.

Andreas Libau ('Libavius'; ca. 1560–1616), auteur van dozijnen verhandelingen en van een kolossale *Alchemia* gaf een, naar zijn tijd goede definitie van *fermentatio* (1597). Het is de verheffing (*exaltatio*) van een materie (*substantia*) tot zijn *essentia*, en dit geschiedt door vermenging met een ferment. Dit doordrenkt de materie met de kracht van zijn *spiritus* en ten gevolge daarvan verkeert de materie in zijn essentie, zijn kwintessens.

Voor beginners omschreef Jean Beguin (ca. 1550 – ca. 1620) in zijn 17e-eeuwse bestseller *Tyrocinium Chymicum* (1e editie, 1610) de door gisting bereidde kwintessens. Het is een etherische, hemelse en uiterst subtiele substantie, die soms elixir genoemd wordt, tegen ziekten beschermt, leven oproept en behoedt, de jeugd verlengt en verouderen remt.

Jean benaderde met deze uitspraak de *humor radicalis* (p. 1150). Hij kon nog nader verzekeren dat de *quinta essentia* van bloed een alles overtreffende remedie is.

Van Helmont, grondlegger van de biochemie, vernieuwde in de jaren dat alchemistische gissingen meer en meer getoetst werden aan de corpusculaire natuurbeschouwing, de atoomtheorie uit de Oudheid. De mechanistisch-materialistische causale verklaring van fysiologische verschijnselen vereiste herziening van Demokritos' leer. Bacon, Gassendi, Descartes, Hobbes en anderen hervormden omstreeks halverwege de 17e eeuw de biologie door hun empirisch gesteunde wijsbegeerte. Aan de gegevens over Van Helmonts experimenten vermeld in VI.12 – experimenten die meer aandacht waard zijn dan men ze gewoonlijk belieft te geven, zei Boyle – voeg ik nog enige toe.

Na 62 pond steenkool verbrand te hebben, hield Van Helmont 1 pond as over. Dat betekent, besloot hij, dat 61 pond *spiritus sylvester* (gas silvestre) die in de steenkool aanwezig waren, verdwenen. Dat 'wilde' gas kan zichzelf samentrekken, en zich ophopen zoals elke materie. Een ferment jaagt het op en drijft het uit, bij voorbeeld uit wijn, het sap van onrijpe druiven, deeg, hydromel of water en honing. Van Helmont (VI.12) schreef veertig jaar na Beguin, en een diepgaand verschil van inzicht ontstond. Gisting verwekt geen kwintessens maar een gas, een vluchtige materie die hanteerbaar is, die benut kan worden bij proefondervindelijk onderzoek.

Gistgas verschilt van buitenlucht, besloot Van Helmont, omdat het door een daartoe passend ferment uit een organische materie wordt losgemaakt, en van damp of nevel omdat het droog is. Van het *gas silvestre*, het wilde gas of bosgas, kon Van Helmont het brandbare moerasgas (later *gas pingue* (vetgas, methaan) genoemd) en zwavelgas (*gas sulfuris* (zwaveldioxide)) onderscheiden. Bovendien is *fermentatio* de centrale en drijvende kracht van alle levensprocessen.

Deze laatste stelling werd gehandhaafd door Franciscus Sylvius – die in Leiden de *effervescentia* bestudeerde (p. 377–378) – en door Thomas Willis in Londen. Leven, gezondheid, ziekte en dood zijn van gisting afhankelijk, van scheikundig ontwarbare processen

die zich in zuur of alkalisch milieu afspelen. Hij publiceerde die conclusie in 1684.

In zijn *Elementa Chemiae*, vijftig jaar later (1735, deel II), besprak Boerhaave (VII.2) alle gegevens over gisting en hij constateerde dat slechts plantaardige stoffen vergistbaar zijn. Vele auteurs die denken dat dierlijke materie ook zou kunnen gisten ten spijt, wilde Boerhaave de ware gisting strikt tot de processen beperken die òf *spiritus* (wijngeest) òf zuur opleveren en rotting is dan ook heel wat anders. Vermengd met plantaardige stoffen zal gist wijn en azijn maken en daarom, zei Boerhaave, is gist zelve ook plantaardig. Hij liet Van Leeuwenhoeks mededeling aan de Royal Society (1680) dat hij gistcellen gezien had, buiten beschouwing. Van Leeuwenhoek is ongetwijfeld de ontdekker van de gistcellen, 'globuls', die hij samen met bolletjes gesuggereerd door de vertekening van zijn ongecorrigeerde optiek had waargenomen.

Lang voor Boerhaave's vertoog over gisting verscheen had zich in Halle een biologie van de ziel ontwikkeld die in hoge mate op gistingsverschijnselen steunde, en op de flogistontheorie. De leer van het animisme vereist hier aandacht en het werk van Stahl.

Georg Ernst Stahl (1660 (1659), Ansbach - 1734, Berlijn) stamde uit een Beierse protestantenfamilie en werd streng christelijk opgevoed. Hij sloot zich aan bij het piëtisme, een religieuse beweging die in de 18e eeuw grote invloed had en in Halle een theologische faculteit stichtte. Na zijn studie kreeg Stahl een docentschap in Jena, vervolgens werkte hij een paar jaar als hofarts in Weimar. Hij kwam in 1694 als hoogleraar naar de nieuwe universiteit van Halle en bleef daar 20 jaar. Vervolgens trok hij naar Berlijn (1715) om lijfarts van Frederik Willem I van Pruisen te worden (1716), want de situatie in Halle hinderde hem voortdurend meer. Wrijving laat zich al dadelijk vermoeden uit de titel van Stahls *Theoria Medica Vera* (De Ware Geneeskunde), verschenen in 1708, terwijl het boek van zijn Hallese collega Hoffmann, getiteld *Medicina Rationalis* (De Geneeskunde van het Gezonde Verstand), twee jaar later zijn standpunten bestreed.

In uitgeademde lucht en door gisting wordt flogiston aan de atmosfeer toegevoegd. Stahl maakte dit in 1697 (*Zymotechnia Fundamentalis*) bekend. Dode stof kan ook flogiston afstaan. Metalen die bij zeer hoge temperaturen 'verbranden', veranderen door verlies van flogiston in 'metaalkalk'. Door verhitting samen met een flogistonrijke stof, bij voorbeeld steenkool, zal metaalkalk weer flogiston opnemen en dus het oorspronkelijke metaal ontstaan (VII.7).

Stahl schreef dat de beweging van de gistmoleculen de moleculen van de te vergisten massa sneller doen bewegen en dit bevordert ontbinding. Eenmaal gescheiden voegen de partikeltjes zich weer samen tot meer duurzame combinaties, terwijl een *spiritus* van zwavelige of olieachtige deeltjes overschiet, en wel: flogiston.

De *fermentatio* is allereerst een gas-gisting, vervolgens een alcoholische gisting (de ware), ten derde een zuur-gisting en als slot de eindfase van gisting, die Stahl *putrefactio* noemt. Dit laatste proces levert ammoniak, en kreeg daarom van P.J. Macquer (1718-1784), die in flogiston geloofde, de naam alkalische gisting of looggisting (1766).

Flogiston liet zich dus van metalen of van zwavel scheiden - zwavel die door verbranding flogiston verliest wijzigt zich in zwavelzuur - maar ook weer toevoegen, een reversibel proces. Ofschoon planten rijk aan flogiston zijn kan hier de omgekeerde reactie niet plaatshebben en met gistingsflogiston lukt dat ook niet. Met organismen is dus iets anders aan de hand dan met dode materie.

Uitgaande van een foute theorie ondernam Stahl het experimentele onderzoek naar de samenstelling van een (verondersteld) samengestelde stof, in dit geval metaal en flogiston.

Met behulp van brandende steenkool scheen eerst een scheiding en daarna een synthese van de twee bestanddelen mogelijk. Met die methode standaardiseerde Stahl de sindsdien steeds gevolgde werkwijze bij scheikundig onderzoek: splits een stof in (twee) componenten en laat door de hereniging van de (twee) componenten de onderzochte stof weer ontstaan. Hiermee is zijn samenstelling bewezen. Gehanteerd door Lavoisier zou Stahls methode de genadeslag toebrengen aan de alchemie. Dezelfde aanpak die de flogistontheorie opriep en onderbouwde, de theorie die gedurende het grootste deel van de 18e eeuw de interpretatie van talrijke fysisch-chemische verschijnselen zou beheersen, leidde tenslotte tot de ondergang van de flogistonillusie.

Voor degelijke en veel meer gedetailleerde overzichten van Stahls biologie dan hier gegeven verwijs ik naar de studies van Roger (1963), Hall (1975) en Duchesneau (1982). Met hun hulp vooral teken ik enige hoofdzaken aan.

Alle levende wezens zijn organismen, dat wil zeggen dat zij een structuur en een textuur bezitten en dat deze, beide voorzien van fysisch-chemische vermogens, bij het algemene bestel van de levensverrichtingen betrokken zijn, elk op eigen wijze. Textuur is de rangschikking van de kleinste lichaamsbestanddeeltjes die zelf weer de samenballing zijn van een onbepaalbaar groot aantal *corpuscula*. Die *corpuscula* bepalen de aard van de textuur en samen vormen de lichaamsbestanddeeltjes de organen door zich als deelnemers aan een orgaan samen te voegen en te groeperen. Zo krijgt elk orgaan zijn textuur en structuur passend bij de eigen taak. Alle organen samen, een bont en zeer verschillend samengesteld gezelschap, zijn een gestructureerd lichaam, een organisme.

Zó zijn alle levende wezens gebouwd en alléén zij. Het model van de celleer en de weefselleer laat zich ongedwongen uit Stahls overwegingen aflezen.

Eigenlijk is het verschijnsel 'leven' dat in een organisme werkzaam is, nooit afdoende omschreven, laat staan verklaard, zei Stahl (*Paraenesis*; 1706). In levende wezens verplaatsen de lichaamsvochten zich, elk afzonderlijk, door poriën en andere doorgangen in overeenstemming met hun fysische aard (vloeibaarheid). Het is mechanisch goed te begrijpen. Een organisme leeft echter dank zij ingewikkelde, naar tijd en plaats gecoördineerde, fysische en chemische eigenschappen die intense mengingen (*mixtio*) ten gevolge hebben; het zijn processen binnen een doelmatig geheel.

Een instrument ontstaat door toedoen van een maker, die het maakte terwille van het verwezenlijken van een doel.

> *Disquisitio*; 1706 (citaat Duchesneau 1982: 13): 'Een klok kan volgens natuurwetten zijn veerkrachtige bewegingen volvoeren en door de heel bijzondere inrichting die hem eigen is, aan zijn bestemming voldoen: de tijd nauwkeurig aanwijzen en de feitelijke natuurlijke tijdspannen van onze dagen meten. Nochtans zal, bij wijze van spreken, als zo'n klok dat doel niet bereiken kan als gevolg van enig mankement, hij strikt genomen noch orgaan noch instrument mogen heten. Daarom moet, om dezelfde goede reden, uitgaande van de ware aard van het voorwerp, een kleine machine van die soort die op enigerlei wijze inwendig te kort schiet en niet in staat is de tijd op de goede manier nauwkeurig aan te wijzen, niet anders dan een mechaniekje genoemd worden en het mag niet als een instrument beschouwd worden, gepast op en leidend tot welk doel dan ook.'

Een orgaan is zodoende een instrument en dit slechts in zoverre als het doelmatig en doelgericht functioneert, anders gezegd, leeft.

Een individu, vervolgde Stahl, een levend lichaam is een samenstel van heel verschillende onderdelen. Elk onderdeel, elk orgaan, is zelf weer van heterogene samenstelling. Daar-

om valt een 'organisme' (Stahl bedacht dit woord) na de dood zo snel uiteen, laten de verschillende bestanddelen elkaar onverwijld alleen, ontbinden alle 'organische' stoffen zo gemakkelijk. De dode natuur vertoont dit gedrag niet. Het kan niet anders of een oorzaak, een *causa* moet een levend wezen bijeen houden, een kracht die de levensprocessen opwekt en regelt en die aan dode dingen volkomen vreemd is (*a toto regno mixtorum non-vitalium alienissima*). Die *causa* houdt het onstabiele heterogene mengsel van lichaamsbestanddelen enige tijd gaande door de inzet van een op leven gericht, doelmatig bewegen, een *efficacia motus ad vitam* (*De vera diversitate*; 1707).

De bewegingen der lichaamsvloeistoffen volgen drie banen: bloedsomloop, afscheiding en uitscheiding. In het bloed heeft ononderbroken menging plaats (*krasis*), niet meer en niet minder dan vereist wordt en op het juiste ogenblik. De levensleer gebaseerd op de mechanica kan dit laatste niet verklaren en de gelijkblijvende evenwichtige levenswarmte die het circulerende bloed handhaaft evenmin. In de longen koelt het bloed niet af. Lucht kan het bloed niet binnendringen en als *aither* dat wèl zou kunnen (zoals Hoffmann beweerde), dan nog kan het de bloedwarmte niet opwekken. In het bloed zelf is een autonome warmtebron werkzaam die aan chemische wetten ontsnapt. Onmiskenbaar sloot Stahl hierbij de opvattingen van Empedokles en bij bijbelteksten aan (p. 24, 333).

Bij elke overdenking van gebeurtenissen en van de dingen die daarbij betrokken zijn moeten allereerst twee aspecten in aanmerking genomen worden: het ontstaan en het bestaan (dat had Stahl van Aristoteles geleerd). Het ontstaan is hetzij een gevolg van eigen vermogen om te worden, om tot stand te komen, hetzij een gevolg van externe krachten.

Kenmerkend voor de dingen zijn hun afmeting, hun vorm en hun aantal. Die eigenschappen staan in verband met wat zij zijn en met wat zij kunnen worden.

De atomisten, volgelingen van Leukippos en Demokritos, die deze complexen van eigenschappen aan toeval toeschrijven, schieten kennelijk te kort. Het menselijk verstaan kan deze gang van zaken niet doorzien, niet peilen. Mechanisme haalt het niet. Waarom is het volstrekt noodzakelijk dat de gebeurtenissen verlopen zoals wij constateren, op dié manier en niet anders, waarom komen de dingen tot stand zoals zij zijn? De lezers van mijn samenvatting bemerken dat men vroeg in de 18e eeuw worstelt met gelijkgeaarde problemen als die Aristoteles in de 4e eeuw vóór en Monod in de 20e eeuw na Christus (p. 573) bezighielden.

In 1737 definieerde Stahl de fysiologie. Het is de leer van de verrichtingen der *fysis* (*Physis*), die de oorsprong van de beweging en het evenwicht in het organisme is. Het lichaam zelf heeft, voor zover het lichamelijk is, geen invloed op het gedrag en de uitwerking van de *fysis*, die uit de ziel voortkomt en die begrijpen en willen oproept.

De levensbron is ziel, *anima*. Stahl geldt als de voornaamste bepleiter van het animisme, een spirituele biologie, een vorm van vitalisme die overal in het Westen veel aanhangers kreeg.

In Linnaeus' werk, later in de eeuw, stemden veel opvattingen met die van Stahl overeen. Stahl wees erop dat soorten vertegenwoordigd zijn als verzamelingen van individuën, en dat de soort ook individueel, in ieder organisme, herkenbaar is. Hij achtte een finalisme onontbeerlijk om elk individu tot voltooiing te brengen als deelhebber aan de soort. Doelgerichte ontwikkeling bereikt dat een soort als een werkelijkheid zichtbaar wordt in elke soortgenoot. Daartoe schiet toeval in elk opzicht te kort. De voortplanting voltrekt zich dan ook nauwkeurig in harmonie met een gegeven bestemming (*fatali necessitati fiendi physice sumta*). Met deze wet in gedachte moeten de waarnemingen gedaan en begrepen worden. De hiërarchie van de levende wezens en hun rangschikking kan slechts rusten op

overwegingen voortvloeiend uit de bestemming die elk organisme karakteriseert. De finaliteit zoals deze in de schepping tot uiting komt, gaat ons bereik door theoretiseren met behulp van de inductieve methode te boven.

Wie dit uit het oog verliest zal bemerken dat teleologische gevolgtrekkingen op basis van feiten alleen, botsen met het bestel dat de feiten gehoorzamen en aantonen.

Echter, door inductieve synthese als enige leidraad, ontaardt het waarnemende denken en het verwordt tot een scepticisme, tot de lege bewering dat zoeken naar de principes en de causa's van de natuur- en levensverschijnselen weliswaar een noodzakelijkheid is, maar dat dit zoeken gedoemd is zich van hypothesen te bedienen. Wij kunnen bijgevolg niet beter doen dan het onverklaarbare finalisme van de natuur bewonderen. Een verwerpelijke gevolgtrekking, vermaant Stahl.

Degenen die zuiver mechanistisch denken genoeg achten, dwalen. Anderen die het onmogelijk achten natuurwetten te ontdekken uitgaande van en verbonden met finalisme evenzeer. En hij vervolgt:

Al kunnen wij de diepste entelechie niet doorschouwen, toch blijven de instrumenten waarvan de finaliteit zich bedient, voor ons kenbaar, natuurlijk en begrijpelijk.

Tastbare voorwerpen hebben mechanistische,anders gezegd: materie-eigenschappen. Programmering onderscheidt levende wezens van machines. Sommige fysiologische processen hoeven niet streng en steeds te gehoorzamen aan doelgerichtheid. Niettemin leidt finalisme toch steeds tot een gaaf verbond tussen structuur en functie.

Zonder omwegen wees Stahl, piëtist, als *causa* van 'leven' ziel aan. Die alleen is levenskracht in ieder organisme en in ieder orgaan; een bovennatuurlijke kracht of krachten buiten de levende natuur liet hij onbesproken. Hij hield zich met biologie bezig, als arts met lichamelijk leven en theologie is een ander terrein.

Al het lichamelijke, al wat materie is, is naar zijn aard bewegingloos, terwijl de immateriële ziel elke vorm van bewegen binnen een levend wezen bewerkstelligt. *Anima* roept op, heerst, beheerst en doet bewegen. Hoewel zij inzicht toont en doelmatig leidt, is zijzelf niet of nagenoeg niet bewust van haar drijfveren. *Anima* wéét en bezit van nature *logos*. *Anima* en lichaam van een boorling zijn in staat van *logos*. Pas later beschikt een volwassene over *logismos*, bezonnen ervaring, ten gevolge van levensgewoonten en invloeden afkomstig uit de omgeving.

Zodra de *anima* verslapt volgt ontregeling, maar daarna herstel; zo niet dan volgen ziekte en dood. De mensen-*anima* is onstabiel, grillig en veerkrachtig. De dieren-*anima* is beperkter en minder vrij in zijn handelen; daardoor zijn dieren minder dikwijls ziek. Om mensen te genezen moet de ziel geholpen worden, zodat hij, krachtiger geworden, het lichaam weer op orde kan brengen en houden. Daarom moeten zacht werkende geneesmiddelen de kwetsbare ziel omzichtig bijstaan en heftig ingrijpende maatregelen behoort men te vermijden. Voor de zielszieken was Stahls geneeswijze een voorrecht, want de manier waarop in de Middeleeuwen en daarna tot in de 18e eeuw artsen gewoon waren hen te behandelen was - naar huidige opvattingen - barbaars.

Volgens Stahl bezitten alle organen een graad van autonomie, een eigen vorm van *anima*. Zijn animistisch-hiërarchische fysiologie herinnert aan die van Van Helmont.

Stahl maakte van zijn hart geen moordkuil. Men zij vóór of tegen een theorie, een interpretatie, en weg met voorzichtig voorbehoud. Anatomisch onderzoek is voor de medicus waardeloos en Van Leeuwenhoek en De Graaf hadden hun tijd beter kunnen besteden. De mechanistische fysiologie is ver verdwaald. Haarvaten bestaan niet. Onzinnig om *spiritus* en *vires* bij fysiologische vraagstukken te betrekken. De *panspermie*-theorieën - die

in Stahls dagen veel aandacht kregen – zijn fantasterij. Omdat Stahl uitsluitend en met nadruk geneesheer wilde zijn, zoals Boerhaave en Sydenham dat waren, moet zijn kritiek van dat gezichtspunt uit begrepen worden.

Zulke radicale, strijdlustige uitspraken gevoegd bij Stahls prikkelbare aard – hij was volgens Von Haller een uiterlijk onaantrekkelijke man die zich onhebbelijk gedroeg – verschaften hem veel vijanden. Zijn commentators klagen over zijn slecht gebouwde en nodeloos verwikkelde vertogen. Misschien is zijn devies dat in twijfelgevallen de meerderheid steevast de verkeerde beslissing neemt een aanwijzing van de oorzaak van veel ergernis. Omdat hij een uitmuntende waarnemer was, een onvermoeibare, scherpzinnige onderzoeker, die zichzelf evenmin als anderen spaarde, die werk dat hij goed achtte zonder afgunst prees en eigen fouten ronduit toegaf als hij na verloop van tijd beter dacht te weten, kreeg hij grote invloed, vooral in Frankrijk.

Tijdgenoten-tegenstanders waren onder meer Hoffmann (VII.38) en Leibniz (VII.1). Laatstgenoemde verweet Stahl zijn gebrek aan anatomische kennis, onnauwkeurige proefnemingen en de fout om niet-stoffelijke ziel gescheiden van de materie als bron aan te wijzen van alle stoffelijke levensprocessen. Op dit laatste verwijt had Stahl het antwoord voor het grijpen. Gemoedsbewegingen, onrust, toorn, liefde, alle zelf onstoffelijk, veroorzaken een snellere hartslag en ademhaling.

Leibniz echter erkende slechts één *causa finalis*, één entelechie als richtende kracht voor het organisme in zijn geheel (holisme). De functie daarbinnen, van de organen, is mechanistisch geheel verklaarbaar en opspoorbaar. Organen laten zich met machines gelijk stellen en hun functie is het vanzelfsprekend gevolg van hun bouw. De aard van het gehele, voltooide organisme is echter van ander niveau. Organismen zijn machines die een goddelijke samensteller behoefden, een bovennatuurlijke Architect, een Maker. Voeding, groei en alle andere fysiologische processen voeren de orgaan-machines uit, gedreven door een *vis vegetativa*.

Leibniz vervolgde zijn kritiek met te verzekeren, dat ziel zelf niet vermag ook maar de geringste beweging in gang te zetten. Ziel kan slechts sturende invloed uitoefenen op bewegende materie die om andere redenen en door andere oorzaken in beweging kwam. Als men het tegengestelde verdedigen wil, dan maakt men de ziel tot een lichaamsbestanddeel of men moet een beroep doen op allerlei mysterieuze krachtbronnen. Een uit een dier gesneden hart klopt nog korte tijd. Als die beweging door ziel veroorzaakt zou worden, zoals Stahl beweert, dan houdt dit in dat de dierenziel zich in stukjes verdelen laat. Het hartbewegen is echter niets anders dan een fysisch-chemisch bestuurd mechanisch proces.

Voor dit Leibniziaanse bezwaar was Stahl in het minst niet gevoelig: ziel is overal in het lichaam en dus ook in een uitgesneden hart. Met materie zelf heeft dit niets uit te staan en bovendien wees Stahl de monadenleer van Leibniz – evenals zijn corpusculaire theorie – af omdat die vereist dat monaden en *corpuscula* bezield moeten zijn om de levensverschijnselen te verklaren. Materie, liet Stahl weten, is wel verregaand in kleine deeltjes splitsbaar, maar is zelf dood, herbergt geen levenskracht, is roerloos en passief. Organen leven daarom zolang als het organisme voortbestaat.

Een reeks eertijds beroemde publikaties bevat de kritische dialoog tussen Leibniz en Stahl, aanvankelijk op basis van Stahls *Theoria Medica Vera* (1708), die in dat boek zijn vroegere verhandelingen samenvatte. In 1720 (Leibniz overleed in 1716) liet Stahl een herdruk verschijnen waarin de hele discussie gebundeld opgenomen was. De bundel (meer dan 300 bladzijden druks) draagt een titel die Stahls grimmige humor typeert: Bezigheid voor Lege Uren (*Negotium Otiosum* . . .) of *Skiamachia* (Gevecht tegen Schimmen) zijnde

de Verwerping van Enige Bezwaren door een Zekere Hooggeroemde Heer Ingebracht tegen de Leer der *Theoria Verae Medicae*.

Stahls zielbiologie sloot zich door zijn finalisme aan bij Aristoteles, maar de zielwerkzaamheid nadert ook gedachten van Dante, Vesalius en Fernel (XI.18,19), en ook enigermate van Swammerdam. Terwijl Descartes de ziel tot de mens beperkte en hem daar als deelnemer aan fysiologische verschijnselen slechts een bescheiden, controlerende functie toekende, zag Stahl de ziel als bron en meester van alle leven, de onmiskenbare alomvattende *causa*. Stahl had een verreikende en diepgaande invloed in de 18e-eeuwse biologie, vooral in Frankrijk, Duitsland en Nederland. Hij behoort tot de beste biologen van de 18e eeuw. De toonaangevende geleerden van de universiteit van Montpellier werden, als het medicijnen of biologie betrof, vurige Stahlisten ('stahlianistes').

29. Swedenborgs spirituele synthese

Het grootste deel van Swedenborgs biologische onderzoek bleef meer dan 200 jaar liggen in manuscript. Om deze reden, en omdat na Kants vernietigende kritiek op het denken van 'de Geisterseher' Swedenborg tijdens de Verlichting en buiten zijn vaderland nauwelijks au sérieux genomen werd, had hij nagenoeg geen invloed op de biologie. Toch verdient zijn zielleer enige aandacht omdat hij een synthese ontwierp van Platonische, Aristotelische en christelijke standpunten en daardoor een voorloper werd van de Naturphilosophen en de vitalisten; in een schets van de zielbiologie der Verlichting komt Swedenborg een plaatsje toe.

Emanuel Swedberg (later 'Swedenborg'; 1688, Stockholm–1772, Londen) werd als zoon van een Zweedse bisschop geboren. Hij studeerde in Uppsala, in Engeland en elders in Europa, en werkte op allerlei terreinen van natuurwetenschappelijke aard. Teruggekeerd in zijn vaderland maakte hij snel carrière, financieel, maatschappelijk en politiek. Zijn gedachten over biologie blijken al uit de titel van zijn hoofdwerk dat in 1740 verscheen: *Oeconomia Regni Animalis*...

In 1744 zag hij de Verlosser in een van zijn visioenen – Swedenborgs gemoedstoestand schommelde voortdurend tussen de diepste somberheid en de uiterste verrukkingen – en hij begon een geheel nieuw leven. Zijn theologische leerstellingen joegen de clerus in het harnas. Hij ontweek Zweden zo vaak en zo lang als hij kon en stierf doordarm in Londen, verfoeid als zielbederver door sommigen en vereerd als stichter van een nieuwe sekte (de Rozekruisers) door anderen. Rozekruisers hadden een grote invloed op het Duitse vitalisme.

Swedenborg schreef veel, was veelzijdig en behandelde gaarne biologische vraagstukken. Pas in de 20e eeuw kregen zijn studies een mate van aandacht.

De Demokritische atoomleer geldt onverkort en Hoffmanns beweringen, vooral over de wisselwerkingen tussen ziel en lichaam, leidden Swedenborgs onderzoek en conclusies, die hij bovendien ondersteunde met meningen afkomstig van Rudbeck en van Descartes.

Levende organismen leven omdat *animus* dode materie bezielt, terwijl welbegrepen *animus* zelf ook materie is, echter een heel bijzondere, een uiterst fijne atomaire. Hij is vergelijkbaar met de vegetatieve *psyche* volgens Aristoteles. Bovendien is de mens in het bezit van een nog hoger veredelde materie, zijn denkvermogen, die *mens* moet heten. *Animus* geeft berichten, de indrukken komend uit de buitenwereld door aan mens, en mens verwerkt die tot ideeën en inzichten. De dood betekent dat *mens* het mensenlichaam verlaat

en ergens in de ruimte voortbestaat.

Dit alles is een bloemlezing van opvattingen die wij in het voorafgaande al dikwijls ontmoetten, maar Swedenborg paste zijn door visioenen verworven kennis toe. Adam was vóór de zondeval alwetend; de mensen van na de zondeval zijn beperkt in hun kenvermogen en hun weten kan nauwe grenzen niet overschrijden. Toch moet Adam hersenen gehad hebben zoals wij heden ten dage, zo meende Swedenborg ca. 1740, want de wereld werd volmaakt geschapen en de levende organismen zijn wat zij waren. De zondeval wijzigde dan ook 'mens', maar niet het lichaam. Dan moeten de menselijke hersenen zo gebouwd zijn dat zij een alomvattende kennis, een universeel weten, zouden kùnnen bevatten.

Dit wettigt een zo nauwkeurig anatomisch en fysiologisch onderzoek als mogelijk is besloot Swedenborg. Met steun van Malpighi, Boerhaave, Vieussens en Willis en na veel zorgvuldige ontledingen aangevuld met uitvoerig en bekwaam verricht microscopisch onderzoek, gelukte het Swedenborg vast te stellen dat de hersenschors (*cortex*) de woning van ziel (mens) was en is. De pyramidecellen die Malpighi ontdekt had staan onderling en met alle lichaamsbestanddelen in geordend contact door middel van de zenuwdraadjes die Vieussens zo knap tekende. Dit netwerk is de matrijs voor alle menselijke levensuitingen en deze zijn het gevolg van de inwerking van *fluidum spirituosum*, dat de ziel de organen toezendt. Gezien in zijn tijd deed Swedenborg, die de ordening en de lokalisatie van hersenfuncties in connexie met de lichaamsfuncties uitwerkte en bewees, werk dat de biologie bevorderde. Het bleef, zoals gezegd, haast onopgemerkt en ik denk dat Swedenborgs wollige en warrige stijl van schrijven daar mede een oorzaak van was.

30. Fysiologie van de ziel volgens Von Haller

In de 18e- en vroeg 19e-eeuwse biologie dwong de opkomst van het vitalisme biologen zich nauwkeuriger rekenschap te geven dan tot dusverre van de biologische functies van de ziel en de werkingssfeer van de levenskracht(en). Von Haller (VII.3,4) dacht als volgt.

De ziel is ondeelbaar en voorzien van alle eigenschappen nodig om een organisme te doen leven. Al deze vermogens zijn in de ziel gecoördineerd aanwezig. De ziel zetelt in de hersenen, niet in de buitenlaag (cortex), maar in de binnenlaag (het merg, medulla) en dus ook niet in de hersenholten. Als plekken van verhoogde zielconcentratie komen pons, thalami, cerebellum, corpora striata, crura en de medulla oblongata op de voorgrond, vooral de medulla oblongata is zielrijk. Het mag niet uitgesloten geacht worden dat de gemeenschappelijke oorsprong of wortel van alle zenuwen, het *sensorium commune*, een belangrijk zielcentrum is. Ik teken aan dat het hypothetische sensorium in de psychologie overeenstemt met het veronderstelde *rete mirabilis*, het wondernet, in de fysiologie.

Geest en verstand zijn twee verschillende zielorganen die nauwe betrekkingen onderhouden. Denken, of eigenlijk bezinning, is een onstoffelijke zieleigenschap, maar iedere gedachte staat in relatie met een materie-indruk in de hersenen (zoals Descartes, Legendre, De Malebranche en anderen ook geloofden).

Elke waarneming bestaat uit vijf geschakelde fasen: het voorwerp, de reactie van het waarnemende zintuig, de reactie van de hersenen, de reactie van de geest, het weten van het verstand. Het verstand redeneert, abstraheert, generaliseert, beoordeelt al vergelijkend, ontwikkelt nieuwe inzichten, memoreert en wordt ten slotte door bezonnen overweging de zetel van de wijsheid. Dat alles vindt slechts plaats in een klein deel van het

lichaam, de binnenste hersenweefsels.

Geest gaat, met de *spiritus*, de zenuwen binnen, de ziel zelf blijft achter. Het volgt uit het experimenteel te controleren feit, dat voorbij de plaats waar een zenuw doorgesneden of onderbroken werd geen waarneming meer mogelijk is.

Von Haller maakte, op grond van deze zekerheid, bezwaar tegen de opvatting dat de irritabiliteit van spieren (die Glisson gesignaleerd had; p. 394) toe te schrijven zou zijn aan een bezieling, een levenskracht in spiervezels (1752). Amputeer eens een vinger of een deel van mijn been, aldus Von Haller, dan zal het geamputeerde lichaamsdeel nog enige tijd op prikkels reageren, maar zelf ben ik niet in staat die prikkeling gewaar te worden. Er is een volkomen scheiding. Mijn ziel bleef geheel en al onveranderd in mijn lichaam achter. Ziel is niet bij irritabiliteit betrokken.

Van den Berg (1961: 253-254) vernietigde deze bewijsvoering met de opmerking dat een amputatie de geamputeerde wel degelijk verandert, naar lichaam en naar geest. Von Haller zonder pink is de oude Von Haller niet meer (VII.3).

31. Neo-Platonisme in de 17e- en 18e-eeuwse biologie

Tijdens de 3e tot 6e eeuw hadden de neo-Platonisten dank zij hun zielstudies grote invloed op het denken over biologische vraagstukken, zij het dat zij nauwelijks iets bijdroegen tot een feitelijke vooruitgang van de wetenschap over levende materie. Terwijl de tijdsomstandigheden allerminst gunstig waren voor de biologie hadden de geestverwanten van Plotinus, evenals hun grote voorganger Platoon, een heel geringe belangstelling voor de feitelijkheden van levende organismen, met uitzondering van Porfyrios (VI.12). Na de 6e eeuw bleef de Platonische invloed op de biologie verre ten achter bij Aristotelische zienswijzen. In de 15e eeuw maakte de afwijzing van de stoffelijke wereld, die de vroege neo-Platonisten kenmerkte, plaats voor een diepe verbondenheid, een overheersend besef van een alzijdige saamhorigheid van al wat leeft met de *Anima mundi*, een wereldziel. Een voortgezette ontwikkeling van het Platonische model leidde in de 18e en 19e eeuw tot de Naturphilosophen. Zij ondervinden de levende natuur als de expressie van een kosmische bezieling en de Platonische zielsleer is het uitgangspunt voor hun biologische overdenkingen. Hier volgt eerst een aantekening over neo-Platonische biologie in de 16e en 17e eeuw.

De herboren Platonisten beschouwden levende organismen zowel animistisch als vitalistisch. De Alziel die enig, weergaloos en alomtegenwoordig is, omgeeft en doordrenkt alle dingen, levende en dode. De kosmische Alziel is ondeelbaar, een Monade, volgens Agrippa von Nettesheim, de eerste geoloog in Centraal-Europa (1486-1535). Kort tevoren had Marsilio Ficino, een Italiaanse Platonische humanist (1433-1499), de Alziel begrepen als een hiërarchische structuur en gemeenschap van vele zielen. De Wereldziel omvatte, daarin stemden Agrippa en Ficino overeen, alle ratio en beheerste tegelijkertijd alle stoffelijke levensprocessen.

Levende organismen zijn volmaakt: iedere intelligente beschouwer vindt door zijn waarnemingen vanzelfsprekend die natuurlijke perfectie voortdurend bevestigd. Geënt op het vroeg klassieke model en gemeten naar onze huidige maatstaven bleef de biologische bijdrage van het neo-Platonisme in deze periode grotendeels beperkt tot overdenking, veel minder op doen, op vergelijkend waarnemen en niet op proefondervindelijk onderzoek. Op het theoretiseren over dierautomatisme had de vernieuwde oude leer grote invloed en

bevorderde het opruimen van die misvatting krachtig.

Een aanhanger van het neo-Platonische pantheïsme, Henri More (1614–1687), hoogleraar-theoloog te Cambridge, schreef aan Descartes naar aanleiding van diens Discours en de dierautomaten, dat hij 'geen van zijn leerstellingen zo weerzinwekkend gevonden had als die dodelijke en moordzieke bewering' (1648).

Met vuur en vaardigheid bestreden de neo-Platonisten de mechanistische kaal-causale biologie en vóór alles wezen zij de stelling dat materie op eigen kracht in staat zou zijn levende organismen te vormen resoluut af. God en de Wereldziel maken met behulp van de natura plastica (plastic nature) materie tot levende wezens. Het was de moderne, via de *vis plastica* volgens Avicenna (III.6), de moderne, gekerstende interpretatie van *Timaios* 14 (p. 38).

De vormende ziel – die ook *anima plastica* mag heten – is een alomtegenwoordige 'substantie vrij van materie', die werkzaam is zonder te weten wat hij doet, waarom hij dit doet, of waartoe; kortom die niet redelijk denkt of voelt, die per slot van rekening niet zelf als 'levend' mag worden beschouwd. Dit zette een binnen de materie verblijvende of immanente *causa finalis* buiten spel. Aldus More.

Een collega van More, theosoof-filosoof en leider van de Cambridge Platonists, R. Cudworth (1617–1688), beproefde een synthese met Aristotelische biologie. Hij betoogde met nadruk (The True Intellectual System ...; 1678) dat hoe dan ook entelechie – en dus de *causa finalis* – levende organismen vormen, zij het dat die krachten Platonisch bijgekleurd moesten worden. Tussen God en materie is een vormende middelaar werkzaam, een *natura plastica* die God onwrikbaar trouw ter zijde staat. Hij vertegenwoordigt de 'spiegels van het universum', en wel de *harmonia praestabilita* en de monaden (Leibniz, VII.1). Honend verklaarde Voltaire (1766) dat hij van Cudworth' beweringen letterlijk niets begreep, en hij stond met dit oordeel niet alleen.

Omstreeks de inzet van de 18e eeuw was de *anima plastica* in Engeland, Frankrijk en Nederland voor zeer velen die in biologie geïnteresseerd waren, een onderwerp van uitvoerige en geanimeerde discussies.

Voor neo-Platonisten was de tulp, die in de 17e eeuw zo verleidelijk speels en schoon bleek te zijn, een goed voorbeeld. De 'plastic soul' maakt tulpachtigheid tot tulp. Een tulp is het resultaat van de zich tot tulp door middel van materie concretiserende tulpeziel. Die ziel doet de tulp groeien, bloeien, leven. De hond werd hond dank zij de hondeziel die hem, als organisme geactualiseerd, zijn hondebestaan doelmatig laat beleven. De mens werd mens dank zij zijn vormende mensenziel die hem opriep en doet leven en verstandelijk doet denken zoals een mens betaamt.

Nicolaas Hartsoe(c)ker (1656, Gouda – 1726, Utrecht) was een uitstekend wiskundige en natuurkundige (optika). Zijn bijdrage aan de ontwikkeling van de microscoop wordt elders genoemd (p. 294) en zijn rol in de geschiedenis van de preformatieleer komt aan de orde op p. 617. Hartsoekers vader was dominee, een overtuigde Cartesiaan, maar de zoon werd een vastberaden tegenstander van Descartes' biologie. Christiaan Huygens (VII.5), zijn vriend, introduceerde hem in de wetenschappelijke kringen te Parijs tijdens een gezamenlijk verblijf. Hartsoeker bleef er bijna twee jaar (1678–1679) en maakte zo'n goede indruk dat hij naderhand, van 1684–1696, in Parijs tegen een bescheiden betaling werkzaam was.

Toen de twee vrienden in Parijs verbleven publiceerde Huygens de eerste waarneming van de spermatozoïden (van de mens) in Journal des Savans, 15 augustus 1678. Het was

informatie vervat in een brief van Van Leeuwenhoek in november 1677 geschreven. Hartsoeker had in maart 1678 dezelfde waarneming verricht en als Huygens hem Van Leeuwenhoeks vroegere vondst verzwegen heeft, kan Hartsoeker geloofd hebben dat hij de ontdekker was. Hoe dan ook, veertien dagen na Huygens' bericht verscheen een tweede bericht van Hartsoeker in hetzelfde tijdschrift. Huygens had Van Leeuwenhoek niet genoemd en Hartsoeker maakte dit verzuim niet goed. Het spreekt vanzelf dat in Frankrijk Hartsoeker algemeen als de ontdekker van de spermatozoïden beschouwd werd, want Van Leeuwenhoeks brief aan de Royal Society met dezelfde gegevens (p. 371) verscheen pas in 1679. De prioriteitskwestie heeft overvloedig toelichtingen uitgelokt (onder meer Cole 1930: 4 ff.; Roger 1963: 299–306 en Lindeboom 1982: 143–144) en is nu wel voorgoed beantwoord. Hartsoeker had ongelijk.

Op den duur maakte Hartsoeker zich door zijn agressieve gedrag en wisselende standpunten veel vijanden in Frankrijk. Meer noordelijk bracht hij het er beter af en overigens werd hij na zijn vertrek uit Parijs in 1699 toch nog tot Associé Etranger van de Académie benoemd.

Toen Tsaar Peter I Nederland bezocht vergezelde Hartsoeker hem op verzoek van de Amsterdamse gemeenteraad (o.a. gedurende een reis naar Rotterdam). De uitnodiging om als persoonlijk onderwijzer van de leergierige despoot mee naar Moskou te gaan sloeg hij af en Amsterdam schonk hem daarop als vergoeding voor zijn onkosten ter wille van Peter en voor zijn trouw aan Nederland een klein observatorium op de stadswal.

In 1704 liet Hartsoeker zich door de keurvorst van de Palts overhalen om in Dusseldorf wiskunde te komen doceren, terwijl hij tevens hoogleraar in de wijsbegeerte werd te Heidelberg.

Alle levende organismen, verklaarde Hartsoeker, hebben deel aan de *plastic nature*, die ook natuurgeest mag heten (De Malebranche sprak van 'formes plastiques'). De vormende ziel, legde Hartsoeker uit, manifesteert zich nu en dan op bijzonder overtuigende manier. Een poot van een rivierkreeftje die verloren gaat, zal dank zij die zielskracht na verloop van tijd weer aangroeien. De 'âme plastique' leeft wel degelijk en leidt een lichamelijk leven. In 1710 beoordeelde Hartsoeker de Cartesiaanse dierenziel: 'Geen van Descartes' beweringen is buitenissiger of meer van gezond verstand verstoken dan die hij ons over de mechanistische dierenziel heeft nagelaten' (citaat uit Rosenfield 1968: 99).

De ervaring leert ons, betoogde Hartsoeker, dat dieren intelligent zijn. Zouden dan tevens dieren wèl en mensen géén machines zijn? Daarmee publiceerde hij het thema dat La Mettrie een halve eeuw later zou oppakken. Hartsoeker, die intussen kennelijk aarzelde om zijn geschut in stelling te houden, besloot wat later dat de dierenziel toch begrepen moet worden als de *vis vegetativa*, de Aristotelische plantenziel, maar met de nadrukkelijke toevoeging dat deze tot de *anima mundi* behoort, en de wereldziel neemt na de dood van het dier de dierenziel weer in zich op.

De willekeurige lichaamsbewegingen van de mens zijn het gevolg van commando's van de, aan de mens eigen, rationele ziel in samenwerking met de vegetatieve of voedende ziel die zelf, wel te weten, intelligentie bezit en zeker geen automaat is. En zo werd Hartsoeker niet slechts tegenstander van Descartes, maar evenzeer van de occasionalisten (zoals De Malebranche) en van Leibniz, die een van tevoren vaststaande onderlinge harmonisering van alle levensverschijnselen veronderstelde (want dat is eigenlijk ook een automatisme). La Mettrie heeft ongetwijfeld steun en inspiratie ontleend aan Hartsoekers ideeën. Op de fysicotheologen had Hartsoeker ernstige kritiek. Wie zoals zij redeneert, moet overtuigd raken dat God de mens van een neus voorzien heeft om gemakkelijk een bril op

te kunnen zetten (Voltaire nam die grap later over).

Omdat Hartsoekers levensloop samen met zijn biologische opvattingen zijn tijd natuurgetrouw weerspiegelen, kregen zijn biografische gegevens hier wat meer aandacht dan gebruikelijk. De vroege 18e eeuw was een periode van levendige internationale uitwisseling van wetenschappelijke resultaten en personen. Staatshoofden probeerden de groei van wetenschappen in hun land te bevorderen door de werving van buitenlandse geleerden en schuwden een persoonlijk initiatief daartoe niet. Europa, tussen Madrid en St. Petersburg, zocht vastbesloten - zoveel hoofden, zoveel zinnen - naar nieuwe cultuurgoederen in een strijd tegen wormstekig erfgoed.

In de biologie werd de ontwikkeling beheerst door de opmars van mechanistische interpretaties toegepast op alle disciplines: anatomie, fysiologie, morfologie en erfelijkheid in het bijzonder. Het ging gepaard met een gewoonlijk enthousiast beleden materialisme. Kenmerkend voor dit bondgenootschap was echter dat, ook tijdens de Verlichting, het 17e- en 18e-eeuwse materialisme zich, althans in de biologie, nimmer geheel losmaakte van onstoffelijke en spirituele factoren als onmisbare helpers in de levenscyclus van alle organismen.

32. Trembley en zijn zoetwaterpoliep

Abraham Trembley (1710, Genève - 1784, ibid.) begon zijn biologische werk in 1740, als goeverneur van de twee zoontjes van graaf Bentinck, die op het buiten Sorgvliet (Den Haag) woonde. Hij viste daar met slijmig groen begroeide afgevallen boomtakjes uit een sloot en zag, toen zijn buit in glazen potten water geborgen was, hoe groene steeltjes zich oprichtten en hoe aan de top fijne groene draden zich levend en bewegend uitspreidden. Het schenen plantjes te zijn, algen misschien, ofschoon de draadjes op eigen kracht bewogen en op de minste aanraking uiterst gevoelig reageerden. Trembley besloot, nieuwsgierig geworden, op 25 november 1740, zo'n plantje in tweeën te snijden.

Met behulp van zijn microscoop volgt hij daarna het resultaat en constateert dat reeds na enige dagen beide stukjes groeien en zich tot een compleet nieuw organisme ontwikkelen. Vier, acht en zestien stukjes herstellen zich op dezelfde manier en Trembley kan zelfs met een stugge varkenshaar een steeltje, dat een buisje bleek te zijn, binnenste buiten keren. Het liep uit op de volledige terugkeer van een levend, met grasgroene draadjes wuivend wezentje.

In Frankrijk was De Réaumur (VIII.8) de meest vooraanstaande onderzoeker van kleine dieren, insekten, en Trembley schreef hem over zijn verbluffende ervaringen met een organisme dat toch eigenlijk wel een dier zou kunnen zijn. Hij stuurde levend materiaal mee en toen dit dood arriveerde, een tweede zending. De Réaumur wist niet wat te denken en antwoordde Trembley in maart 1741 dat hij wellicht niet nauwkeurig genoeg had toegezien. Zouden de poliepen misschien, zoals rivierkreeftjes, hun eieren aan het lichaam vasthechten en zou een nieuwe poliep uitgroeien zoals een knop aan een plantestengel? (De Réaumur bedacht de naam 'polype' en later zou de poliep *Chlorohydra viridissima* gaan heten.) In April zag De Réaumur echter wél wat Trembley had gezien en herhaalde diens proeven. Zestien stukjes poliep werden zestien nieuwe poliepen.

Hij staat perplex, 'kan niet aan de feiten wennen' ook al heeft hij 'de proef honderd en nog eens honderd maal herhaald.' Het is, schrijft De Réaumur, 'nieuws van een meer ongebruikelijke en meer verwarrende aard dan ooit eerder aan degenen die de natuur

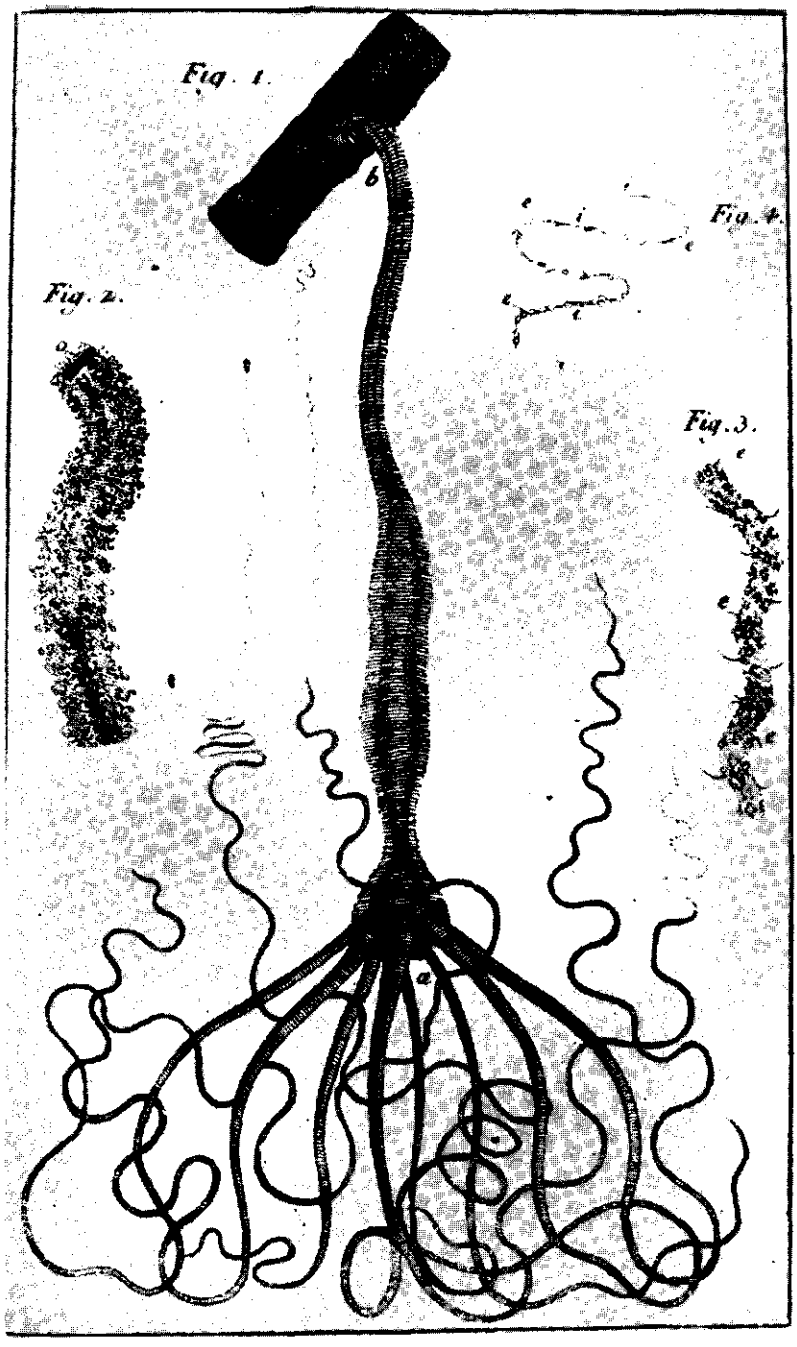


Fig. 92. A. Trembleys afbeelding van de zoetwaterpoliep. – Zijn Mémoires pour Servir à l'Histoire d'un Genre de Polypes d'Eau Douce à Bras en Forme de Cornes verscheen in 1744 te Leiden. Mootjes poliep groeiden en werden nieuwe volkomen dieren. Europa stond voor schokkende problemen: was de dierenziel deelbaar? En de mensenziel? (XI.13).

bestuderen werd aangeboden.'

De vanouds gevestigde stelling: één dierlijk lichaam levend door één ondeelbare ziel hield geen stand. De *anima vegetativa* liet zich vanouds verdelen, de *anima sensitiva* echter niet. Augustinus wist indertijd geen raad met hetzelfde probleem (XI.13), maar toen had de christenziel voor de dierenziel geen aandacht.

Groen waren de poliepen wel, zoals planten, maar zij bewogen zelf en voortdurend, en reageerden dadelijk op prikkels. Zij konden zich verplaatsen. Het moesten dieren zijn en was nu Trembleys verbazende waterdier het enige organisme dat zo'n onverklaarbaar vermogen had? Weldra stelde een aantal onderzoekers vast dat sommige zeesterren en ook wel aardwormen op een overeenkomstige manier op deling konden reageren. Moest men een neo-Platonistische verklaring aanvaarden? De Réaumur verzuchtte: 'Ofschoon wij in de organisatie van enige dieren wonderen ontdekt hebben, zijn die vondsten onbetekenend in vergelijking met wat zich in werkelijkheid kan voltrekken.' Het regeneratievermogen van sommige levende wezens dwong bijna tot de slotsom dat de wetten van de dode materie voor levende wezens slechts beperkt geldig zijn.

Twee oplossingen van het probleem, een van Voltaire en de andere van De Réaumur. Voltaire, zoals altijd warm geïnteresseerd, deed de poliepproeven na en constateerde dat Trembleys gegevens juist waren. Hij had er geen moeite mee. Poliepen zijn planten en ze laten zich stekken of zaaien. Het natuurprodukt dat men 'polype' noemt 'lijkt minder op een dier dan een peentje of een asperge.' De kwinkslag was niet goed genoeg. De Réaumur zette een ferme stap en schreef: 'Levende organismen in het licht van de nieuwe vondsten beschouwd, blijken individueel een geheel te zijn dat in al zijn inwendige delen gelijkelijk georganiseerd is, een samenstel van een oneindig groot aantal overeenkomstige structuren en onderling gelijke gedeelten, een samenvoeging van kiemen of kleine soortgelijke individuutjes die zich alle op dezelfde manier kunnen ontwikkelen afhankelijk van uitwendige factoren, en die zich alle opnieuw kunnen vormen tot een opbouw zoals oorspronkelijk het geval was.'

Deze passage stoelt op Trembleys ontdekking en geeft een mechanistisch-materialistische verklaring van de verschijnselen. Tegelijkertijd bevat de tekst voortekenen van de 19e-eeuwse celleer naast een haast profetische uitspraak die een belangrijke 20e-eeuwse theorie inleidt: het ontstaan van hoger georganiseerde wezens door aggregatie van eencelligen.

Trembleys naam verwierf een plaats in de historie van de biologie door zijn experimenten met de diertjes uit de sloot van Sorgvliet. Hij publiceerde echter ook verdienstelijk over de vermenigvuldiging van Protozoa en beschreef de celdeling van een eencellige alg. Hij hanteerde de microscoop met ongewoon talent en zou geen kind van zijn tijd geweest zijn als hij zijn studies van de levende natuur niet met publicaties over religie, wijsbegeerte, en opvoedkunde zou hebben aangevuld. Tijdens de Frans-Engelse oorlogshandelingen (1740–1748) fungeerde hij als (neutrale) schakel in het wetenschappelijk verkeer. Boeken en materiaalzendingen van overzee die in handen konden vallen van tegenstanders waren zowel aan de eigenaars als aan Trembley geadresseerd. Hij zond ze, na ontvangst, verder naar hun bestemming; 'wapens moeten voor de toga wijken.' Zijn Mémoires pour Servir à l'Histoire d'un Genre de Polypes... verscheen in 1744 te Leiden. Baker (1952) is zijn biograaf.

33. De fysicotheologen; Bernard Nieuwentijt

In het voorafgaande volgden wij ontwikkelingen beginnend bij Demokritos en de vóór-Sokratische atomisten die via Lucretius, Francis Bacon en Descartes tijdens de 18e-eeuwse biologie ruimschoots armslag kregen. De wetenschap van de levende natuur vond in de loop der tijden voortdurend meer steun bij de wetenschappen van de dode materie. Een nevenontwikkeling ging hiermee samen, nu eens evenwijdig, op enige afstand, dan weer innig verweven: de leer van de ziel als agens voor alle levensuitingen. De namen Aristoteles, Galenus, Albertus Magnus, Dante, Vesalius en Fernel komen dan bij voorbeeld al dadelijk in gedachten. Een derde lijn van biologische overdenkingen en interpretaties begon bij Platoon. Via Porfyrios, Avicenna, Paracelcus en Van Helmont kwamen wij in gezelschap van de neo-Platonisten van de 18e eeuw. De drie stromingen stuurden elk op eigen wijze en alle tezamen de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie. Een vierde denkwijze kwam de biologie slechts ten nutte in samenspel met tenminste één van de genoemde drie. Het vierde standpunt, de Augustijns-christelijke leer, oordeelde naarmate wantrouwen en verachting van het wereldlijke de overdenkingen leidden, proefondervindelijk onderzoek en een wens voor een verklaring van levensuitingen anders dan een bovennatuurlijke, verdacht of althans tijdverkwisting. In de 18e eeuw herleefden de drie biofile stromingen evenals de Augustijnse biofobie. Over deze laatste een analytische aantekening.

De christenziel was in de eerste eeuwen van onze jaartelling nog tolerant (XI.9). Clemens van Alexandrië (2e eeuw), een Athener die in Noord-Afrika al eerder dan de kerkleraren en Augustinus het christendom onderwees, verzekerde dat de kosmos als het ware in twee boeken bestudeerd moest worden, een *Liber Dei*, de Bijbel, en een *Liber Creaturarum*, het Boek der Schepselen. Dat leert ons enerzijds dat de tweespalt tussen God en de wereld, de hemelse en de aardse zielen erkend wordt en anderzijds dat voor wie biologisch onderzoeken wil, een eigen boek beschikbaar is. Basileios de Grote (II.21) wist het beter in de 4e eeuw: 'de kosmos is een boek geschreven met lettertekens die elk de heerlijkheid Gods bewijzen en prijzen.' Eén boek, geen twee. Augustinus verhief kort daarop Basileios' stelling tot wetgeving voor wetenschappelijke overdenking, consequent en ten volle. Duizend jaar later maakte de Renaissance een volstrekte verachting of zelfs ontkenning van de schoonheid en werkelijkheid van de levende wereld onmogelijk, voorgoed.

Als eerste sloeg Raymond van Se(y)bond (Sabund), een in Barcelona geboren Catalaan die te Toulouse medicijnen doceerde en na 1432 gestorven moet zijn, het boek der schepselen open om het met Augustijnse ogen te lezen. Gedrukt verscheen zijn *Theologia Naturalis* te Deventer in 1487. Binnen twee eeuwen volgden 35 edities. Het boek werd het uitgangspunt voor een groep over biologische onderwerpen publicerende auteurs, bijbelvaste 17e- en 18e-eeuwers. Zij zagen de wereld der dingen als een duizendvoudig bestel van Gods wonderdaden, de levende en de dode natuur.

De bisschop van Oxford, Samuel Parker (1640–1688), die een reputatie verwierf vanwege zijn kritieken op de zielsleer volgens Platoon, Aristoteles en Descartes, bedacht het woord dat de latere natuurtheologen zou aanduiden, met zijn *Tentamina Physicotheologica* (1665).

Naar de letter beoordeeld zijn bij voorbeeld Newton en Boyle fysicotheologen, omdat zij gedreven door religieuze emotie en verzekerd van de benadering van Gods heerlijkheid en macht door elk resultaat van hun werk de natuur onderzochten en dit werd dan ook wel als fysicotheologisch werk beschouwd. Op dezelfde gronden kunnen Bonnet, Stahl en Von Haller, en vele vitalisten, tot de fysicotheologen gerekend worden. Hier heb ik

de grenzen veel nauwer getrokken en de groep beperkt tot de auteurs die zich literair begaafd waanden, gesterkt werden in dat geloof door veel lezers, en die de natuur bestudeerden niet terwille van het opsporen van natuurwetten, maar ter wille van de lofprijzing Gods. Fysicotheologen, poëten en prozateurs wensten over de natuur en zijn wonderen te schrijven als bewijsstukken van Gods oneindig wijze voorzienigheid en alle medemensen daarover voor te lichten, soms op maat en rijm, altijd lyrisch.

Boeken die naar de inhoud tot de fysicotheologie behoren, zoals John Rays Wisdom of God (1691), Grew's *Cosmologia Sacra* (1701) en Scheuchzer's *Fysica Sacra* (1731) maken hun auteurs niet tot fysicotheologen, omdat die geschriften duidelijk uitzonderingen zijn in het gehele werk. Jubeltonen en kreten van verrukking, getuigenissen van godsvrucht, maar steeds gericht op hetzij het uiterlijk, hetzij het nut van de dode of de levende natuur, tot stichting van of profijt voor de mens typeren in dit overzicht het werk van de fysicotheologen.

W. Derham (1657–1735), een natuurminnende geestelijke, publiceerde in 1713 Physicotheology, een best seller. Daniel en Jean Le Clerc verkondigden, o.a. in *Historia Naturalis* (1715), dat alle insekten ter wille van de mens geschapen zijn, de bijen vanwege honing, de zijdeworm vanwege zijde, de cochenille-luis om purper te verven, en sprinkhanen om Johannes de Doper in de woestijn van voedsel te voorzien.

Een groot gedicht deelt mee hoe de auteur (F.C. Lesser (1692–1754), Pfarrer in Nordhausen) met walging en afgrijzen een anatomisch preparaat beziet en hoe hij, na van een deskundige vernomen te heben hoe dat samenstel van spieren en organen functioneert, inziet dat zijn afkeer dom en voorbarig was. Hij barst dan los in een verheerlijking van Gods werken zoals die uit de anatomie kunnen blijken. De lezers – het waren er talrijke en dankbare – vernemen niets, niet de geringste bijzonderheid over die anatomische werkzaamheid en zelfs deelt de dichter niet mee welke dissectie, van mens of van dier, hij nu eigenlijk bezingt.

Gewoonlijk beperkten de fysicotheologen zich dus tot de buitenkant, het uiterlijk. Zij ontstaken een waar vuurwerk van opgetogen berichten, werden niet moe de fraaie kleuren in woorden weer te geven, kleuren en vormen die zij zagen; de schelpen, de slakkehuizen, de kikkers, de sprinkhanen, de vissen, de vogels, de mineralen, alle zijn zij een boek waard, materiaal voor een lofprijzing der schepping.

Uit een lijst van 24 titels, sommige met betrekking op een paar bladzijden en andere op duizend bladzijden druks, die W. Philipp (Das Zeitalter der Aufklärung; 1963) samenstelde, kies ik er vijf: Ichthyo-theologie (1754, vissen), Spermato-theologie, Atomotheologie, Testaceo-theologie (1744; honderden pagina's schelpen in hemelse kleuren beschreven) en Phyto-theologie (planten). In wezen zijn deze rijmelarijen en teksten die geen andere inhoud hebben dan de naïeve waardering van de auteurs voor de levende natuur, biofoob: alle richten zich geestdriftig hemelwaarts. Geen poëet die ook maar de geringste wens voelt of toont om meer en beter te weten over de concrete aanleiding van zijn ontroering. Zij handelen Augustijns, moeten na de Renaissance de levende wereld toelaten en juichen die nu toe terwijl zij hem ter zijde schuiven. Veel fysicotheologen legden fraaie collecties aan, van schelpen, van mineralen van andere voorwerpen uit de natuur. Zangzaad, dozen vol.

Toch zou ik mijn groep fysicotheologen, die wolk zeepbellen verstoven op de wind van de tijd, onrecht doen als hun voornaamste vertegenwoordiger, Bernard Nieuwentijt, onvermeld bleef. Hij was een schakel met de biologie en had een grote reputatie als christelijk denker over biologische vraagstukken. Rousseau erkende veel aan Nieuwentijt te danken

te hebben en Diderot rangschikte hem onder de 'grands hommes'.

Bernard Nieuwentijt (1654, West Graftdijk – 1718, Purmerend) studeerde korte tijd theologie (maar wilde zijn vader niet in het ambt volgen), rechten, medicijnen en wiskunde, in Leiden en Utrecht. Hij werd burgemeester van Purmerend en praktizeerde daar als stadsarts van 1682 tot zijn dood. Als tegenstander van Spinoza en van Leibniz – van beide tijdgenoten schoot naar zijn mening de wiskunde te kort – schreef hij een omvangrijk werk over God en de natuur, dat in 1715 verscheen en waarvan de zevende druk al in 1759 verschenen was (Het Regt Gebruik der Werelt Beschouwingen). In volgorde zijn dertig hoofdstukken gewijd aan De Ydelheit van al het Wereldsche, van het Sienlyke, Mond, Slokdarm, Chyl-voerder, Hert, Adem-halen, Ader-gestel, Zenuwen, Spieren, Beenderen, Schriftuurplaatsen, Gesigt, Gehoor, Smaak, Vereeniginge van Ziel en Lichaam, Menschelyke Passien, Lugt, Meteora, Water, Aarde, Vyer, Dieren Vogelen en Visschen, Planten, Hemel, Kleinheit en Veelheit der Deeltjes, Natuur-wetten, Chymische Natuur-wetten, Mogelykheit der Opstandinge, het Onbekende. Achtendertig bladzijden gevuld met goede, deels gekopieerde tekeningen vullen de tekst aan. Enig experimenteel werk wordt vermeld.

Nieuwentijt had de wetenschappelijke literatuur, de biologische en die daarbuiten grondig gelezen. De leer van de preformatie paste uitstekend in zijn biotheologie. Met grote waardering vermeldde hij bij voorbeeld hoe Van Leeuwenhoek beschrijft en afbeeldt dat in de winterknoppen van aalbesstruiken de trosjes aalbessen van de volgende zomer al te zien zijn. Overdenkend hoe in de aalbestrosjes al weer volgende oogsten aanwezig moeten zijn – een reeks van komende aalbesgeneraties ad infinitum – wijst Nieuwentijt op de Schepper die zeker in staat is die oneindig kleine structuren tot werkelijkheid te maken.

Nieuwentijts boek was een leerboek bestemd om ongodisten te bekeren en zo'n opzet heeft aanmerkelijk meer draagkracht dan het steken van de loftrompet. Zijn werk verdient bij een studie van de stand der natuurwetenschappen en van de biologie in de eerste decaden van de 18e eeuw aandacht. Het in het Hollands geschreven boek heeft overigens voor de ontwikkeling van de biologie geen onmiddellijke betekenis gehad. Historisch zijn de fysicotheologen illustratief voor de krachtig groeiende belangstelling voor de natuur en de levenswetenschappen in de 18e eeuw. Zij begeleidden de deïstische biologie van de Verlichting en waren de voorlopers van de religieuze opbloei van de natuurlijke historie (o.a. Paley, XII.35) in de 19e eeuw.

34. 18e-eeuwse biologie van de ziel; La Mettrie

Een jaar na Swedenborgs visioenaire ontmoeting met de Verlosser (XI.29) verscheen Histoire Naturelle de l'Ame (1745) door J.O. de la Mettrie (VII.13). Hier een aantekening over een zielbiologie gelijktijdig en in extreme tegenstelling met die van Swedenborg.

Een vergelijking van de eerste met de tweede editie (Traité de l'Âme; 1747) brengt de biohistoricus in aanraking met vreemde tegenstrijdigheden; botsingen met zichzelf, met de maatschappij van zijn tijd, met zijn collega's en met de natuurwetenschappen zijn overigens typerend voor La Mettrie.

In 1745 verklaarde hij dat Descartes' gelijkstelling van dieren met machines een belachelijke fout was. Integendeel, hij onderschreef enthousiast de meningen van de Griekse biofilosofen uit de Oudheid die materie een immanente *potentia* toekenden. Materie bezit een eigen vermogen om te kunnen leven, gewaar te worden en te denken. Voor deze conclu-

sie beriep La Mettrie zich op Arnobius de Oude.

Met bijval citeerde La Mettrie Arnobius uitvoerig, een in Noord-Afrika werkzame verdediger van de christelijke leer, die in aan het begin van de 4e eeuw zeven 'boeken' tegen heidendom en veelgoderij schreef. Tot grote satisfactie van La Mettrie legde Arnobius uit dat als een boorling in een kuil in de aarde gelegd wordt, zoals in een bed, omringd door muren en onder een dak, niet te koud en niet te warm, in volslagen stilte en zwak schemerlicht, en tevens door een naakte min gezoogd en gevoed wordt, en wat later brood en water uit de holle hand verstrekt krijgt, enzoverder, niet zal spreken en niets zal waarnemen en vrij van alle begrippen zal opgroeien. Eén uitzondering: het de mens aangeboren Godsbesef. Echter, hoe minder zintuigwaarnemingen men opdoet, hoe minder begrippen gevormd zullen worden.

Misschien moeten we Arnobius beschouwen als een schakel tussen Lucretius (II.10), Locke en de materialisten van de Verlichting, zeker is dat La Mettrie in 1745 hogelijk met Arnobius ingenomen was. In 1747 verdedigde La Mettrie echter een reeks meningen over de ziel die onmiskenbaar sterke bindingen met Aristoteles en Avicenna tonen. La Mettrie verklaarde nu berouw te hebben van zijn blind vertrouwen in voorgangers met grote reputatie (zo groot was de reputatie van Arnobius toch heus niet). Hij had nu ingezien, erkende La Mettrie, dat het wezen (l'essence) van de mensen- en dierenziel onbekend is en ook altijd onbekend zal blijven. Met de aard en het wezen van materie en van een levend lichaam is het evenzo gesteld (1747).

Toch plaatste La Mettrie in zijn materialistische wereldbeeld een *psyche*. *Psyche* is een onstoffelijke werkelijkheid en is, naar goed klassiek patroon, drievoudig: vegetatief, sensitief en rationeel.

Toen hij de bewustzijnsveranderingen van koortsige mensen en bij zichzelf geconstateerd had, was hij overtuigd dat vegetatieve en sensitieve *psyche* afhankelijk zijn van lichamelijke fysiologische processen. De sensitieve *psyche* reageert in overeenstemming met en als gevolg van mechanische uitwisselingen tussen zintuigen en ratio, en is tijdens die processen aan onzekerheden blootgesteld. Geestesfuncties (verstandfuncties) voltrekken zich in de hersenen; de rationele *psyche* is uit geheugen, voorstellingsvermogen en denkkracht samengesteld en alle zijn zij materie-gebonden, kwantificeerbare, fysiologische voortbrengselen. De wijze en mate van beïnvloeding van de *psyche*-soorten onderling en het effect van lichamelijke conditie daarbij eisen proefondervindelijk onderzoek. De ziel is het 'principe actif' van het levende lichaam.

Niets dat op een 'onsterfelijke' ziel kan duiden mag voor theologen gereserveerd blijven. Hoe dan ook, 'ziel' is geen bestaande zaak, in ieder geval niet zoals de theologieterij dat verzonnen heeft (het laatste voorbehoud verzwakt La Mettries uitspraak toch wel wat). God bestaat evenmin. Geloof aan God mist elke degelijke grondslag en discussie daarover is tijdverlies. Als het atheïsme de eindoverwinning behaald zal hebben, wordt de wereld een paradijs. Geen godsdienstoorlogen meer en de theologen overbodig. Zodra die afschuwelijke oorloghitsers verdwenen zullen zijn, kan de natuur zich van hun vergif ontdoen.

Ter nadere toelichting deelde La Mettrie mee, dat de ziel die door abstract denken (par abstraction) als vrij van lichamelijkheid beschouwd wordt, op een van alle vorm verstoken materie gelijkt (een wat hinkende beeldspraak). Van zo'n ziel kan men zich geen voorstelling vormen. Echter, ziel en lichaam werden op hetzelfde ogenblik gemaakt, als het ware met één penseelstreek. Zij zijn in dezelfde mal gegoten volgens een 'groot theoloog die durfde denken', verklaarde La Mettrie goedkeurend. Hij kan hierbij op Tertullianus ge-

doeld hebben (die theoloog was) of mogelijk op Platoon (*Timaios* 41, p. 1099). La Mettrie, voorvechter van duidelijkheid en harde feiten, zinspeelde vaak op bronnen en vroegere uitspraken, maar was niet gewoon dat bij name te doen.

La Mettries betoog sluit vrij goed aan bij Descartes' wijsbegeerte, met dit verschil: ziel is niet vrij en onafhankelijk van het lichaam, zoals Descartes wilde, maar een lichaamsfunctie. Overigens uitte La Mettrie het vermoeden dat Descartes het eigenlijk met hem eens zou kunnen zijn, want zo'n Cartesiaanse ziel, die vrij van lichamelijkheid een eigen leven zou leiden, is van Descartes: 'een slimme zet, bedoeld om de voor theologen bittere pil te vergulden, dat mensen eigenlijk niets anders dan organieke machines zijn, dieren, viervoeters, al lopen ze rechtop.'

Het lichaam bestaat – zo zet La Mettrie zijn beweringen voort – uit onzichtbare fijne vezels, talloos vele, die voortdurend in trilling zijn. Zij veroorzaken alle levensverschijnselen, inclusief dat wat zielactiviteiten schijnen te zijn. Die vezeltrillingen (principe de mouvement; 1748) activeren de met rede begaafde hersenmaterie, die zelf ook beweegt. Materie is niet immanent bezield – zoals de Ouden wilden – maar immanent bewegend.

Die laatste gedachte nemen bij voorbeeld Diderot en later de Darwinisten over. Wat de ziel aangaat, moeten we uit La Mettries verhandeling begrijpen, dat deze een mechanistisch verklaarbaar gevolg van de trillingen van hersen- en zenuwvezels is (vezels die La Mettrie niet heeft gezien en dus ook niet zag trillen).

Na voortgezette bespiegelingen besloot La Mettrie dat dieren méér dan machines zijn (les animaux plus que machines) en zij hebben een onstoffelijke ziel (âme immatérielle). Zelfs kan men 'zonder taal spreken, maar zonder ziel is dat onmogelijk.' Het gelukte mij niet de tegenstrijdigheden in La Mettries werk te ontwarren; Vartanian (1960) en Hall (1969) zijn de beste gidsen.

Een nagalm van het ontoegankelijk *refugium* van de geest volgens Locke klinkt nog in veel uitlatingen van La Mettrie. Ik verheel mijn verdenking niet, dat hij gaarne aanvaardde dat de wezenlijke aard en het biologische bestaan van ziel voor altijd onoplosbare vraagstukken zouden moeten blijven. Dat bracht mee dat alle pressie om ze te beantwoorden dan verdwijnt. Al die onzekerheid verhindert La Mettrie niet om toch van de sterfelijkheid van ziel wèl zeker te zijn. De ziel sterft samen met de mens, zeggen Lucretius en La Mettrie, en na de dood is alles uit: 'La farce est jouée.'

Wie La Mettries tractaten over de ziel heeft doorgelezen, legt ze teleurgesteld ter zijde, vanwege de gebrekkige literatuurkennis, vanwege de oppervlakkige redeneertrant, de slordige gevolgtrekkingen en vooral vanwege de goedgelovige vooringenomenheid. De opschudding die zijn opstellen veroorzaakten, de afkeer en de verering die La Mettries geschriften opriepen, kunnen slechts in het kader van zijn tijd begrepen worden. Op kwaliteit beoordeeld heeft La Mettries zielbiologie van tijdgenoten en latere auteurs een overmaat aan belangstelling ontvangen.

35. Voltaire velt het vonnis

Zojuist uit Engeland teruggekeerd en vervuld van een bewonderende geestdrift voor Newtons en Locke's denkbeelden, en heftig bezig met de biologische problemen van zijn tijd, publiceerde Voltaire een bundel brieven (1734). Van die Lettres Philosophiques is de 13e, over Locke, de belangrijkste voor ons. De bundel werd overigens dadelijk in Frankrijk na verschijning (zogenaamd in Amsterdam) volgens opdracht van het Parijse parlement

in het openbaar verbrand, nadat de uitgever gevangen gezet en een aanhoudingsbevel tegen Voltaire uitgevaardigd was. Voltaire vluchtte naar Lotharingen.

Ik citeer het gedeelte dat door zijn koele logische betoogtrant de Cartesiaanse dierenzieltheorie vernietigt.

> Mélanges, ed. Pléiade 1961: 41: 'Mij schijnt het zo goed als bewezen dat dieren geen machines of automaten kunnen zijn. Hier is mijn bewijs. God heeft hen van precies dezelfde organen voorzien voor gewaarwordingen (sentiments) als die wij bezitten. Dat wil zeggen dat als nu juist zij niet in staat zouden zijn gewaar te worden, te voelen, God nutteloos werk heeft verricht. Nochtans, naar gij theologen zelf bekend hebt gemaakt, verricht God niets zonder reden, zodat Hij bijgevolg zo veel organen die voor gewaarwordingen dienen niet gemaakt kan hebben voor degenen die van gewaarwordingen, gevoelens, ontbloot zijn. Dieren zijn daarom dus zeker niet machines zonder meer.
>
> De dieren kunnen naar gij, theologen, ons verzekert geen ziel met geestelijke kwaliteiten bezitten (âme spirituelle). Dan kan het niet anders, uw beweringen ten spijt, of God heeft de organen van de dieren – die materie zijn – met de vermogens van voelen en waarnemen toegerust. Dit noemt gij bij dieren 'instinct'.
>
> En wie zou God dan kunnen beletten om diegene van onze organen die minder aan materie gebonden zijn van de vermogens te voelen, waar te nemen en te denken te voorzien, te voorzien van wat gij 'menselijke ratio' noemt? Hoe gij u ook keert of wendt, u bent genoodzaakt toe te geven dat gij hier niets over weet, want de erkenning van de onbegrensde macht van de Schepper noopt u daartoe. Verzet u daarom niet langer tegen de wijze en bescheiden filosofie van de heer Locke. Verre van tegen de religie in te gaan kan zijn leer als bewijzend argument dienen, als dit nog nodig mocht zijn. Welke filosofie immers kan meer religieus zijn dan degene die bevestigt wat duidelijk verklaarbaar is en die inziet waar hij ontoereikend is, die u leert dat men God moet zoeken zodra men de *prima causa* wil opsporen.'

Daargelaten of Voltaire de wijsbegeerte van Locke geheel doorzag. Hij trof de Cartesiaanse theologen met zijn betoog rechtstreeks in hun zwakke zijde: hun theorie over de dierenziel mist zowel feitelijk als theoretisch een voldoende grondslag. Het laat zich niet weerspreken dat mensen en dieren zozeer elkaars gelijken in bouw zijn, dat indien de orgaanmaterie van de een kan denken, de materie van de ander dat ook kan, met aantekening dat Gods raadsbesluit aan onze controle ontsnapt.

Het verschil tussen mensen- en dierenverstand, zei Voltaire, is vergelijkbaar met het verschil tussen een draaiend braadspit en de torenklok van Straatsburg (1769). Minder of meer complex. De verwijzing naar de Straatsburgse klok mikt op Boyle, die honderd jaar eerder uitgelegd had dat de wereld geen organisme, maar een mechanisme is, een bestel waarbinnen alles volgens de wetten van de mechanica verloopt. Kijk naar de klok van Straatsburg, ried Boyle aan. De klokkenmaker heeft het uurwerk doelmatig gemaakt, maar het uurwerk heeft zelf nimmer geprobeerd een klok te worden. God heeft echter bij de schepping alle materie aan natuurwetten onderworpen, natuurwetten die alle verschijnselen beheersen. Wij vergewissen ons van de klokketijd zonder de werking van het mechanisme te kennen.

Merk op hoe Voltaire het verschil tussen mensen- en dierenziel als een kwaliteitsverschil beoordeelt, meer en minder gestructureerd, en hoe de abbé de Condillac vijftien jaar tevoren dat zelfde verschil omschreef als een kwantiteitsverschil, een verschillende hoeveelheid ziel. In Amsterdam verscheen De Condillacs Traité des Animaux in 1755, en in die verhan-

deling deelde hij mee dat mensen en dieren dezelfde ziel bezitten, maar dat de dierenziel kleiner blijft. Kwantiteit zou Lamarck op voorbeeld van De Condillac in zijn evolutietheorie (XII.34) als een hoeksteen van zijn redenering toepassen.

Einde 1766 schreef Voltaire een opstelletje met de titel Aristoteles, Descartes en Gassendi; de aanhef is het doodvonnis van het Cartesianisme in de biologie.

> Nouveaux Mélanges VI: 'Aristoteles was de eerste die zei dat twijfel de bron van wijsheid is. Descartes heeft die stelling veel later overgenomen en van beiden heb ik geleerd niets te geloven van wat zij me vertellen. Die Descartes vooral praat nadat hij voorgaf te twijfelen, op zo'n besliste toon over dingen waar hij niets van begrijpt en dit door en door zelfverzekerd, terwijl hij plompverloren aan de werkelijke staat van zaken voorbijgaat. Hij bouwde een wereld van waanvoorstellingen.
>
> Zijn wervelingen (tourbillons) en zijn drie elementen zijn ronduit dwaasheid. Ik moet alles wat hij mij diets maakt over de ziel diep wantrouwen, omdat hij mij over alles wat lichamelijk (les corps) is zo glashard misleid heeft. Prijs hem maar luidkeels, mij best, maar dan met uitzondering van zijn wetenschappelijke sprookjesboeken die thans en voor altijd in heel Europa als prulwerk gelden.'

36. De Verlichting verjaagt de klassieke zielen

Omstreeks 1770 omschreef Diderot wat zijn geestverwanten, filosofen, biologen en artsen, in de loop van de 18e eeuw besloten hadden: de ziel heeft in de wetenschappen over levende wezens afgedaan, ziel beschouwd zoals sinds het begin van wetenschappelijk denken gebruikelijk was. Materie is zelf in staat te vormen, te doen groeien, levende organismen op te bouwen en in stand te houden. Levende moleculen zijn, verklaarde Diderot, begaafd met een soort richtingloze gevoeligheid (sorte de sensibilité confuse). Door moleculaire ophoping en rangschikking (als vezels) wijzigt die ordeloze ontvankelijkheid zich in gerichte activiteit en gevoeligheid (sensibilité) en wordt tot denkkracht (pensée).

In Éléments de Physiologie legde hij uit: 'te beginnen bij de molecule en eindigend met de mens leeft een reeks, een keten van organismen (chaîne d'êtres) die van een toestand van onbewust leven (stupidité vivante) opklimt tot een staat van hoogste intelligentie.' De Éléments, die hij tussen 1764 en 1780 samenstelde, verschenen pas in 1875 in druk. De Duitse Naturphilosophen en romantici hebben het boek niet voor dat tijdstip kunnen lezen, maar voor zover zij zich in dergelijke vraagstukken verdiepten vonden zij er alsnog steun in.

Voor een verklaring van de levensverschijnselen is ziel als agens overbodig en de aanwezigheid van ziel zou een toenemend inzicht belemmeren, dacht Diderot.

> 'Die factor, die ziel, indien aanwezig, kan niet anders dan hoogst onbelangrijk zijn... Waarom zouden we onze toevlucht zoeken bij een raadselachtig harpenistje zonder ledematen, die niet ter plaatse aanwezig is, die in genen dele met zijn instrument harmonieert, die niets bezit om iets mee aan te raken en die toch de snaren zou betokkelen?
>
> Al hetgene dat een lichaam voortbrengt, brengt het voort zonder tussenkomst van ziel. Dit laat zich zonder onoverkomelijke moeilijkheden aantonen. De vooronderstelde werkzaamheid van een ziel is oneindig veel moeilijker bewijsbaar.'

De taak van de ziel, hebben we dus nu vernomen, gaat over op 'sensibele' materie, wordt door moleculen en vezels verricht die weten wat hen te doen staat en die, van laag tot

hoog samenwerkend, de levende werkelijkheid tot stand brengen en in stand houden. De 18e-eeuwse Verlichte geleerden oordeelden dat zo'n interpretatie van de levende natuur de feiten beter verklaren kan dan een zielsubstantie of -activiteit. Diderot, in zijn latere jaren atheïst, verwachtte niet dat door analyse en kritisch toetsen, vergelijken en meten, een volkomen kennis kan ontstaan. De fysiologie zal toch de mens leren om zichzelf beter te begrijpen en misschien zelfs leren waarom hij van nature van al het andere bestaande verschilt. 'Ik ben mens en ik heb daarom *causae* nodig die uitsluitend op de mens passen.' Diderots natuurbeschouwing volgt het model van Aristoteles. Materie vormt door een immanent vermogen levende organismen. Voltaire vertegenwoordigt een andere stroming, een deïstische. Hij was vast overtuigd dat materie inert, dood en bewegingloos is, en door geest in beweging komt en blijft (*mens agitat molem*): het is een Platonische visie. Materie neemt vorm en leven aan door uitwendige invloeden. Diderot en Voltaire vertegenwoordigen twee der voornaamste scholen in het biologische denken van de 18e eeuw.

37. Slotaantekeningen

Het hierboven gegeven overzicht heeft betrekking op de rol die 'ziel' speelde in de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie: ziel was vijfentwintig eeuwen lang zulk een wezenlijke factor in het biologische denken en doen, dat zijn geschiedenis in een historische beschouwing over de leer van het leven alle aandacht vereist. Hoofdstuk XI vat de biologische zielgeschiedenis samen tot ver in de 18e eeuw en overigens komen ook dikwijls elders in mijn verslag zielfuncties aan de orde.

Toen de 18e eeuw half verstreken was, schreef J.A. Guer een kritische geschiedenis van de dierenziel (in 1749 te Amsterdam verschenen). Zijn boek is grotendeels het betoog van een bon-vivant die met behulp van zijn 'gezonde' verstand en een boeketje literatuurkennis wel eens even voorgoed met alle filosofie en filosofen zal afrekenen en is dus amusante lectuur. Met de uitspraak waarmee hij zijn voorbericht begint zal iedereen instemmen:

> 'Weinig vraagstukken die ooit de gedachten van de mens gevangen hielden, hebben zoveel vurige debatten uitgelokt en over even zo weinige deed de mens zulke onzekere ontdekkingen als over de aard van de dierenziel.'

Het verleden van de mensenziel in de biologie verdient tenminste hetzelfde oordeel.

Nadat de Cartesianen de sinds de Renaissance verenigde christenzielen en klassiek-Griekse zielen weer uiteengejaagd hadden, ondergingen de biologisch actieve zielen tijdens de Verlichting een nieuw onderzoek en kregen volgens herziene maatstaven een nieuwe status of werden uitgebannen. Zij werden in een streng bewaakt reservaat ingesloten door vele materialisten (bij voorbeeld Locke en Voltaire) of, omdat zij hinderlijk waren of overbodig, door andere materialisten geloochend (zoals Diderot). Dat verhinderde een nors erkende aanwezigheid als levensgezel soms toch niet (La Mettrie).

Het einde van de 18e eeuw is het tijdperk van de zegepraal van de Rede, vooral in Frankrijk een bloedige victorie. *Animus* triomfeerde en *anima* verloor, samen met haar bondgenoten, als biologisch agens zowel fysisch als metafysisch, meer en meer haar functie als regelaar en als verklaring van de lichaamsprocessen. In de theologie handhaafde de ondeelbare ziel zich, met aantekening dat de godgeleerdheid in de wijsbegeerte en in de biologie de hegemonie moest afstaan, maar zich - al evoluerend op zorgvuldig afgebakende terreinen - kon handhaven, zowel wetenschappelijk als maatschappelijk.

In de loop van de geschiedenis diende een opkomende golf van materialistisch-

mechanistische meningen ter verklaring van het leven der organismen zich herhaaldelijk aan. Dan verliet een evenredig groeiend aantal theologen de grazige weiden dezer wereld als terrein voor hun overwegingen en verschansten zich op theoretische, buitenaardse aandachtsvelden. Tijdens de 20e eeuwse opbloei van het materialisme blijft die migratie uit. Een onderzoek naar de oorzaken en gevolgen van deze theologische honkvastheid kan onder meer een inzicht in de ontwikkelingsgang van de biologie verdiepen.

Tijdens de Franse Revolutie won de gedachte, dat 'ziel' niet anders dan een misvatting uit vroeger tijden was, veld en vervolgens, toen de 19e eeuw half verstreken was, werd de ziel door filosofen (Feuerbach, Marx) en biologen tot hersenschim verklaard. Een steeds groeiende meerderheid biologen besloot zich voortaan tot de studie van organismen te beperken in het licht van erkende natuurwetten: alle levensuitingen van alle organismen, met inbegrip van de mens, zijn het gevolg van chemische en fysische meetbare wetmatigheden. En toch bleven niet weinigen aarzelen die leer van het materialisme onverkort te laten gelden, in het bijzonder ten aanzien van menselijk gedrag. Biologen plachten (en plegen) zich te verschuilen in agnosticisme, met aantekening dat (veel) later wel onomstotelijk zal komen vast te staan dat de natuurwetenschappen van de dode stof ook toereikend voor de levende zullen blijken te zijn. In afwachting van dat tijdstip wordt in het biologisch onderzoek de materialistisch-mechanistische denktrant zonder voorbehoud en ten volle toegepast.

Zo werd ziel in de loop van de 19e eeuw taboe als gids of als hulp bij het zoeken naar wezenlijk begrip van levensverschijnselen; de rede of ratio de natuurwetten hanterend na ze ontdekt te hebben, zal alle vragen nu of later beantwoorden. Het geloof aan dit dogma is heden ten dage in het denken van de overgrote meerderheid van de Westerse biologen even vast verankerd als eertijds het Middeleeuwse geloof aan de schepping; ongeloof aan de vermogens van de menselijke rede en de moleculen is heden ten dage ketterij.

Mijn verslag van het verloop van de ontwikkeling der biologie leidt tot de conclusie, dat de ziel als levendragend agens wel gehavend maar niet gedood werd en sinds de 18e eeuw meer en meer geïsoleerd en onder allerlei vermommingen bleef voortbestaan. Het nu volgende hoofdstuk geeft talrijke voorbeelden van de schoorvoetende erkenning dat de dans van de zonnestofjes hoe glashelder causaal ook verklaard toch rechtzinnige natuurwetenschappelijke waarnemers onrustig en zelfs onzeker kan maken.

Ik wees op de bonte verscheidenheid van namen die de ziel ontving (p. 1121), namen die alle op hetzelfde raadsel doelden, terwijl zij stuk voor stuk een ander bereik of een andere inhoud toegewezen kregen, al naar de tijd en de overtuiging van de auteur (Arber (1945) en Ackermann (1965)). De biologen verschilden in hun betoog en conclusies alleen al omdat zij zichzelf noch anderen nauwkeurig konden verduidelijken hoe en waar zielen werkzaam zijn, en waar zij hun zekerheid aan ontleenden als zij zielen meenden aan te treffen. Dit natuurwetenschappelijk onaanvaardbare maar daarom *per se* niet onnatuurlijke dilemma hadden de neo-Platonici van de 3e eeuw begrepen toen zij waarschuwden dat ziel niet anders besproken kan worden dan met zinsneden die onzinnig lijken of zijn als zij met lichaamsfuncties of concrete voorwerpen in verband gebracht worden. Men komt in de verleiding het zwijgen van hun leidsman Pythagoras zo te verstaan.

In de 20e-eeuwse Westerse biologie is ziel een antiquiteit geworden, een curiosum uit een duister, prematerialistisch verleden. De communis opinio van de hedendaagse biologen laat zich formuleren: alle levensprocessen voltrekken zich zielloos.

Onder de 20e-eeuwers van het Westen treffen wij, breed omschreven, drie standpunten aan. Ziel is een voorbije dwaling, een hallucinatie (1). Ziel behoort tot de metafysica en

is daarom voor de biologie geen object voor studie (2). Ziel blijft weliswaar een natuurlijke werkelijkheid, maar buiten bereik voor natuurwetenschappen, en overdenking of onderzoek gericht op deze levensbegeleider mist daarom een voldoende reden (3).

Nochtans bleef ziel van enige invloedrijke stromingen in de biologie tijdens de 18e en 19e eeuw een centrale gedachte en daarom zal ziel, gewoonlijk incognito nog nu en dan aan de orde moeten komen.

XII. Palaeobiologie en Evolutie

1. Herkomst van het leven op aarde

Duizend jaar voor onze jaartelling begonnen mensen rond de oostelijke Middelandse Zee zich te verwonderen over de wereld waarin zij leefden, over de ruimte rondom. De aarde onder hun voeten nam, zo scheen het, een centrale plaats in onder het overkoepelende firmament. Een middelpunt onderstelt een ordening, een ordening een begrenzing. Ordening toonden de talloze sterren bevestigd aan de regelmatig draaiende hemelkoepel.

De dingen hadden goden, of goddelijke wezens die wisten wat zij wilden, geschapen, eens, aan het begin. Sindsdien leidden mensen, dieren en planten min of meer zelfstandig een vergankelijk maar geordend bestaan: een levenscyclus. Alle voorwerpen, de zichtbare en tastbare dingen, bestanddelen van de wereld alle, behoorden bijeen, bewegend en bewegingloos, alle dingen bestaande uit de bijbehorende materie. Het ganse wereldbestel als het ware één door goden gemaakte organisatie, harmonisch functionerend, alles te zamen, zoals een levend lichaam.

De homogene wereldvisie veranderde geleidelijk door de biofilosofische overdenkingen tijdens de zes eeuwen voor het begin van de jaartelling in een meer heterogene. Sommige dingen bewegen niet, andere steeds, terwijl tussen wèl en niet bewegend geen duidelijke scheidslijn te vinden is. Bewegende dingen leven, dode bewegen niet. Het verschil verscherpte zich tot een breuklijn leven/dood. Uiterlijk verschilt een zojuist gestorven niet van een levend dier; het dode dier beweegt echter niet meer. Een onzichtbare kracht deed het bewegen. Een ziel of een geest. De breuklijn leven/dood betreft nu geest/stof, met andere woorden ziel/materie. Leeft een roerloze plant? Niet helemaal.

Tegenwoordig wordt het begin van dit dualisme (zeker door de meerderheid van de biologen wat de biologie aangaat) aan Aristoteles toegeschreven, omdat men uit het oog verliest dat Pythagoras, Platoon, Anaxagoras en anderen al lang tevoren een dualistisch bestaan van de wereld en de levende natuur ontwierpen.

Misschien een nog ouder bericht over het biologische dualisme staat in Genesis, waar dood slijk der aarde door de voltooiing der schepping tot leven komt; een hoeveelheid dode materie wordt levende natuur door een daad Gods.

De antieke schepping was homogeen, een eenheid, de bijbelse schepping dualistisch, heterogeen, een veelvoud.

Het Aristotelische dualisme past niet zonder voorbehoud op inerte, dode stof, want bij Aristoteles beantwoordt een immanent vermogen van materie, als tijd en plaats aanleiding geven, de aandrang van de vormende ziel zodat schijnbaar dode materie een levendragende substantie wordt (*hyle*), kortom 'meeleeft'. Het Hebreeuwse en christelijke dualisme dood/leven is volstrekt, het Griekse genuanceerd en tijdelijk. Na Aristoteles is het biologische dualisme een periode van materie te zamen met tot leven gewekte en met leven

verbonden potenties die steeds in materie aanwezig zijn. Buitenaards zet het leven volgens christelijke opvatting zich van materie bevrijd voort; het dualisme wordt hier een scheiding, een hiaat. Het klassieke Griekse dualisme handhaaft een verbondenheid: Platoon en Aristoteles wijzen de sterren aan als goddelijk bezielde wezens (*zooa theia*), en tussen ziel en materie bestaan blijvende relaties.

De biologie van het Westen onder bijbels beheer gehoorzaamde als dogma het dualisme geest/stof naar bijbels model. De mens verkreeg leven door de inblazing Gods en is het enige schepsel dat die inblazing ontving; voor dieren en planten wordt deze althans niet vermeld. Vast staat toch dat zij hoe dan ook als levende wezens geschapen werden door een boven en buiten de materie handelende Geest, naar Genesis biologen laat weten.

Of het dierlijk dualisme dezelfde kwaliteit heeft als dat van de mens laat de bijbel in het ongewisse. Eeuwenlang durende en diep ingrijpende gevolgen van deze onzekerheid voor de biologie bespreek ik in hoofdstuk XI. Pas in de 20e eeuw negeert een groot aantal aanhangers van een materialistische biologie het bijbelse dualisme, onder aantekening dat de bijbel nu eenmaal geen biologieboek is en bovendien dat het scheppingsverhaal oudtestamentisch is. Velen keren terug naar een gemoderniseerd model van de Aristotelische biofilosofie. Zij menen dat leven en dood, geest en stof, moleculaire aangelegenheden en potenties zijn en met voldoende kennis van moleculaire eigenschappen verklaard en begrepen kunnen worden. Anderen, gewoonlijk Darwinisten, gaan nog wat verder en sluiten zich bij de vroeg-Griekse begrippen aan: tussen leven en dood is geen scheiding, geen kwaliteitsverschil, maar leven en dood zijn verbonden door een zeer geleidelijke overgang van een stap voor stap toenemende, meer complexe moleculaire ordening. In biologische zin zijn, zo menen de Darwinisten, van leven en dood geen nauwkeurige begrenzingen vast te stellen.

Zoals de vóór-christelijke Grieken beschouwen de 20e-eeuwse Darwinisten, en zij niet alleen, het verschijnen van levende organismen uit dode stof – zonder tussenkomst van buitennatuurlijke krachten – dan ook als een gebruikelijk en vanzelfsprekend natuurverschijnsel, voortvloeiend uit natuurwetten. Hier volgen enige gegevens over de ontwikkeling van gedachten over de herkomst van leven in de loop der historie.

Als warm en vochtig elkaar ontmoeten ontstaat leven; het was sinds Anaximandros bekend (p. 15). Door zon beschenen slijk vormt levende wezens en soms is zonneschijn niet eens nodig en bevochtiging van de bodem al voldoende. Verschillende bodems brengen daarom verschillende dieren voort (Aristoteles, p. 60). Overigens kunnen insekten, zei de Filosoof, ontstaan uit dauw, slib aanspoelsel, uit hout, afval, vlees en allerlei uitscheidingen. Kortom, uit dode stof, anorganische of organische materie, ontstaan levende wezens zonder de tussenkomst van ouderlijke organismen. Voor het begin van onze jaartelling was die *generatio spontanea* naar ieders mening even natuurlijk als het vallen van een vrucht uit een boom. De bijbelse informatie bracht geen grondige wijziging in de klassieke zienswijze teweeg. Augustinus dacht dat zowel uit vochtige als droge rotting diertjes voortkwamen. Het theologische vraagstuk, of dit strookte met een volkomen schepping en of Augustinus en de zijnen het nederige krioelen (op grond van bijbelteksten) terecht aan de zesdaagse schepping onttrokken, dan wel of zij panspermie als het afdoende antwoord op die vraag beschouwden, of misschien zelfs beide mogelijkheden als werkelijkheden zagen en dit theologisch goed onderbouwd hadden, behoef ik niet te beantwoorden.

De volgende paragrafen (XII.2,3,4) geven enige hoofdzaken uit de ontwikkelingsgeschiedenis van het *generatio spontanea*-concept. Eerst nog een notitie over een andere verklaring van de verschijning van leven op aarde.

Zou levende materie van buiten de aardse biosfeer uit het heelal naar de aarde gekomen kunnen zijn? Gedachten aan die mogelijkheid kunnen in vóór-Sokratische, Platonische en romantisch-biologische theorieën worden aangewezen en in de 19e eeuw werd meer dan eens terloops dit vermoeden geuit (O. Hahn, D. Weinland).

Svante August Arrhenius (1859–1927), wereldvermaard fysisch-chemicus, hoogleraar in Stockholm, hield zich nu en dan met medische (serologische) kwesties bezig en ook met de herkomst van leven op aarde. In 1903 (Lehrbuch der Kosmischen Physik) maakte hij de druk van lichtstralen op materiedeeltjes bekend. Twee jaar later verdedigde hij de theorie dat de druk van zonlichtstralen sporen en levende zaden uit interstellaire ruimten voortdrijft. Het leven op Aarde is een kolonie van leven uit de Ruimte (1908). Kort voor zijn dood (1927) publiceerde Arrhenius een laatste artikel. Hij wees erop dat de temperatuur van het oppervlak van Venus ca. 50°C is. Zonlichtstralingsdruk dreef thermofiele bacterieën naar de Aarde en die vestigden zich daar in vulkanische milieus tussen 40 – 80°C (Zeitschr. Phys. Chemie 130: 516 – 519). Als in Arrhenius' dagen de levendodende kosmische straling bekend geweest zou zijn, had hij waarschijnlijk zijn vermoeden laten varen. Het bezwaar van kosmische straling ontweek Robinson. R. Robinson (1966) verdedigde de theorie dat, toen de planeet Aarde samenpakte, koud ruimtestof rondom levenskiemen ('elementen van microbiologische aard') in zich of met zich mee droeg. Deze kiemen troffen a-biogene koolwaterstoffen aan en benutten die voor hun groei en verdere ontwikkeling. Hoewel Robinson verzekerde dat zijn theorie van de eeuwenoude panspermie-theorie duidelijk verschilde, slaagde hij toch niet in het voor iedereen duidelijk maken van dat verschil.

Een merkwaardig voorbeeld hoe bij het biochemisch onderzoek naar de oorsprong van leven, dat zich baseert op materialisme en mechanistische causaliteit, de Schepper zich incognito kan aandienen, zelfs in beschouwingen van erkend vooraanstaande neo-Darwinisten verschaften F.H.C. Crick en L.E. Orgel. Zij opperden de gedachte dat Intelligent Beings (intelligente wezens) huizen in een zonnestelsel dat ver van het onze verwijderd is. Die hoog ontwikkelde intelligentie bereikten zij doordat zij enige miljarden jaren meer evolutie achter zich hebben dan het leven op aarde. Tijdens hun onzwervingen door de Ruimte troffen de Intelligent Beings de Aarde in steriele staat aan. Zij hadden micro-organismen meegebracht en zaaiden de kiemen op onze planeet (directed panspermia, planmatige panspermie).

Deze agrarische hypothese werd gevormd omdat molybdeen op Aarde – in tegenstelling tot de andere planeten – een zeldzaam element is en molybdeen nu juist onmisbaar is voor de synthese en werkzaamheid van vele enzymen. Crick en Orgel achtten die enzymen onmisbaar als voorlopers van levende materie, organismen, en zij zouden door chemische evolutie tot stand gekomen zijn. Deze briljante onderzoekers – ontdekkers van het DNA in 1930 – veronderstellen dat zaailingen uit het heelal de onmisbare molybdeenatomen meebrachten, zodat op de Aarde daarna chemisch mogelijk werd wat zij geloven dat plaatsvond. Ik waag het niet op te merken dat ook het schamele molybdeenbezit van de Aarde de evolutie in gang gezet zou kunnen hebben en dat de schenking van complete micro-organismen de biochemici vrijwaart van de vragen waarom en hoe organische verbindingen zichzelf tot organismen organiseerden.

Als laatste voorbeeld van een beroep op buitenaardse bronnen ter verklaring van de aanwezigheid van leven op Aarde noem ik het werk van F. Hoyle en de zijnen (1979, 1981).

Organische molecuulcomplexen zijn buiten ons zonnestelsel in gas- en stofwolken aanwezig. Enige honderden miljoenen jaren geleden ontstonden Uranus en Neptunus uit der-

gelijk materiaal, verzekert Hoyle. Voorts wijst hij erop dat kometen het zonnestelsel omzwermen en dat zij de elementen H, C, N, en O te zamen vervoeren, in hoeveelheden die onderling nauwkeurig overeenstemmen met de verhoudingen waarin die elementen in levende wezens aanwezig zijn. Hij berekent dat van de genoemde elementen tienmaal zoveel in kometen rondom het zonnestelsel voorkomen als thans op de Aarde en merkt op dat de heelalbiochemie dezelfde is als de aardse.

Toen de Aarde jong was heeft zuurstof elk begin van leven verhinderd. Diep binnen de de kometen was en is het milieu geheel verschillend van het archaïsche. In het hart van de kometen zijn stoffen als HCN en H_2S in oplossing en daar bevinden zich bacteriën en virussen. Ultraviolette straling dringt niet zover door. Als een komeet in onze atmosfeer uit elkaar barst is die straling op de inhoud maar heel kort van duur en, al kan hij wijzigingen in de moleculaire komeetkiemenstructuur veroorzaken, beschadigingen worden hersteld.

> 'Schade door ultraviolet aan bacteriën en virussen wordt door doelmatige reacties hersteld. Dat moet zo zijn omdat zonder die herstelreacties zij de reis van de komeet naar de aarde niet zouden hebben doorstaan.'

De evolutie van de dood naar levend en daarna van levende wezens is het gevolg van de aankomst van biogeen materiaal uit de Ruimte. Soms voegt een hele ruimtebacterie zich bij een aards chromosoom: een Empedokleïsch visioen. Virussen uit de Ruimte hechten zich aan genetisch materiaal op Aarde, zowel van planten als van dieren. Het genetisch potentieel op Aarde neemt door die import steeds toe, soms heel snel, zoals tijdens de zoogdierevolutie.

2. *Generatio spontanea tot onze jaartelling*

Tot de 17e eeuw bleef *generatio spontanea* een algemeen aanvaarde biologische theorie en honderden auteurs schreven over gebruikelijke en bijzondere gevallen. In de 16e eeuw twijfelde niemand die zich met biologie bezighield of uit modder kwamen alen, muizen, ratten voort, uit slikken en zeezand schelpdieren, uit zweet luizen en vlooien, uit rottend vlees vliegen en andere insekten, uit plantegallen wespjes.

Een cultuurhistorische studie van de relaties tussen de Griekse metamorfosen mythologie en *generatio spontanea* zou merkwaardige bindingen tussen oude denkmodellen en biologie aan het licht brengen. In voorafgaande hoofdstukken heb ik *generatio spontanea* – onbevredigende Nederlandse woorden voor die term zijn 'zelfvorming' en 'zelfwording' – dikwijls en in allerlei verband vermeld. Ter aanvulling volgen hier nog enige gegevens.

Xenofanes die zoals Thales en Anaximandros vocht en slijk samen als levenvormers aanwees, dacht aan een vereniging van elementen die, in eeuwige cirkelgang, elkaar weer op gezette tijden verlieten. Versteende vissen en schelpen die Xenofanes in rotsen ingebed zag zijn dierresten die uiteenvallen: de elementen keren terug in hun oorspronkelijke staat. Parmenides sloot zich hierbij aan. De kringloop geldt voor planten, dieren en mensen.

Deze biofilosofen waren aanhangers van de theorie dat materie zelf in staat is levende organismen te vormen (en dat materie dus levenvormend vermogen bezit). Anaxagoras, grondlegger van de *panspermie*-theorie (VIII.3,5) veronderstelt een buitenmateriële kracht, een *Noes*, die aetherische kiemen uit materie maakt, levende kiemen doordrenkt met de vuurlucht van nabij de sterren.

Deze twee scholen van overdenking omtrent het ontstaan van leven – materie op eigen

kracht of materie door buitenmateriële krachten levend – handhaafden zich nog tot in onze dagen.

Empedokles onderscheidde 'levenontstaan uit gelijken', dat is het samengaan van levendragende materiehoeveelheden en het komt voor bij hogere dierlijke organismen. Tevens is er 'levenontstaan uit ongelijken', een samengaan van zonnewarmte, aarde en regenwater. Deze laatste weg volgen de 'kinderen der aarde', de eenvoudigste lagere planten. Zij gaan vooraf aan meer gedifferentieerde planten en op deze volgen de diergroepen (Empedokles' eerste aanloop naar een evolutiemodel komt hierna nog ter sprake). Hij bepleitte een pluralisme in tegenstelling tot de leer van Demokritos. Die was monist en verklaarde dat vanzelf bewegende atomen (levenloze vochtatomen) die toevallig tegen levende vuuratomen aanstootten, dat leven overnamen en de atomen samen levende wezens werden.

Diogenes van Apollonia is, halverwege de 5e eeuw v. Chr., misschien wel de eerste geweest die rotting als levensbron opvatte: rotting voegt aarde en water samen en levende wezens komen tot stand.

Epikoeros gaf blijk van verwondering: een nieuwe schrede voorwaarts in biologisch denken. Hij merkte op dat een levend kuiken uit een levenloos ei door de uitwerking van warmte te voorschijn komt, zodat het niemand hoeft te verbazen dat vochtige warmte, regen en zonneschijn, uit hout, mest of aarde wormen opwekt en nog andere dieren. Lucretius vertolkte zijn gedachten (*De Rerum Natura* II, vs. 867–878, vs. 927–930).

> 'De verschijnselen die zich aan ons voordoen weerspreken onze slotsom niet, en zijn er niet strijdig mee (dat al het zichtbare uit onzichtbare beginseltjes is samengesteld). Zij leiden ons veeleer eigener beweging en overtuigen ons, zoals ik zeg, dat uit het levenloze het levende geboren wordt (*ex insensilibus animalia gigni*).' (vs. 870).
>
> 'Iedereen kan zien hoe levende wormen verrijzen uit weerzinwekkende mest als de aarde doorweekt is en door stortbuien rot. Bovendien zien we hoe alle dingen op dezelfde manier omgezet worden. De bebladerde waterlopen en de weelderige graslanden worden in vee veranderd, runderen wijzigen de geaardheid van hun lichaam en worden òns lichaam, en dikwijls vergroot ons lichaam de krachten van roofdieren of de lichamen van machtige vogels.'

Nadat Lucretius beschreven heeft hoe uit het dode (*insensilis*) het levende (*sensilis*) door levenwekkende atomen van het goede formaat en de goede vorm, die zich met de juiste snelheid bewegen en zich in de juiste houding op de vereiste plaatsen opstellen, ontstaat – dit is geen 20e-eeuwse moleculair-biologische theorie! – levert hij bewijs voor zijn uiteenzetting. Allereerst: hout en aarde zijn dode atomen.

> *De Rer. Natura* II, vs. 898–902: 'Niettemin baren deze materialen als ze door regen min of meer verrot zijn kleine wormen, doordat de materiedeeltjes (*corpora materiai*) uit hun oude rangschikking verzet worden door een nieuwe factor (*nova re*) en zo verknoopt geraken dat bezielde dingen moeten ontstaan (*debent animalia gignì*).'

In boek V schetst Lucretius hoe de levende natuur zich op de aarde in volgorde ontwikkelde. En voorts:

> *De Rer. Nat.* V, vs. 793–798: 'De dieren kunnen niet uit de hemel gevallen zijn en die op het land leven verlieten de zoute wateren niet. Per slot zien we in dat aarde (*terra*) als passende naam 'moederlijk' mag heten, want uit aarde wordt alles geboren (*e terra quoniam sunt cuncta creata*). En heden ten dage ontstaan veel dieren uit aarde, gevormd door regenbuien en door de warme damp van de zon.'

Ofschoon Lucretius geacht wordt vooral Epikoeros' leer te formuleren: dit laatste is puur Aristoteles. Aan diens werk ontleen ik enige onvolledige gegevens die toch zijn gedachten over *generatio spontanea* kunnen verduidelijken.

Hij onderscheidde drie ontstaanwijzen van levende wezens: *generatio spontanea*, uit één ouder, uit twee ouders. Hier een aantekening over *generatio spontanea*. Misschien zijn de passages die hierop betrekking hebben meer bijgekleurd en verknoeid, vanwege hun filosofische en religieuse implicaties dan zijn teksten in het algemeen (p. 47).

Allereerst besloot Aristoteles tot een concept, dat Buffon en daarna de moleculaire biologie van de laat 20e eeuw hervonden hebben: tussen levende en dode structuren is geen scherp gesneden grens. Een geleidelijk en gestaag toenemende, ononderbroken groeiende mate van perfectie van natuurlijke voorwerpen, een hogere organisatie van dode naar levende materie, een toenemende organisatie van het eenvoudigste levende wezen tot het hoogst georganiseerde, de mens, is een natuurwet.

> *Hist. Anim.* VIII, i 588 b: 'De natuur verandert geleidelijk van zielloze voorwerpen in bezielde door de continuïteit, zodat de grenslijn die beide scheidt, ongrijpbaar is. Het is dan ook niet doenlijk te bepalen tot welke van de twee groepen een tussenvorm behoort.'

Niettemin komen sommige planten uit zaden van ouderplanten voort (*genesis apo spermatos*), maar andere verschijnen spontaan (*genesis automatos*) tengevolge van een principe van dezelfde kracht als van een zaad (een zaadkracht). Dit bedoelt te zeggen dat materie zichzelf in een toestand brengt die identiek is met een staat van bevruchting ontstaan door toedoen van het ♂ principe.

Nader gaat Aristoteles in op *generatio spontanea* in *De Generatione Animalium* (boek III). Ik beschik niet over de taalkundige kennis, noch over andere informatie die mij kunnen helpen de passage van smetten te zuiveren, maar ik wil mijn twijfel aangaande de overgeleverde tekst toch te kennen geven. Hoe dan ook, Aristoteles legt in *Gen. Anim.* III, xi 8 uit dat weekdieren, insekten en planten zich zowel door *generatio spontanea* als door vegetatieve voortplanting (zijscheuten, uitlopers, afleggers) kunnen vermeerderen of (sommige dieren) door eiklompen ('honingraten'). Als die levende wezens op het droge of in het water ontstaan gaat dit met rotting samen, terwijl in het mengsel regenwater aanwezig is. Rotting bewijst dat *generatio spontanea* plaatsheeft, want rottende stoffen zijn een overschot. Het zijn overtolligheden uit de slijmstof die de vormende drift tot een organisme vormt. Let wel, zegt Aristoteles, door rotting ontstaat niets dat levend is. Leven komt voort door het warm stoven van een mengsel en het vormen van een levend wezen door *generatio spontanea* vergt nooit alle aanwezige materie, evenmin als in het geval dat voorwerpen ambachtelijk (*technè*) gemaakt worden. Het overtollige materiaal wordt door technisch ingrijpen in het ene geval verwijderd en in het andere geval door de natuur (*fysis*). Met hulp van A.L. Peck maakte ik de volgende vertaling:

> *Gen. Anim.* III, xi 762 a, 19–36: 'Uit aarde en water te zamen worden dieren en planten geboren (*gignetai*) want in de aarde bevindt zich water, en in water verblijft *pneuma* en in ieder *pneuma* is zielwarmte aanwezig. Zodoende zijn bij wijze van spreken alle dingen met ziel vervuld. Daarom vormen zij zich snel wanneer de materie ziel omsluit. De *pneuma*-ziel wordt omsloten wanneer de vloeistof die lichaamsmaterie bevat, verwarmd wordt en zo ontstaat als het ware een schuimblaas (*hoion afroodès pomfolyx*) [vgl. Afrodite oprijzend uit zeeschuim]. Het ding dat op deze manier vorm krijgt kan van verschillende aard zijn (*genos*) en de verschillen zijn afhankelijk van de materiemantel die het ziel-*pneuma* (de ziel aanleg, *arche*

psychikès) omsloten houdt. De causa's (*aitioi*) die dit bepalen zijn de plaatsen (*topoi*) waar *generatio spontanea* zich afspeelt en de materie vlakbij die tot lichaam verwerkt wordt. In de zee is overvloedig aarde-substantie (*geoodes*) aanwezig en om die reden worden de schelpdieren (*ostrakodermoi*) gevormd en gebouwd als een aardachtig samenstel. De aardachtige substantie verhardt rondom en verstijft tot een grondstof die de aard van horens en botten bezit [want vuur kan ze niet doen smelten] terwijl binnen de ommanteling het lichaam dat leven draagt, is.

De enige groep (*genos*) van zulke dieren waarbij copulatie waargenomen werd, zijn de slakken. Of zij echter geboren worden als gevolg van die copulatie is tot nog toe niet voldoende geconstateerd.'

Boek V van *Historia Animalium* somt dozijnen dieren op die in allerlei milieus ontstaan, meestal insekten, maar ook schelp- en schaaldieren, amfibieën (kikkers, salamanders), vissen, reptielen (slangen) en zoogdieren (muizen). Vogels worden niet genoemd als resultaten van *generatio spontanea*, maar uitvoerig krijgen 'windeieren' aandacht die zich kunnen ontwikkelen zonder dat bevruchting voorafgaat.

3. *Passen en meten, pro en contra 'zelfwording'*

Als de mens oorspronkelijk uit aarde geboren (*gègeneis*) zou zijn (zoals Platoon, Herodotos en Empedokles dachten), zou men kunnen geloven, zegt Aristoteles (*Gen. Anim.* III, xi 762, 25–35) dat hij zijn vorm op één van twee manieren verkregen kan hebben, hetzij als een larve (worm, *skolèx*), want de ingewanden van de aarde hebben de natuur van wormen (*fysis skolèkos*), hetzij uit een ei voortgekomen. Terwijl enige twijfel over de echtheid van deze laatste passage – waarin Aristoteles te kennen geeft geen van beide ontstaanswijzen te willen aanvaarden – mogelijk is, verdient aandacht dat de 'ingewanden van de aarde die de natuur van wormen hebben' wijst op de diergroep die langer dan alle andere als bewijs voor *generatio spontanea* gold (ingewandswormen).

Toen de wormen als bewijs te kort schoten (18e eeuw) beperkte *generatio spontanea* zich tot levende wezens die slechts door sterke vergroting zichtbaar worden, en ten slotte tot bijzondere moleculaire arrangementen (XII.11). In het algemeen worden de dieren die door *generatio spontanea* ontstaan in de loop van de Middeleeuwen kleiner; een reductie van het formaat die zich in de 17e eeuw versnelde totdat in de 20e eeuw het ontstaan van leven toevertrouwd werd aan slechts weinige, zij het grote moleculen. Het ging vergezeld van een reductie van het aantal van de voor *generatio spontanea* geschikte materialen, zij het dat dit aspect een cirkelbaan volgt. Thales stelde zich met 'vochtig' tevreden, Aristoteles met vier elementen (voorzien van begeleidende eigenschappen), maar de biologie van de Middeleeuwen beriep zich op dozijnen, vaak miraculeuze grondstoffen, terwijl de 19e eeuw *generatio spontanea* een omstreden theorie maakte. De 20e-eeuwers die materialisme en Darwinisme volstrekt willen volgen, schrijven aan weinig elementen, toevallig samengekomen en gehoorzamend aan de natuurwetten, het vermogen levende materie te worden, toe.

Voor elk ontstaan van leven, uit gelijken of ongelijken, is warmte vereist, dat wisten de biofilosofen van de Oudheid; 20e-eeuwers zeggen 'energie'. Toentertijd verschaften gelijken dierlijke warmte, terwijl voor *generatio spontanea* psychische warmte (zielwarmte, *thermotès psychikè*) benodigd was. Schuimvormend water (regendruppels) bevat die warmte (als *pneuma* in de met lucht gevulde blaasjes) en zonnewarmte draagt ook krach-

tig bij (want die warmte fungeert als het ♂ element).

Theofrastos stemde in met de gedachte dat wat planten betrof naast de normale voortplanting ook *generatio spontanea* mogelijk was. Plantelichamen kunnen ook het milieu zijn dat het ontstaan van rupsen, wormen en galwespen veroorzaakt. Vochtige aarde, verzekerde Theofrastos, vormt mollen.

De Stoa (sedert de 3e eeuw v. Chr.) verdedigde het standpunt dat materie eeuwig en onvergankelijk is en het heelal een gestructureerd bezield organisme, zo dat alles een levenskiem in zich draagt. Materie bezit krachten en begrip van doelmatigheid, en *pneuma* is de drager van kiemkrachten (*logoi spermatikoi*). *Pneuma* is bron en verwekker van al wat levend wezen werd.

Aan de gegevens en standpunten van Aristoteles en de Stoa omtrent *generatio spontanea* voegen de auteurs van de volgende twaalf eeuwen niets wezenlijks toe. Men herhaalt in koor, meer niet.

Een opmerkelijke aantekening stamt van Diodorus Siculus (overleden ca. 30 v. Chr.). Het betreft de muizenhorden die na de jaarlijkse overstroming van de Nijl uit het Nijlslib ontstaan. De voorste helft is muis, de achterhelft wel muisvormig, maar nog aarde.

Vanzelfsprekend heeft Plinius (1e eeuw) zeer veel over *generatio spontanea*-gevallen mee te delen, o.a. over bijen die uit stierekadavers ontstaan (waar Vergilius en Ovidius ook van wisten). Bij Aristoteles kon de wind kippen bevruchten, bij Plinius zelfs merries (*Hist. Nat.* XVI, 39).

De nagelaten aantekeningen van Apollonius van Tyana (ca. 15 - ca. 100) die Philostratus bewerkte en publiceerde, bewijzen dat Apollonius een toegewijde en fijnzinnige Pythagoreeër was (p. 114) en een goede waarnemer. Hij had grote invloed en werd beschouwd als een wonderdoener, een evenknie van Christus. Nadat Apollonius de strijdvraag, of olifantstanden horens of tanden zijn, goed had beantwoord (tanden, onder meer omdat een centraal tandkanaal aanwezig is, kenmerk voor alle tanden en afwezig bij horens) besprak hij met zijn reisgenoot (naar India) Damis de liefde die dieren tonen voor hun jongen. Eén van de voorbeelden volgt.

> *Philostr. Tyan. Apoll.* II, xiv: 'Men heeft gezien hoe een adder (*echidna*) met uitgestoken tong de slangen die uit haar geboren waren likte en liefkoosde (*therapeuousa*). Laat ons echter, o Damis, het malle verhaal niet accepteren dat de jongen van de adders zonder moeder voortgebracht worden, want zoiets is strijdig met het beloop van de natuur (*fysis*) en met de ervaring.'

Het slot van de passage kan gelezen worden als een ontkenning van *generatio spontanea*. Het laat zich verdedigen dat vroeg in de 3e eeuw Philostratus - Apollonius' biograaf - voor het eerst in de geschiedenis protesteerde, een protest dat misschien al een eeuw eerder bij monde van Apollonius geklonken kan hebben. Evenwel, de waarschuwing ten voordele van Damis kan ook op een volksgeloof doelen. De levendbarende adders zouden ♂ zijn en vrouwtjes-adders overbodig.

Ik merk op dat tot de Renaissance - en zelfs nog daarna - algemeen geloofd werd dat slangen spontaan uit het ruggemerg van ontbindende lijken ontstaan, hetgeen een associatie oproept. Ruggemerg was sinds Platoon de zetel van de ziel en dus de bron van voortplantingsmaterie (p. 39) en de rol van de slang in de Hof van Eden is in ieders gedachten. Bij de bespreking van schilderijen in cultuurhistorisch perspectief met afbeeldingen van lijken en slangen werd het verband tussen *generatio spontanea*, Platoon en de zondeval in analyserende beschouwingen niet steeds onderkend.

De Middeleeuwers onderscheidden conform het christelijke dualisme twee mogelijkhe-

den voor het begin van een organisme: *generatio univoca* ('eenduidig' ontstaan, d.w.z. uit levende ouders) en *generatio (a)equivoca* (onzeker ontstaan, uit grondstof die niet leeft). Het is het aloude onderscheid, maar nu in christelijke zin, tussen ontstaan uit gelijken of ongelijken (Empedokles, Aristoteles). De meningen over *generatio spontanea* en de bijbehorende terminologie zijn verweven met diep gewortelde levensbeschouwingen, religieuse en wijsgerige, en de biologie adopteerde die zonder bezwaar. Deze achtergronden laat ik onbesproken evenals de relaties tussen *generatio spontanea*, preformatie en *panspermie*. *Generatio equivoca* nogmaals werd verdeeld in heterogenese (leven uit niet-levend organisch materiaal) en abiogenese (uit anorganisch materiaal).

Vele verhalen over de *generatio spontanea* van bijen deden in de Oudheid de ronde. Zij zouden uit bloemen ontstaan of uit rottende stoffen. Misschien waren bijen een populair voorbeeld vanwege hun nut en omdat zij (in het Midden-Oosten) niet zelden in kameelskeletten of schedels nestelen. Vergilius spreekt ervan (Georgika). Simson, op weg naar Timna, vond in een dode leeuw een bijenzwerm en honing (Richteren 14, vs. 8). Larven van een zweefvlieg die op de honingbij lijkt (*Eristalis tenax*, de Blinde Bij) leven in rottend vlees.

4. Augustinus en generatio spontanea

De christelijke leer wees echter *generatio spontanea* van de hand. Augustinus kon het probleem oplossen. Hij besloot dat God al het anorganische en het organische tegelijk schiep, met dien verstande dat de wereld vervuld werd van *logoi spermatikoi* (*occulta semina, rationes seminales*). De 'zaden' zijn oneindig talrijke kiemen van sluimerend, potentieel leven. Daarom kunnen uit water en uit lucht kikkers en vogels verschijnen en uit de aarde planten en dieren. De wijze waarop hangt af van Gods wil. Hij kan rechtstreeks of indirect tot leven wekken. Augustinus geeft als voorbeeld de bruiloft van Kana, toen God water zo maar in wijn veranderde. Een indirecte verandering is ook mogelijk: de wijnstok en druivesap maken van aarde en water wijn. Het verschijnen van levende wezens kan het activeren zijn van levende kiemen (en dan spreken biologen van *generatio equivoca*). Gewoonlijk echter volgt de voortplanting de gebruikelijke weg die we allen kennen, verzekert Augustinus.

In *De Civitate Dei* laat Augustinus zien hoe deze opvattingen tot verblijdende conclusies voeren. Wel zouden na de zondvloed alle levende wezens door kiemactivering herrezen kunnen zijn, maar dit zou de Ark overbodig hebben gemaakt. Waarom God uit de aarde voortgekomen muizenplagen oproept is een onpeilbaar geheim, maar zeker niet in tegenspraak met Zijn Voorzienigheid; slechts gelovigen kunnen het geheel begrijpen (*De Genesi*). God kan zelfs de mens op de genoemde twee manieren doen ontstaan, maar de univoke voortplanting zoals we die gewend zijn is zeker de allergebruikelijkste.

De stagnerende biologie van de 3e tot de 16e eeuw veronachtzaamde de spirituele aspecten van Aristoteles' leer van de *generatio spontanea* en Augustinus' bijbelse voorbehoud ten aanzien van die theorie. Talloze auteurs herhalen, al naarmate hun boek dikker is met meer versieringen, gegevens uit de Oudheid. De Middeleeuwse mirakelverhalen worden er doorheen geklutst en vrijwel iedereen is tevreden met het verschijnen van levende wezens uit vochtige, organische, meestal rottende materie die op geheimzinnige wijze levend werd. Onnodig hier langer bij stil te staan, want aan een ontwikkeling van de biologie droegen die gekleurde herhalingen niet bij. Over één gedachte een notitie.

5. *De Middeleeuwen: de alchemie genereert spontaan*

Levende wezens voortkomend uit afval en rottende resten werden in de loop van de tijd voor Middeleeuwers gaandeweg een 'wonder'. Augustinus' beroep op Gods interventie was vergeten en men zocht naar een min of meer natuurwetenschappelijke verklaring van zulke voorvallen. God doet leven en groeien. Dat kost tijd. Dan is *generatio spontanea* een sterke versnelling van de normale gang van zaken. Omstreeks 1230 laat Bartholomeus Anglicus (p. 179) engelen, duivels en demonen met behulp van occulte krachten, die zij kennen en waar mensen niet van weten, uit dode, ontbindende materie levende organismen vormen; het is een versnelling van het natuurlijk beloop, een *acceleratio*.

De karakteristieke vergroving van de klassieke *generatio spontanea* en de Augustijnse preëxistentie kwam, even daarvoor, al duidelijk in het werk van Hildegard van Bingen tot uiting (ca. 1150). Zij liet (een van vele voorbeelden) na de zondvloed uit kadavers van verdronken dieren nieuwe ontstaan. Zo men wil is dit de eerste aanloop naar Cuviers katastrofenleer.

Van Albertus Magnus vernamen natuurhistorisch geïnteresseerde gelovigen in de tweede helft van de 13e eeuw, dat dieren in vuilnis ontstaan door de levenwekkende kracht (*vis vivificatio*) van de sterren (*De Mineralibus*). In zijn dierkunde (*De Animalibus*; III.19) staat de gebruikelijke catalogus van door *generatio spontanea* tot leven komende dieren, waarbij het aardig is te lezen dat van alen, net zoals van Egyptische muizen, eerst uit modder de kop en voorzijde ontstaan en daarna pas het achterlichaam. Als men bedenkt dat Avicenna van een kalf wist dat half voltooid uit de hemel viel, dan schijnt een curieuze ontwikkeling van het *generatio spontanea* concept hier achter te steken; ik weet niet welke.

De sterrekracht (*virtus stellarum*), verklaarde Albert, maakt van water bevers. Zijn tijdgenoot Thomas (p. 159), die de kerkleer nog vaardiger uitwerkte dan Albert, kon vermelden dat de wormen die de verdoemden in de hel belagen en steken, ontstonden uit het vuil hunner zonden en dit verschafte *generatio spontanea* toegang tot de moraaltheologie.

Voor mystici en alchemisten was *generatio spontanea* een vertrouwd verschijnsel. Het verschijnen van wormen en maden in kaas is, zei Paracelsus (IV.30), het 'mysterium' van die diertjes. Alle mysteriums zijn afkomstig van het *Mysterium Magnum*, de Almoeder van de elementen en de dingen, die bovendien de grootmoeder van alle sterren, bomen en levende wezens is.

Een alomtegenwoordige natuurkracht die de wil Gods ten uitvoer legt is de Archaeus (of Illiaster, of Vulcanus). Hij maakt alle natuurverschijnselen. Direct of indirect (door de sterrestraling) schept Archaeus alle levende wezens. (Uitzonderingen zijn sommige planten die al in het paradijs groeiden: rogge, tarwe en lelies.) Over de veelvormige ontstaanswijzen van dieren (waarvan Paracelsus uitvoerig verslag doet) kies ik slechts iets over kikkers. Deze komen niet alleen tot aanzijn in door maanlicht beschenen gistend water, maar zij vallen ook als kuit (een uitscheiding van de sterren) uit de bovenlucht omlaag en op aarde aangekomen ontwikkelen zij zich tot volkomen kikkers (zoals de muizen, alen, en het kalf hierboven vermeld).

Onjuist zou het zijn in Paracelsus' werk voorboden van een transformatie-theorie te zien, ook al verhaalt hij hoe uit lucht en water eenden voortkomen die soms in kikkers veranderen, deze weer in alen en die ten slotte nog in muizen. Muizen zag Paracelsus ook uit stro en lucht ontstaan, in Spanje en aan de Oostzee.

De fameuze muizenproef van Van Helmont die Paracelsus' waarneming in herinnering roept, staat vermeld in VI.12. Van Helmont schreef:

'Door die oorzaak [het fermentum dat vormend de materie doordrenkt] zijn niet slechts luizen, wandluizen, vlooien en [regen]wormen die in de bodem leven gasten en buren van onze narigheid, dewijl zij als het ware voortgebracht worden in onze verborgen lichaamshoeken en afscheidingen. Als bovendien vuil linnen in de hals van een fles met tarwe gepropt wordt zullen op dezelfde manier, binnen weinige dagen (bij voorbeeld een en twintig), een gist die aan de vodden onttrokken wordt en de graangeur, de tarwe die nog in de kafjes moet steken, transformeren in muizen. Het is een feit dat nog merkwaardiger wordt omdat insekten die op deze wijze ontstaan zijn in uiterlijk verschillen, al naar de sekse, en toch nakroost verwekken bij degenen die uit het zaad van ouders voortgekomen zijn. Zodoende springt in het oog dat zaad en gist evenmachtig zijn en een gelijk levenwekkend vermogen bezitten. En nog merkwaardiger is het dat muizen die uit graan en vuil linnen ontstaan allerminst klein of gebrekkig zijn, maar volkomen ontwikkeld.'

Van Helmonts betoog doelde kennelijk op Paracelsus. Hoewel Paracelsus alle levenuitingen aan rotting wilde toeschrijven, koos Van Helmont een schijnbaar verwant proces, gisting. Voor Paracelsus bestond geen reden gisting en rotting te onderscheiden. *Homunculi*, mensjes, komen uit een kweek van sperma in een fleskalebas, geplaatst in broeiende paardemest, na veertig dagen tot leven. Paracelsus vermeldde dat ze veel kleiner zijn dan een normale boorling. Daarentegen zijn Van Helmonts muizen in de helft van de tijd volgroeid.

De tarwekorrels in de fles worden muizen. Hij moet opgemerkt hebben dat als de muizen verschenen, de tarwehoeveelheid verminderd was. Gassen waren Van Helmonts passie. Hij bespeurde ze overal. *Fermentum*, gasachtige 'gist' benut de graangeur bij het maken van muizen. Van Helmont weet meer gevallen van genererend gas. Zaden van *Ocimum basilicum* (Koningskruid) staan *gas spirituale* af en met afvalgassen verbindt dit zich tot schorpioenen. Mest vormt allerlei ongedierte door de inwerking van *aura seminalis*. Uit zijn muizenproefcommentaar wordt duidelijk dat Van Helmont de afstand tussen *generatio equivoca* en *generatio univoca* overbrugbaar achtte: insekten planten zich op beide manieren voort (Harvey sloot zich in 1651 bij die mening aan; p. 272, 273).

De invloed van het alchemistische denken op de biologie was tot in de 18e eeuw veel directer en groter dan men in de 20e eeuw geneigd is te vermoeden. Ik laat deze buiten beschouwing, maar noteer dat nog in de 18e eeuw een boek kon verschijnen (*Laboratorium Chymicum*; 1722) door Kunckel van Löwenstjern (1638–1703) geschreven, met het verslag van zijn waarnemingen. Met zijn microscoop zag hij hoe *materia viscosa* (vocht uit rottend hout) door 'universeel sperma' bevrucht werd, waarna wormen, kikkers en vissen ontstonden. Waarschijnlijk zullen vruchten, vogels en mossels ook zo tot ontwikkeling komen, maar over die mogelijkheid mogen we pas beslissen als degelijke waarnemingen daarover verricht zijn, zei Kunckel.

6. *Generatio spontanea volgens Sennert, Gassendi en Descartes*

Drie 17e-eeuwers als voorbeelden van drie denkwijzen over *generatio spontanea*: Sennert, Gassendi en Descartes.

Sennert geloofde aan heterogenese, Gassendi aan abiogenese en aan heterogenese, en Descartes bepaalde zich tot abiogenese.

Alle bezieling komt van God, redeneerde Sennert, en zonder leiding kunnen atomen

niets componeren. God voltooide zijn schepping; alle zielen waren geschapen. Welnu, dan is *generatio spontanea* steeds bij bezielde materie betrokken, zodat univoke generatie en equivoke generatie slechts uit organische stoffen plaatshebben. Dode materie is machteloos. De voor *generatio spontanea* vereiste warmte levert rotting, vervolgde Sennert, en bovendien bewerkt een *principium seminale* dat planten en dieren hun vorm verkrijgen. Hiermee volgde Sennert (1655) Van Helmont (1648), en beiden putten uit Aristoteles (die de 'zaadlucht' voor *generatio univoca* had uitgedacht).

Gassendi wees erop dat God atomen en levenskiemen schiep (en moet zich daarbij Augustinus herinnerd hebben). De *animula* (zieltje) in de levenskiem bouwt en terwijl de kiemziel tijdens de groei de organen vormt, voegt hij ze tegelijkertijd tot het organisme bijeen, 'volijverig en met onovertroffen vaardigheid.'

Wat men *generatio spontanea* noemt is eigenlijk niet verschillend van voortplanting. Dieren ontstaan in het algemeen uit zaad dat in de voortbrenger zichtbaar aanwezig is. Dieren voortgekomen uit verborgen zaad, uit materiaal dat anders is dan dat waaruit zijzelf bestaan, schijnen door andere oorzaken tot leven te komen, maar welbeschouwd is *generatio spontanea* hetzelfde als de gebruikelijke *generatio*.

Sennert, neo-Platonisch bevlogen protestant, legde nadruk op de onstoffelijke deelnemer aan preëxistentie en *panspermie* (VIII.3,5), de ziel, terwijl Gassendi, augustijnse, verlichte katholiek, nadruk legde op de stoffelijke aard van de voorgevormde, van een Aristotelisch zieltje voorziene kiemen. Zij kwamen overigens beiden tot de slotsom die later geformuleerd zou worden als *omne vivum ex vivo* (elk leven uit leven).

God schiep, naar Sennerts mening, dode en levende (bezielde) materie, en Gassendi schreef alle materie het vermogen tot leven toe, want alles is geschapen als deelnemer aan alle gevolgen van de schepping. Onnutte materie is ondenkbaar en zodoende zijn abiogenese en heterogenese beide natuurprocessen.

Sennert (protestant) redeneerde strikt volgens Genesis, Gassendi (katholiek) Aristoteliaans.

Descartes wist met zekerheid dat *generatio spontanea* een werkelijkheid is. Veel planten en dieren zijn weliswaar uitermate ingewikkeld gebouwd, maar niettemin machine's, automaten, meer niet. Het menselijk lichaam is een uitzondering, want het herbergt een goddelijke ziel.

Bewegende atomen veroorzaken alle levensuitingen. *Generatio spontanea* heeft plaats zodra de daartoe vereiste omstandigheden zich voordoen. Deze zijn nog niet alle bekend en het is niet mogelijk ze alle desgewenst bijeen te brengen, maar dagelijks zien we uit bezonde vochtige aarde, of ook uit allerlei rottende stoffen, dieren en planten verschijnen. Die warmte, kan Descartes nog nader meedelen, verbindt grovere materiedeeltjes tot *humor vitalis* en fijne deeltjes tot levensgeest, *spiritus vitalis*. Humor en *spiritus* verenigen zich en daaruit vormt zich, bij hogere dieren, allereerst het hart. Descartes volgde Lucretius.

Terzelfdertijd formuleerde Harvey in Engeland dat 'alles uit een ei' ontstaat, terwijl hij oordeelde dat *generation spontanea* voor sommige diertjes niet ongebruikelijk is. Het mogelijke misverstaan van zijn uitspraak vermeld ik op p. 273. Als *ex ovo omnia* vertaald wordt met 'alle eigenschappen van een volgroeid dier ontstaan uit een weinig gedifferentieerd begin, een ei' bevat zijn betoog geen tegenstrijdigheid.

Van de talrijke verdedigers van *generatio spontanea* noem ik nog Kircher en Becher. Athanasius Kircher (1602–1680), jezuiet en volijverig auteur van uitvoerige studies over biologische onderwerpen, schreef in 1665 *Mundus Subterraneus*, waarin hij Augustinus'

en Aristoteles' stellingen (slordig) toepast. Zijn vele lezers kregen de traditionele dierenriem van organismen weer voorgeschoteld, die uit dode materie verschijnen als de omstandigheden gunstig zijn. Wel bedacht Kircher een bekoorlijke variant op Aristoteles' regel, dat andere grondstof andere dieren oplevert. Kircher liet uit regenwater steekmuggen, uit vijverwater libellen, uit zeewater zeepaardjes en zeesterren, en uit most of wijn insekten (vliegen) ontstaan.

J.J. Becher (1635–1682) deed, meer dan de anderen, een poging om de chemisch-fysische factoren van *generatio spontanea* op te helderen (*Physica Subterranea*; 1669). Hij kon besluiten, na eigen waarnemingen zoals hij zei, dat rotting onder sterrebestraling bij voldoende temperatuur, in aanwezigheid van dauw (in de maand mei), waterdamp, vluchtige zouten en nitreuze aarde tot een synthese van veel diersoorten leidt. Noodzakelijk is echter dat buitenlucht vrij beschikbaar blijft, want die bergt *balsamus vitalis*, levensbalsem, in zich. Experimenteel bevestigde Becher zijn conclusies: uit rottende stoffen in een luchtledig (luchtpomp van Guericke) ontstaan wel wormen, maar dode.

7. Bijbelse bezwaren in de 17e eeuw tegen generatio spontanea

Groeiende twijfel en krachtiger tegenstand tegen *generatio spontanea* komen onder 17e-eeuwse biologen van lieverlede meer naar voren. In Engeland ondervond de theorie meer en meer kritiek, merkwaardig genoeg vooral van de zijde der ovisten, terwijl de grondlegger van het ovisme, Harvey, toch *generatio spontanea* aanvaard had.

De ovisten (p. 273) bespeurden de goddelijke voorzienigheid en wijze toeleg overal in de levende natuur. John Rays Wisdom of God (1691) inspireerde hen. Een hoogtepunt was de verschijning in één jaar (1731) van Rays Three Physico-Theological Discourses en dominee Derhams Physico-Theology (XI.33). Derham betoogde dat de schepping op de 6e dag voltooid was en dat daarna geen *generatio spontanea* meer kon plaatshebben. Tijdens de schepping echter maakte een bovennatuurlijke macht dode stof levend. Natuurwetenschappelijk en theologisch blijkt *generatio spontanea* nadien onmogelijk te zijn, constateerde Derham.

De invloed van de Cambridge neo-Platonisten (XI.31), die de werkzaamheid van de Wereldziel en een vormende natuur constateerden, (*natura plastica*), had Ray echter enigszins ontkracht. Al in 1692 kwam Ray (zoals Harvey om andere redenen vóór hem) tot erkenning van de mogelijkheid van een *generatio spontanea* en ten slotte werd hij een rechtgelovig ovist, overtuigd van preëxistentie en preformatie (1713). In Engeland bleef *generatio spontanea* een schoorvoetend toegelaten, wantrouwig overwogen mogelijkheid tot het einde van de 19e eeuw, ofschoon G. Cheyne in 1715 krachtig bezwaar had gemaakt (Philosophical Principles).

In Nederland zette Jan Swammerdam zich schrap, allereerst op bijbelse gronden, maar ook als bioloog. Door proefnemingen had hij met zekerheid kunnen vaststellen dat sommige insekten uit planten te voorschijn komen en hij deelde mee dat die diertjes daar opgesloten zijn ter wille van hun voedsel. Waarschijnlijk werden zulke planten met dat doel geschapen (Hist. Gén. Insect. 1682: 47, 152). Overigens had hij de dieren-par-excellence, die door *generatio spontanea* heetten te ontstaan, eigenhandig en met eigen ogen beter onderzocht dan alle andere schrijvers die zich op eigen waarneming plachten te beroepen.

> *Biblia Nat.* 1737: 280: 'En nu mogen alle intelligente mensen beoordelen of een schepseltje [de vliegemade], dat zo'n hoge mate van kunstvaardigheid, ordening

en wijsheid, en zo duidelijk de almachtige arm Gods tentoonspreidt, wie weet uit vuilnis of misschien toevallig ontstaan zou kunnen zijn.'

Van Leeuwenhoek verwierp - na zijn mening gewijzigd te hebben - het *generatio spontanea*-concept dat zijn microscopische onthullingen zozeer schenen te ondersteunen.

Jungius (1678) wilde in *Isagoge* (p. 320-322) zeker mossen en schimmels door *generatio spontanea* laten verwekken, maar in *Doxoscopia*, daarna, ontkende hij met nadruk dat zo'n bron van leven zou kunnen bestaan; geloof daaraan is niets anders dan een 'vergissing, het gevolg van onzorgvuldig waarnemen.'

In Italië brachten Redi's welbekende proeven het *generatio spontanea* geloof een geduchte slag toe (1668; p. 397-399). Hij adopteerde Harveys zinspreuk, *omne vivum ex ovo*, in de betekenis van 'alle levende wezens verschijnen uit een ei.'

Experimenterend en gericht waarnemend kwamen biologen meer en meer tot de conclusie dat dieren en planten, die van oudsher de reputatie hadden van spontaan verschenen te zijn, zich in feite (door levende kiemen) univook voortplantten. Tegen het einde van de 17e eeuw bleef nog één diergroep het middelpunt van levendige discussies. Ingewandswormen, die zo dikwijls van hun onverklaarbare aanwezigheid blijk gaven, zouden die toch equivook ontstaan?

G. Baglivi (VII.2) had een eenvoudig antwoord. De parasieten verschijnen uit eieren die in de darmen verborgen zijn en tengevolge van warmte en gisting uitkomen. Zij ontstaan niet door *generatio spontanea* en ook niet door rotting, en zij brengen hun leven binnen de zoogdierlichamen door.

Dit beantwoordde echter de vraag naar hun herkomst niet. Misschien is N. Andry de Boisregard (1658-1742), die in 1700 een verhandeling over de voortplanting van wormen in het menselijk lichaam publiceerde, de eerste die de goede weg insloeg. Andry was deken van de medische faculteit in Parijs en een scherpzinnige onderzoeker. Hij wist zijn landgenoten langzamerhand te overtuigen van de betekenis en feitelijke waarheid van Van Leeuwenhoeks onderzoek over spermatozoïden. Van *generatio spontanea* is geen sprake, zei Andry. Ik zal het geloven als iemand me kan uitleggen hoe de wanorde van het toeval de ordening van zovele organen in een dier kan bewerkstelligen. Hij wees erop dat men parasitaire wormen goed moet onderscheiden. Wormen die erwten eten zijn heel andere wormen dan die kersen beschadigen, schapeparasieten zijn heel andere dieren dan vogelparasieten en mensewormen hebben niets met plantewormen te maken. Ingewandswormen zullen, hoogstwaarschijnlijk, het gevolg van besmetting met wormkiemen zijn. De kiemen kunnen opgenomen worden met voedsel, of met water, of door de huid dringen en bovendien zich van waard naar waard verplaatsen door copulatie (sperma), zogen of via de placenta.

8. Vallisnieri verzoent de theologen en de wormen

Het wormenprobleem in het bijzonder en *generatio spontanea* in het algemeen hebben Antonio Vallisnieri (1661, Trasilico - 1730, Padua) herhaaldelijk beziggehouden. Hij was een leerling van Redi (toen hij in Florence medicijnen studeerde) en terwijl Redi het ontstaan van ingewandswormen uit materie door de inwerking van *anima sensitiva* ontleend aan de gastheer mogelijk achtte, evenals het ontstaan van insekten uit galappels, bleef Vallisnieri onwrikbaar *generatio spontanea* ontkennen. Hij was bioloog in hart en nieren, als hoogleraar in Padua werkzaam en auteur van talrijke belangwekkende verhandelin-

gen. In 1700 kon hij bekend maken dat zijn experimenteel onderzoek bewezen had dat galwespen uit eieren voortkomen. Hij publiceerde anatomische studies over de struisvogel, de kameleon (1715), over de zijderups, bestudeerde en beschreef de levenscyclus van allerlei insekten en amfibieën. Hij ontdekte de bloem en de vrucht van het eendekroos.

De herkomst van de ingewandswormen bleef echter een onopgelost probleem. Vallisnieri overwoog dat God de dieren eerst schiep en daarna de mens. Zo'n scheppingsvolgorde is voor ingewandswormen onbegrijpelijk, want zij kunnen zonder en buiten de mens niet leven. Hoe dan?

Als God bij de schepping de eerste worm in Adam zette, dan zou Adam in het paradijs niet gevrijwaard geweest zijn van ziekte. Zou God de wormen na Adams verblijf in het paradijs geschapen hebben, dan zou de schepping niet voltooid zijn geweest. Vallisnieri, strenger in de leer dan St. Basileios (p. 123), besloot dat die volgorde dus ook uitgesloten moet worden.

Zodoende vertoefden de wormen in Adam in het paradijs. Vergeet nu niet dat de dieren daar alle vreedzaam leefden in volmaakte harmonie. Adam zal ze gevoed en verzorgd hebben. De wormen, in goede verstandhouding met Adam, aten de voedseloverschotten terwijl zij de darmen en organen van hun gastheer zorgzaam en zachtjes likten. Toen Adam uit het paradijs verdreven werd, veranderden de wormen van aard, werden binnen het kader der bestraffing Adam vijandig en kwelden hem daarna. Deze natuurlijke historie verklaart tevens de aanwezigheid van wormen in Eva en in al degenen die na haar kwamen, want toen zij uit een rib gemaakt werd, kwamen de wormkiemen uit Adam tegelijkertijd mee. Zij bevonden zich in de lymfe van de borstbuis die vlak bij de ribben gelegen is.

Dit stelde theologen tevreden, maar biologen bleven zich met Vallisnieri afvragen waarom dan niet alle mensen van ingewandswormen voorzien zijn en waarom in verre landen in andere mensen andere wormsoorten leven. Zulke vragen bleven gedeeltelijk zonder antwoord. Hoe dan ook, *generatio spontanea* komt niet voor verzekerden Vallisnieri en zijn geestverwanten. De aanwezigheid van wormparasieten moet verklaard worden door de preformatieleer. Door emboîtement (p. 111) komen de generaties na elkaar tot leven en ter wereld, tegelijk met wormkiemen die, in ieder lichaam aanwezig, zich (voorgevormd) tot volgroeide wormen vergroten als de milieuomstandigheden daartoe aanleiding geven. Nog na zijn dood bestreed Vallisnieri de leer van de *generatio spontanea*. In 1733 verscheen een nagelaten manuscript in druk, een opstel waarin hij de mening van pater Filippo Bonanni S.J., een goed schelpenkenner, weerlegde. Deze had een muis zien wegrennen uit de geopende graftombe van paus Pius V en verkondigd dat de muis uit de ontbindende paus voortgekomen was (Nuova Obbezione, in Opere Fisico-Mediche, 1733).

9. *De Verlichting verdedigt generatio spontanea*

De Franse biologen van de Verlichting verdedigden *generatio spontanea* zodra ze begrepen dat het tot leven komen van dode materie door materie-eigen krachten samen met milieuïnvloeden een onmisbaar gegeven is voor, en een onverbiddelijke gevolgtrekking is uit een consequent mechanistisch-causaal materialisme. De ontwikkeling van Diderots standpunt volgt de biologische meningen van zijn tijd op dit stuk getrouw. Hij verdedigde in 1746 (Pensées Philosophiques) de voltooide schepping door een Maker waarna de natuur, de dode en de levend gemaakte, mechanistische natuurwetten volgt. Preformatie dus, en geen *generatio spontanea*.

In zijn Lettre sur les Aveugles (1749) sympathiseerde Diderot duidelijk met atheïsme (en werd dan ook gevangen gezet). In hetzelfde jaar verschenen de eerste drie delen van Buffons Histoire Naturelle. Buffon, Needham en Diderot waren het eens. Moleculen rangschikken zich tot combinaties die duurzaam kunnen zijn en dit leidt soms tot levende materie. In 1754 bevestigde Diderot die gedachte en werkte hem nader uit (Pensées sur l'Interpretation de la Nature). Toevallige ontmoetingen van moleculen resulteren in levende organismen.

De parallel met Buffons beleid hield stand toen Diderot terugschrok voor een strikt volgen van zulke stellingen. Hij verwees in 1754, toen hij aangekomen bij het begin der dingen daarover een uitspraak moest doen, naar de religie, die 'zo verhelderend werkt en veel nutteloos theoretiseren en onderzoek voorkomt, de religie die ons de oorsprong van de wereld en het universele bestel der dingen geopenbaard heeft.' Deze deïstische positie kozen Diderot, Buffon, Voltaire en vele Verlichten, en een eeuw later, in meer beperkte zin en met tegenzin, Darwin. Andere voorvechters van de Verlichting (bij voorbeeld Cabanis, d'Holbach, Helvetius) deinsden voor de consequenties van een volstrekt materialisme niet terug en aanvaardden dan ook *generatio spontanea* zonder enige restrictie.

Over de strijd in Frankrijk tussen vóór- en tegenstanders waarin voor het eerst zorgvuldig gecontroleerde, proefondervindelijke resultaten de doorslag gaven en die zich concentreerde op Needham en Buffon tegen Spallanzani, in de tweede helft van de 18e eeuw, volgen enige gegevens.

De monadenleer van Leibniz (VII.1) van 1714 is nauw verwant aan Buffons theorie over organische moleculen (molécules organiques) van 1749 (Hist. Nat. II), maar deze formele overeenstemming belet niet dat Buffons mening over het ontstaan van levende wezens sterk van die van Leibniz verschilt.

Een levende materie (matière vivante) vervult de wereld, verklaarde Buffon, aarde, lucht en water samen, een materie die rusteloos werkzaam is en bovendien steeds een onderkomen tracht te vinden in organismen. Levende materie bewerkt dode materie (matière brute) onophoudelijk, neemt hem in zich op en maakt in organismen van de dode materie beenderen of hout; niet levende maar onmisbare bestanddelen.

Nadat een levend wezen gestorven is keren de dode bestanddelen terug naar het mondiale totaal van dode stof, terwijl de onvergankelijke levende materie de eigen weg gaat om als de kans zich voordoet opnieuw een organisme te gaan bouwen of bewonen.

De onaantastbare, duurzame levende materie poogt zich te vermeerderen, altijd, en indien milieu en andere organismen geen beletselen vormden zou de hele aardbol na honderd vijftig jaar veranderd zijn in organische materie (van eenzelfde aard; 1764, Hist. Nat. XII: 38).

De natuur wil geen dode materie maken, maar levende – wij weten niet waarom – en beoogt zo veel organismen voort te brengen als de 'inconvenients' toelaten. Dikwijls is dode materie niets anders dan het overschot (résidu) na werkzaamheid van levende materie, want in krijt, turf of koraal kunnen we de sporen van verdwenen organismen die dit dode materiaal achterlieten, nog duidelijk zien (le brut n'est que le mort).

Zo klein zijn de levende materiedeeltjes dat slechts ons geestesoog (l'oeil de l'esprit) ze kan waarnemen, maar als de molécules organiques samenklitten en kleine gestructureerde lichaampjes vormen (bij voorbeeld spermatozoïden) worden zij waarneembaar. De toevallige ontmoeting en menging van organische moleculen bepalen welk levend individu zal ontstaan. Talloze moleculen zullen zich als een kristal rangschikken en talloze microkristalletjes zijn samen het levende organisme, een opbouw die zich met de bouw van een

zeezoutkristal laat vergelijken (1749; Hist. Nat. II: 19).

Ontbinding van planten of dieren betekent dat de organische moleculen weer de vrijheid krijgen. In rottende stoffen kunnen ze zich met dode materie verenigen, zodat eerst minuscule wormpjes ontstaan, later grotere (aard)wormen en ook andere levende wezens, zoals paddestoelen. Overtollige organische moleculen in het levende lichaam mengen zich met voedseldeeltjes, zodat een rotting ontstaat en de verschijning van lintwormen, spoelwormen en alle wormparasieten, in lever, maag en darm is het gevolg. Als door slechte lichaamscondities de weg geblokkeerd is die organische moleculen moeten volgen om de vereiste plaats te bereiken, zijn de gevolgen dezelfde.

De organische molecule is het algemene grondleggende levenselement (l'élément primordiale de la vie). Omdat de natuur geen sprongen maakt moeten tussen gevormde organismen en organismen in wording veel tussenvormen zijn. Een klein aantal organische moleculen kan zich tot een zeer eenvoudig levend wezen (her)groeperen en een toeneming van het aantal leidt tot het ontstaan van uiterst kleine wormpjes.

Monsieur Moublet uit Montpellier berichtte Buffon over een spectaculair geval van *generatio spontanea* (1777). Het lijk van iemand die langdurig door een hartstocht voor wijn bevangen geweest was, werd omzwermd, schreef hij, door een wolk kleine insekten precies gelijkend op de mugjes die op wijndroesem afkomen. Het voorval verklaarde Buffon door het ontsnappen van 'molécules organiques' van wijn, die overvloedig in de dode aanwezig waren en die zich onverwijld weer verenigen, als wijnmugjes.

Dieren die zich door *generatio spontanea* vormen planten zich, nadat zij ontstaan zijn, niet voort. De organische moleculen gaan al spoedig weer uiteen en daarna nieuwe verbindingen aan. De natuur wemelt van organismen die door *generatio spontanea* zich vormden, een rijk, onvergankelijk reservoir van velerlei mogelijkheden voor nieuw leven. Zo luidde Buffons bijzondere variant van heterogenese.

10. John Thurberville Needhams aaltjesrecepten

In 1745 verscheen An Account of Some New Microscopical Discoveries. De schrijver, John Thurberville Needham (1713–1781) was, een katholieke geestelijke, die na zijn opleiding in Douai als hoogleraar in Lissabon onderzoek over inktvissen had gedaan. Het boek was een succes, een tweede druk al heel spoedig nodig. Needham, sinds 1744 in Portugal, keerde na vijftien maanden naar Londen terug en nam contact op met De Réaumur om een Franse vertaling van zijn boek te regelen.

Met zijn inktvissenonderzoek wilde Needham verband leggen tussen de bouw van Trembleys zoetwaterpoliep (XI.32) en van de mariene inktvissen als voorbeeld van de algemene overeenstemming van dierenlichaamsbouw. In de 'inkt' zag Needham talloze bewegende voorwerpjes die kleine pompjes (met klepjes) schenen na te bootsen en die tevens aan Van Leeuwenhoeks *animalcula* herinnerden. Waren spermatozoïden levende diertjes of machientjes?

Terug in Londen vond Needham in verzuurd brooddeeg waterdiertjes, *animalcula aquatica*, aaltjes die levendbarend bleken te zijn. Hij ontmoette Trembley die een zoon van graaf Bentinck in Engeland op reis als mentor begeleidde.

De Réaumur vond een vertaler die met Buffon bevriend was. Toen Needham in 1746 naar Parijs kwam lag een kennismaking met Buffon voor de hand. Gelijkgestemd over de metafysische beschouwing van biologische vraagstukken besloten zij tot een samen-

werking. Buffon had een hekel aan de microscoop, maar wenste meer informatie met betrekking op de 'molécules organiques' – een theorie die hij zojuist ontworpen had en die Needham aantrekkelijk vond. Bovendien zocht Buffon nader bewijs voor zijn opvatting dat de spermatozoïden machientjes waren, wel bewegend maar niet levend, geen diertjes, een vermoeden dat Needham al te berde gebracht had.

Spermatozoïden, dacht Buffon, zijn tussenstadia, in de *scala naturae* geplaatst tussen dood en levend in. In maart 1748 pakten zij het vraagstuk samen aan dat Needham omschreef (Roger 1963: 498): 'Aldus begonnen we onze proefnemingen met aftreksels van zaden (infusions de semences), enerzijds om te proberen de organische bestanddelen die de heer Buffon zocht te vinden en anderzijds om misschien te ontdekken welke bewegende lichaampjes als diertjes en welke als machientjes beschouwd moesten worden.'

Na twee maanden ging Buffon naar zijn huis in Montbard en Needham zette het experimentele onderzoek in Parijs voort. Eind 1748 verschenen zijn Nouvelles Observations.

Preëxistentie, preformatie en *panspermie*, betoogde Needham, zijn onhoudbare hypothesen terwijl de *natura plastica*-theorie (XI.31) die wat beter door feiten gesteund schijnt, toch ook niet aanvaardbaar is. De levende natuur ontplooit zich steeds tengevolge van invariante wetten door epigenese. Deze 'forces constantes' zijn de natuur door God opgelegd.

Na tientallen proeven met allerlei mengsels en aftreksels, met bouillon van gebraden schapevlees (viande rôtie) in flessen die verhit en goed afgesloten werden, besloot Needham, die onveranderlijk myriaden microscopische kleine bewegende voorwerpjes na enige dagen in de vloeistoffen aangetroffen had, dat een onderscheid tussen 'corps méchaniques' en 'corps animés' onjuist is. Alle zijn het kleine, actief bewegende diertjes. Een afgietsel van fijngewreven graan wordt een stijfsel en na een dag of tien bewegen zich daarin kleine draadjes, aaltjes, volmaakte zoöfyten (parfaits Zoophytes).

Beiden, Buffon en Needham, waren van mening dat spermatozoïden in de zaadvloeistof (zowel ♂ als ♀) door 'coalition' van 'principes actifs' (zaadvermogens) ontstaan en dus van ware diertjes verschillen. Buffon beschouwde ze als een klontje 'molécules organiques'.

In ieder organisch deeltje, schreef Needham, huist een 'force végétatrice' en daardoor is elk dierlijk of plantaardig zaad rijk van die kracht voorzien. Wanneer zaden ontbinden verschijnen dan ook microscopisch kleine diertjes. Deze ontbinden opnieuw, want alle levende stof wil terugkeren naar de beginsels (principes communs) die alle levende wezens gemeen hebben, zoiets als universele kiemen (semences universelles). Hiermee was Needham Buffons theorie van de organische moleculen zeer dicht genaderd, maar, vervolgt Needham, al komen de universele kiemen met voedsel het lichaam binnen ter wille van de materiële en mechanische levensprocessen, met de ziel heeft dit alles niets uit te staan, want die komt van de Levensbron (Fontaine de la Vie). En vergeten we bovendien niet dat de 'force végétative' ook aan Gods wetten onderworpen is. Elk zaad vooronderstelt een volmaakt geordend universum waar het een deel van vormt en blijft vormen (Leibniz).

Nimmer is een materiepartikel ook maar één ogenblik aan het blinde toeval overgeleverd. Toeval is een leeg woord (pur phantasme). Zelfs in een oneindigheid van tijd zou toeval geen geordend universum kunnen bewerkstelligen (wat Diderot daar ook over wil beweren). Toeval veroorzaakt nog niet het vallen van één boomblad, want alles werd in den beginne vastgesteld.

Géén *generatio spontanea*, maar voor lagere organismen kan een heterogenese (naar Buffons model) plaatshebben. In ieder microscopisch stipje materie en in ieder zichtbaar

vezeltje die samen alle dierlijke en plantaardige lichamen vormen, schuilt een groeikracht (force végétative 1748), besloot Needham.

Sedert 1751 begeleidde hij reizende jonge Engelsen als mentor. Toen Voltaires Lettre sur les Miracles verschenen was, bekritiseerde Needham die met Réponse d'un Théologien (1765). Het kwam hem duur te staan. Voltaire miste daarna geen gelegenheid de 'jesuïte irlandais' te honen, ook al had Needham nooit iets van doen met de jezuïeten of met Ierland. Hij noemde Needham l'Anguillard, de aalboer, een bijnaam met een perfiede insinuatie die geen Fransman ontging en begrip voor Needhams werk belemmerde. Voltaire begon de aanval als volgt:

> 'Enige jaren geleden zei een Ier, een stiekeme jezuiet, Needham geheten, dat hij uitmuntende microscopen had en dat hij geloofde gezien te hebben dat in flessen met afgietsel van moederkoren aaltjes ontstaan. En warempel, daar had je dadelijk geleerden die zichzelf voorhielden dat als een jezuiet aaltjes gemaakt had zonder kiem (germe), dit met mensen ook zou kunnen slagen. Geen behoefte meer aan de hand van de grote *Demiourgos*: de meester van de natuur deugt nergens meer voor. Bedorven meel brengt aaltjes voort; dan zal zuiver meel apen voortbrengen, mensen en ezels. Levende kiemen zijn overbodig en alle organismen zullen op eigen kracht ontstaan.' (Des Montagnes et des Coquilles; 1767).

Needham vond het nodig zich tegen deze kritiek en kritiek van andere zijde te weer te stellen.

Terug in Parijs (1767) hervatte hij daarom zijn onderzoek dat vooral bedoeld was om Spallanzani's kritiek te bestrijden, die in het Frans vertaald in de Nouvelles Recherches (1769) verscheen. Dit tweedelige werk bestaat voor de eerste helft van het eerste deel uit Spallanzani's gegevens en betoog en voor het overige uit Needhams resultaten en commentaren.

Needham onderscheidde 'vitalité' en 'spontaneité'. 'Spontaneité' wordt door een bovenmaterieel 'principe sensitif' veroorzaakt, dat gericht naar een doel streeft (de klassieke *anima vegetativa* en *causa finalis*). 'Vitalité' doet begrijpen waarom poliepen, aardwormen en zeesterren zichzelf delen en vermeerderen. Die vermeerderingsdrang doet zich als *vis vitalis* gelden en brengt de regeneratie van salamanderledematen, van kikker- of paddelichaamsdelen en zelfs de hergroei van slakkekoppen tot stand.

Toen Needham in Italië reisde (1764) had Spallanzani (IX.16) hem geschreven en de twee geestelijken bleven daarna regelmatig in contact, een goede verstandhouding, ofschoon Spallanzani aanvankelijk Needhams opvattingen steunde maar weldra tot heel andere conclusies kwam. Hij herhaalde Needhams proeven en in 1765 beschreef hij zijn bevindingen (Saggio di Osservazioni); de Franse vertaling daarvan verscheen in 1769 (Nouvelles Recherches).

Een 'force végétatrice' veranderde de korreltjes en vezeltjes van fijngewreven zaden in *animalcula*, infusoriën, microscopisch kleine diertjes, had Needham meegedeeld. Spallanzani wreef allerlei zaden fijn, maakte infuus en bestudeerde de vloeistoffen langdurig, herhaaldelijk, nauwkeurig. Vergeet nooit, zei hij, dat tussen twee verschijnselen soms een werkelijk verband schijnt te bestaan, zoals tussen gevolg en oorzaak, maar dat de samenhang toch niet anders is dan een incidenteel verschijnsel. De zaadresten schijnen levende wezentjes te worden, maar de vezels worden nooit zulke levende bewegende bolletjes. De oorsprong van de microdiertjes is een andere en ze zijn niet het gevolg van heterogenesis. Een 'filament végétal' wordt nimmer een 'globule animé'.

De kiemen van de microdiertjes moeten door de lucht worden aangevoerd. Buitenlucht

bevat zulke kiemen. Zelfs in sterk verdunde lucht kon Spallanzani de aanwezigheid van kiemen met zijn kweekproeven aantonen. En als lucht een vloeistof vrij van levende kiemen niet bereiken kan, zullen ook geen microdiertjes verschijnen. Hij verhitte 19 luchtdicht gesloten kolven met allerlei organische aftreksels, een uur lang, en Needham ten spijt, in geen van de flessen verscheen enig leven.

Needham antwoordde dat het koken de 'force végétatrice' vernietigd had. Het restantje lucht in de gesloten kolven zou evenmin toereikend zijn gebleken voor de groei van microorganismen, want het koken had die lucht giftig en waardeloos gemaakt. Infuus van goed geroosterd vlees, zodat alle aangehechte kiemen gedood zijn, toebereid in een zorgvuldig van alle kiemen bevrijde glazen kolf die men zorgvuldig afsluit terwijl een beetje lucht boven de bouillon achterblijft, waarna de kolf een paar minuten in kokend water gedompeld wordt, zal na enige dagen zeer veel microdiertjes bevatten. Men moet het verhitten voorzichtig uitvoeren, ongeveer zo lang als nodig om een ei hard te koken of de larven in zijderupsencocons te doden. De diertjes zijn de vleesvezels die zich weer tot levende wezentjes transformeren. Aldus Needham. Spallanzani antwoordde:

Als verhitting de 'force végétatrice' vernietigt, dan laat zich niet verklaren hoe verkoolde zaden (waar hij infuus van trok), een vloeistof opleveren die wemelt van microdiertjes. Mooier nog. Allerlei infuus hoger en lager verhit bevat daarna verschillende microdiertjes: na verhitting boven een bepaalde temperatuur trof Spallanzani sommige groepen infuusdiertjes nooit aan. Er is een relatie tussen temperatuur en overlevingskansen.

Infuusdiertjes zijn echte diertjes, geen organismen ontstaan na heterogenese en evenmin molecuulaggregaten op weg naar hoger leven. Sommige microdiertjes vermeerderen zich door tweedeling. Charles Bonnet - Spallanzani's vriend en raadsman, geestelijk en wetenschappelijk - heeft goed verklaard hoe een bezield organisme zich niettemin door deling voortplanten kan.

In aansluiting op zijn voortreffelijke infusoriënonderzoek ontzenuwde Spallanzani in zijn Opuscoli di Fisica (1776) Buffons beweringen over spermatozoïden volkomen. Alles wat Von Haller - die een inleiding bij de Duitse Buffon-uitgave geschreven had - over de 'animalcules spermatiques' en Buffons onderzoek vermoed had, bleek juist.

Alle eigenschappen die Buffon de zaaddiertjes toegeschreven heeft, berusten op vergissingen. Buffon heeft geen levende spermatozoïden gezien, ze althans niet kunnen onderscheiden van andere micro-organismen, want hij bestudeerde oud, half of geheel bedorven materiaal. De 'vers spermatiques' zijn geen 'êtres vitaux', half levende lichaampjes, maar ware diertjes, zoals Vallisnieri geformuleerd had (waarachtige wormen, allerwaarachtigste, archi-waarachtige!). Waartoe ze dienen? Hier erkent Spallanzani dat de reden voor hun aanwezigheid en hun functie menselijk kenvermogen te boven gaan.

II. Schets van de ontwikkelingsgang van het generatio spontanea-concept

Generatio spontanea en transformisme zijn in de historie van de biologie verweven vraagstukken, van het begin af en nog in onze dagen. De biofilosofie van de Oudheid erkende dat materie onvergankelijk is, zichzelf gelijk blijft, althans wat de componenten van de dingen betreft. Materie is nooit één element alleen, maar altijd een mengsel. Het mengsel bepaalt of een voorwerp leeft. Krachten - immanente en externe - regelen leven en dood in eeuwig verbond met de kenbare wereld, een eeuwige herhaling. Transformisme is een natuurwet, meenden de Ouden, die zich betrekt op van dood levend worden en van

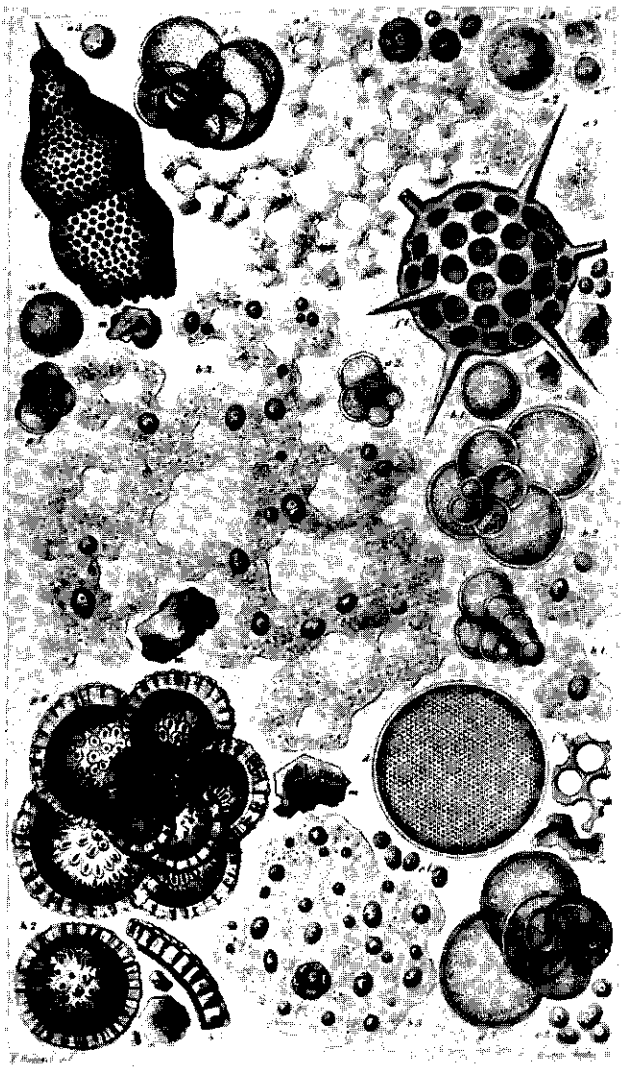


Fig. 93. Plaat tegenover de titelpagina van Haeckels Das Leben in den Grószten Meerestiefen (1870). De mysterieuze, donkere afgronden van de oceaan schenen Haeckel meer geschikt toe voor het geheimzinnige ontstaan van levende materie dan Darwins kleine, warme, door de zon beschenen strandplasje. Toen een slijmerig beslag van de bodem van de diepzee werd opgedregd kon Haeckel, die in 1866 de resultaten van Pasteurs proefnemingen (p. 1230) niet wilde aanvaarden, de verleiding niet weerstaan dit slijm als de meest oorspronkelijke levende materie te beschouwen. Hij noemde het *Bathybius* (de naam afgeleid van Gr. *bathos* = diepte en Gr. *bios* = leven). T. Huxley, warm geïnteresseerd in de oorsprong van leven, stelde in 1870 de Biogenesis-hypothese op. Hij gaf het diepzeeslijm een soortnaam: *Bathybius haeckeli* (en had daar later spijt van).

De plaat toont bovenaan (midden) het slijm dat het uiterlijk van Hallers hypothetische *tela cellulosa* (p. 433) heeft. Haeckel beeldt hiermee de eerste fase in de evolutie af. Centraal is op de plaat te zien hoe Haeckel zich voorstelde dat cellen zich in het slijm zouden gaan vormen (een parafrase van Okens chemoromantiek (p. 1225) en Schleidens celtheorie (p. 559)). De eerste gepaarde cellen verschijnen reeds in het cellulerende slijm. Onderaan, midden, ziet men op de plaat hoe de slijmlacunes zich hebben gevuld en zowaar ook al een eerste, zes-cellig, radiair symmetrisch organisme dat een volgende stap op de weg van de evolutie heeft gezet. Voorzien van deze bedenksels kan men alle kanten op: rondom zijn veel door Haeckels evolutie ontstane nieuwigheden op de plaat gedrapeerd.

levend dood, op veranderingen van aard en van gedaante (van dode en levende dingen). Transformisme is karakteristiek voor *fysis*: alles vloeit, komt en gaat, wordt en is en keert terug terwijl de dingen uiterlijk veranderen.

Onze jaartelling begon met de verkondiging van een leer die, stoelend op overoude Hebreeuwse tradities, onweerstaanbaar en vrij snel naar voren kwam en natuurwetenschap ging beïnvloeden en vervolgens beheersen. Deze christelijke leer handhaafde weliswaar *generatio spontanea* en transformisme in het bestel van hemel en aarde, maar hervormd en passend bij de omwenteling in het denken over de levende natuur die hij veroorzaakt had. De nieuwe opvattingen handhaafden zich achttien eeuwen lang. Hier interesseren ons de volgende.

Materie is dood, tenzij levend gemaakt door de ingreep van de Maker van hemel en aarde, van al wat leeft. De zelf volmaakte Maker zal eigenhandig nimmer iets onvolmaakts maken: aan de Schepping ontbreekt niets, hij is vol, compleet, in zijn geheel en in zijn details. *Generatio spontanea* volgens het klassieke model is, strikt genomen, uitgesloten, enerzijds omdat dit transformisme de Maker is voorbehouden en anderzijds omdat zo'n natuurproces volstrekt overbodig is.

Terwijl de Oudheid *generatio spontanea* opvatte als een fase in een geleidelijk natuurbeloop, een der schakels in een gesloten keten van elkaar volgende voorvallen, kon volgens christelijke leerstellingen het tot leven komen van dode stof sinds het Begin en daarna, niet anders zijn dan een breuk met de dode staat van de materie: een plotselinge inblazing, een onvoorzien, uniek en bovennatuurlijk feit.

De dagelijkse en overklaarbare verschijning van allerlei gedierte – in weerzinwekkende levensomstandigheden, onderaards, in drabbig nat, als parasieten – veroorzaakte dat het klassieke *generatio spontanea*-geloof niet plotseling verdween maar op den duur geleidelijk terugweek, mogelijk geacht bleef voor steeds minder soorten levende wezens. Augustinus' geniale oplossing om Stoa en christendom hier te verzoenen en de botsing van de christelijke leer en de biologie uit de weg te ruimen door zijn theorie van preëxistentie en *panspermie* heb ik dikwijls ter sprake gebracht (VIII.3, XII.4). Bovendien liet zich bij nader inzien een beperkte *generatio spontanea classica* met behulp van bijbelteksten redelijk verdedigen.

Zo bleven *generatio spontanea* en transformisme in wijdere zin (dood/levend en de gedaanteverandering van levende wezens) in biologische verhandelingen en in volksverhalen en -gebruiken schering en inslag, zij het dat voor transformisme van ongedierte, duivelse of andere ongoddelijke machten verondersteld werden (de Maker was niet bij zulke gebeurtenissen betrokken).

De herleving van de antieke cultuur in de Renaissance, de verder schrijdende vermechanisering van natuurverklaringen daarna, gepaard aan een groeiend materialisme, leidden tot een terugkeer naar vóór-christelijke gedachten over *generatio spontanea* en transformisme, een herhaling van de biofilosofische meningen daarover van vóór onze jaartelling. Als voorbeeld citeer ik Ingen Housz (VII.19) over de groene aanslag op de binnenwand van flessen met water in de zon (Priestley, VII.5); het groen is getransubstantieerd water.

> Exper. on Veget. 1779: sect. XXII: 'Ik zou bepaald geneigd zijn te geloven dat die wonderbaarlijke natuurkracht (power of nature) die de ene substantie in een andere verandert en onophoudelijk de overgang van substanties (transmutation of substances) bewerkstelligt die we overal kunnen waarnemen, in deze groene plantaardige materie ruimer en meer opvallend tot uitdrukking komt dan gewoonlijk het geval is.'

De ontwikkeling van de Westeuropese scheikunde in de laatste twintig jaren van de 18e eeuw bewees dat zowel de dode als de levende natuur afhankelijk van materie zijn en alle dingen materie. Materie bleek nu, empirisch en in feite, gewoonlijk uit een of meer elementen te bestaan. Onveranderlijke, niet verder ontleedbare componenten stellen oneindig veel verschillende en vergankelijke dingen samen, dode en evenzo levende. Geconfronteerd met de vraag of hiermee het beeld dat in de Oudheid ontworpen was van *generatio spontanea* en transformisme weergekeerd was - zij het ditmaal onderbouwd met harde feiten - konden biologen bij de inzet van de 19e eeuw toch op diep ingrijpende veranderingen wijzen.

Niet liet zich ontkennen dat alle experimentele pogingen om het verschijnen van levende wezens uit dode stof te bewijzen tot dusverre gefaald hadden. Die kritiek was onweerlegbaar en doeltreffend. De biofilosofen uit de Oudheid en daarna die *generatio spontanea* hadden beschouwd als een natuurlijk gedrag van dode materie kregen van de nieuwe wetenschappen geen steun.

Bovendien won de epigenetische grondwet die Aristoteles geleerd had aan overredingskracht en reikwijdte. Epigenese, het verschijnen van nieuwe organen, nieuwe functies, nieuwe eigenschappen in vaste volgorde, een ordening naar vorm en tijd van ieder ontwikkelend organisme, kreeg vooral door Harveys werk meer en meer het vermogen om de preformatieleer terug te dringen. Verandering, vernieuwing en niet een onwrikbare eenvormigheid zijn karakteristiek voor levende wezens. Epigenese voor elk groeiend, ontwikkelend individu.

Synchroon won Newtons denkwijze aan kracht. De leer van de dode, passief-creatieve materie (Genesis-Augustinus-Descartes) verloor het pleit door Newton, die aantoonde dat materie niet dood, niet passief, *iners* is, maar krachten uitoefent, zelfstandig en onophoudelijk.

Deze twee ontwikkelingen voerden in de loop van de 17e en, versneld, in de 18e eeuw met toenemende nadruk tot twee zienswijzen. Ofschoon de proefondervindelijke ervaringen aantonen dat *generatio spontanea* niet verloopt zoals men gewend was te geloven, zou toch een materie met eigen vermogens gestimuleerd door natuurdriften zich epigenetisch tot een levend organisme kunnen ontwikkelen. En vervolgens zouden levende organismen zichzelf, vanwege dezelfde natuurwetten, kunnen wijzigen, vernieuwen en veranderen, zo langzaam dat het nooit tevoren was opgemerkt, maar na verloop van tijd niettemin verregaand en spectaculair. Epigenese voor de levende natuur en voor de dode. Dit besloot Lamarck (XII.33). Darwin (XII.40,41) voegde teeltkeus als onmisbare factor toe en verlegde Lamarcks voorkeur voor epigenese (abstractie, idealisme, generalisering) naar passive epigenese (toeval en teeltkeus) en naar materie, atheïsme en individualisering.

In de volgende paragrafen staan enige hoofdzaken uit de ontwikkelingsgeschiedenis van *generatio spontanea* theorie en transformisme in de 19e eeuw.

12. Discussies in de 19e eeuw tot Pasteur

Lamarck hanteerde een 'principe vital', een élan zoals Buffon en Needham deden, een drang tot leven die materie eigen zou zijn in gunstige omstandigheden, vóór en na het ontstaan van een organisme (1778). *Generatio spontanea* zo opgevat is een natuurlijk, biologisch proces. Later oordeelde Lamarck het levensprincipe van minder groot belang, want alles komt uit een ei (1797). Vier jaar later verklaarde hij dat fossielen de resten van

diersoorten zijn die, in de loop der tijden veranderd, nu de aarde bevolken. *Generatio spontanea* had toen en nu plaats. Nog later besloot Lamarck dat twee tegengestelde krachten alle natuurverschijnselen opwekken en beheersen, een aantrekkende en een afstotende, een model dat Herakleitos en Needham (en de Naturphilosophen) vertrouwd was. Natuurwetten, zei Lamarck, regelen alle materiegedrag door de wisselwerking van twee krachten waarvan de ene zich als levenskracht in levende organismen en de andere als ontbindingskracht zich in dode organismen kenbaar maakt (1809).

Infusoriën zijn eenvoudig van structuur en komen door *generatio spontanea* vlot tot leven. Ze sterven spoedig (ontbinden), maar ontstaan voortdurend opnieuw dank zij de universele zwaartekracht die steeds materie bijeenvoegt. Fluïdes, uiterst fijne gasachtige vluchtige vloeistoffen, dringen in geleiachtige massa's die uit moleculen ontstaan. De fluïdes zijn van de zon afkomstig. Zij doordrenken de gelei en vergroten de poriën, zodat een schuim ontstaat waarin vloeistoffen zich verplaatsen. Druk en tegendruk doen de massa leven. Dierlijk leven ontluikt in gelatine en plantaardig in slijm. Een klein beetje diergelatine vergroot zich waarbij de natuur warmte, licht, elektriciteit en vocht toepast, zodat bij voorbeeld een zeeëgel ontstaat. Ofschoon ingewandswormen in de gastheer groeien en zich daar ook voortplanten, zijn ze daarom nog niet het gevolg van *generatio spontanea*. Die geldt slechts voor infusoriën, en infusoriën zijn het begin van de hele opklimmende reeks van levende wezens, had Lamarck in 1801 uitgelegd, maar in zijn Philosophie Zoologique van 1809 verklaarde hij dat ingewandswormen toch wel degelijk door *generatio spontanea* ontstaan. Hij bedacht daarbij twee uitgangspunten voor levensreeksen, de ene begint met infusoriën en de andere met de parasitaire ingewandswormen (en laatstgenoemde fylogenetische ladder eindigt met de mens; 1815).

In de eerste helft van de 19e eeuw verloor de *generatio spontanea*-theorie aan invloed. Na 1795 zou een opvoeding van staatswege, vrij van bijgeloof en vooroordeel (en dus van religie) voorgelicht door de Rede van alle Fransen goede republikeinse staatsburgers maken; Europa en Amerika waren vol begrip voor de nieuwe aanpak.

Farley (1977) wees erop dat Napoléon zich al spoedig kon beroepen op de gruwelen die zo'n aanlokkelijke leidraad spontaan deed ontstaan. Mede daardoor, bereikte de kleine korporaal de machtspositie die hem in staat stelde op basis van zijn eigen inzichten nieuwe gruwelen te bewerkstelligen. Het religieuse conservatisme van het vroeg 19e-eeuwse Frankrijk bleek even bloedig als de atheïstische progressieve staatsleer van de laat 18e. Naar aard en herkomst is de *generatio spontanea*-theorie een materialistische en atheïstische onderstelling, die het geestelijk klimaat van vóór, tijdens en kort na de Franse revolutie ondersteunde.

Na Napoléons val, symptoom van een nederlaag, een falen van het naïeve geloof dat materie zich aanpast aan en richt naar de voorkeur van de mens, herwon geloof aan *generatio spontanea* zijn aantrekkingskracht in Frankrijk min of meer, maar de Latijnse volken hadden toen de leiding bij het onderzoek naar dit biologische vraagstuk bij uitnemendheid verloren.

Omstreeks de eeuwwisseling verrichtten enige biologen in het Duitse taalgebied onderzoek over ingewandswormen en hun levensloop en zij besloten weer tot *generatio spontanea*. M.E. Bloch (1723–1799) beantwoordde een prijsvraag over ingewandswormen van de Deense Akademie voor Wetenschappen die in 1780 uitgeschreven werd. Bloch deed uitstekend werk over vissen en had misschien beter gedaan die lokroep te negeren, maar hij schreef een verhandeling en bracht onder de aandacht dat de Schepper nimmer eieren zal plaatsen in een omgeving die hun ontwikkeling zou benadelen. Omdat de wormen

slechts van nature daar waar ze zijn als parasiet kunnen leven (Bloch voerde hiervoor twaalf bewijzen aan), dan moeten de wormkiemen aangeboren zijn.

Blochs werk bevorderde het onderzoek van Rudolphi, wereldvermaard wormspecialist (VII.25), die de *generatio spontanea*-theorie steunde, en het werk van beiden was uitgangspunt voor J.G. Bremser (1767–1827), hoogleraar in Wenen, wiens werk ik bij keuze hier noem, want een half dozijn tijdgenoten bestudeerden de bouw en levenswijze van wormen, niet zelden met toewijding en bekwaamheid. Bremser publiceerde in 1819 een uitvoerige studie, getiteld Ueber lebenden Würmern in lebenden Menschen, waarmee hij Redi's boektitel van 1684 honoris causa herhaalde. *Generatio spontanea* voor parasitaire ingewandswormen?

Bremser achtte een *generatio spontanea* voor die wormen tijdens de Schepping of in het paradijs onmogelijk. Rudolphi had onlangs het aantal bekende wormsoorten tot bijna duizend verhoogd en Adam zou dan voor al die dieren gastheer geweest moeten zijn. Onmogelijk, verzekerde Bremser. Gesteld dat Adam slechts een of twee wormsoorten met zich meedroeg, dan zouden alle andere, dikwijls verbazend sterk verschillende soorten daar naderhand uit ontwikkeld moeten zijn. Dat is hetzelfde, roept Bremser uit, als te denken dat een olifant stamvader van walvissen, leeuwen en kangoeroes was. De enige redelijke verklaring voor de aanwezigheid van de wormenfauna is *generatio spontanea* (die, zoals Aristoteles al geleerd had, ruimte laat voor het ontstaan van verschillende soorten uit verschillende materie). Terecht hebben voorgangers geschreven dat een hapering in de spijsvertering stuwing van ontbindende stoffen veroorzaakt en dat daaruit wormen ontstaan.

Romantisch bevlogen stelde Bremser zich voor hoe een levende Geist de vormloze oeraardematerie bezielde en hoe van generatie op generatie dit leven zich voortzette totdat de mens werkelijkheid was geworden. Heden verschijnen nog altijd infusoriën en schimmels uit rottende organismen, en het toont aan hoe de levensdrift in die dode materie als levende wezens gestalte krijgt.

Hoeveel vlotter zal dan nieuw leven in een levend milieu ontstaan, in casu wormen in levende mensen. Bremser ontkende abiogenese (uit anorganische materie) en besloot tot heterogenese. Uit plantaardige stoffen ontstaan plantaardige organismen (korst- en bladmossen uit planten) en uit dierlijke stoffen bij voorbeeld luizen, mijten en ingewandswormen.

Generatio spontanea bleef een geloofsartikel van de materialisten en werd, omgekeerd zonder voorbehoud aanvaard door de Naturphilosophen, in de biologie de nazaten van de neo-Platonisten. Enerzijds dus voorstanders die ziel als levensfactor verwierpen of ten hoogste als bijzondere moleculaire eigenschappen wilden omschrijven, en anderzijds degenen die de allesdoordringende Wereldziel als souverein erkenden: beide groepen concludeerden tot *generatio spontanea*.

De Naturphilosophen-biologie negeerde Kant (VII.15) door afwijzing van de begrenzing die de Kantse wijsbegeerte had getrokken. Voor Naturphilosophen was *generatio spontanea* een gewoon natuurverschijnsel. Even goed als Platoon zagen zij hoe een Opperwetmatigheid (die Weltseele kan heten) de dode en de levende dingen ordende en hoe stof en geest innig verbonden samengaand eindeloos verschillende maar toch vaste wegen volgden, en streefden naar nieuw en hoger. Onder Duitse biologen kreeg deze natuurbeschouwing zeer grote invloed. Samenbinden, natuurlijke eenheid, synthese verschaffen begrip en analyserende verdeling versplintert en verwart. Bij het aanbreken van de 19e eeuw verwierpen F.J. Schelling en L. Oken de hegemonie van het materialisme in de natuur

en zij betoogden dat immateriële krachten natuurwetten verwezenlijken. Inspirerend waren J.G. Herders geschriften (Ideen; 1784–1791) die een eeuwige wedergeboorte verduidelijkten van al wat leeft in samenhang met een steeds hogere ontwikkeling (Prinzip der Steigerung).

Oken, van mening (zoals Lamarck en veel 20e-eeuwse onderzoekers), dat elektriciteit bijdroeg tot het ontstaan van leven, omschreef in 1809 organismen (organische Leiber) als slijm in verschillende toestanden en gedaanten. Alles wat organisch is ontstond uit slijm, oerslijm, in zee en zulk zeeslijm ontstaat nog steeds (wird noch immer erzeugt). Oerslijm vormt blaasjes, in het bijzonder infusoriën (een naam die M.F. Ledermüller (1710–1769) bedacht had) en daarom is de organische wereld geheel en al infusoriën. Planten en dieren zijn metamorfosen van infusoriën.

Tot Goethe's vriendenkring behoorde C.G. Carus (1789–1869), medicus, zoöloog en anatoom, die als hoogleraar in Dresden en Leipzig werkzaam was en die als president van de Deutsche Academie der Naturforscher ('Leopoldina'; 1862–1869) de storm van kritiek die over hem losbarstte na het verschijnen van Grundzüge der vergleichende Anatomie (1828) te boven was gekomen. Voor Carus was *generatio spontanea* een dagelijks natuurverschijnsel, al dan niet uitgaande van anorganische of organische materie. Omdat leven de voortdurende organische activiteit van het universum belichaamt, en stof en geest dezelfde zijn, bestaat geen verschil tussen leven en dood.

In alle toonaarden tussen volop zeker en min of meer twijfelachtig werd in de eerste helft van de 19e eeuw de *generatio spontanea*-theorie in Duitsland verdedigd: Nees ab Esenbeck (1817), A. Fr. J. Wiegemann (die zag hoe uit Priestleys 'green matter' cyclops en watervlooien ontstonden (*Cypris* en *Daphnia*), hoe uit de dode diertjes weer de groene algen ontstonden en vervolgens deze weer in genoemde diertjes veranderden (1821), J. Purkinje (schimmels, 1831) en Joh. Müller (1837). Een uitzondering was Chr. G. Ehrenberg (1795–1876), hoogleraar in Berlijn, die de morfologie en fysiologie van eencelligen uitstekend bestudeerde en een standaardwerk over zweepdiertjes (*Flagellatae*) schreef (1838). Ehrenberg zag de infusoriën levend en vol in beweging, zijzelf en hun inwendige organen (hij had een bijzonder goede microscoop). Hoewel hij zich in de identiteit van sommige celorganen vergiste, besloot hij in 1832 (nader bevestigd in 1838) dat infusoriën zelfstandig levende organismen zijn. Hij schreef dat deze hoog gestructureerde diertjes onmogelijk door *generatio spontanea* kunnen ontstaan. Het was de conclusie die zijn grote voorgangers, Van Leeuwenhoek en Swammerdam, getrokken hadden.

In Duitsland was de grote meerderheid biologen vóór *generatio spontanea*, in Frankrijk tegen. Weliswaar geloofde Geoffroy Saint-Hilaire (IX.33), zoals de Naturphilosophen, wel aan zo'n oorsprong van leven, maar hij vond in zijn land nauwelijks weerklank. Cuvier wees die theorie geheel van de hand. De Franse biologen volgden zijn oordeel vrijwel allen en voor zover Lamarck niet vergeten was, telde hij niet mee. Nadat de eerste grote slag pro en contra in de 18e eeuw geleverd was, vond de tweede slag in de 19e eeuw plaats, opnieuw in Frankrijk.

Daaraan voorafgaande was het jaar 1836 van grote betekenis. In Duitsland poogde Schwann (VII.34) te bewijzen dat rotting en gisting geen atmosferische zuurstof nodig hadden. Die verschijnselen worden, dacht hij, door een bijzonder luchtbestanddeel veroorzaakt dat echter geen hoge temperatuur verdraagt.

Hij kookte organisch materiaal (vlees) en leidde daarna lucht naar het afkooksel (het koken had de lucht uit de kookfles verdreven) door een roodgloeiende buis. Goed afgesloten bleef de vloeistof daarna verstoken van alle leven. Dezelfde bewerking maar nu

lucht toegelaten door een niet verhitte buis. Na korte tijd verschenen levende wezentjes in de vloeistof. Hiermee geloofde Schwann het bewijs voor een atmosferisch agens, een *vis vitalis*, geleverd te hebben (1836). Nadat Schwann ontdekt had dat biergist voor zijn aanwas suiker benut verzekerde hij dat noch gisting, noch rotting veroorzaakt worden door micro-organismen ontstaan door *generatio spontanea* (1838).

Ingenieur Ch. Cagniard de la Tour (1777–1859) had overigens al in 1836 bekend gemaakt dat gist heel kleine, levende organismen is. Zij veroorzaken gisting zo lang zij leven en suiker met hen in aanraking komt.

De standpunten van Schwann en van Cagniard waren strijdig met die van de leidende chemici. Lavoisier – in de 18e eeuw – Berzelius, Wöhler, Liebig in de 19e, allen beschouwden gisting als een chemisch proces waar noch levende organismen of *generatio spontanea*, noch ook een atmosferische *vis vitalis* aan te pas kwamen. Liebig betoogde dat gist een albumen, een proteïne-achtige stof zou zijn, die uit mout overschiet als het in mout aanwezige gistingsferment het zetmeel in suiker, en de suiker in alcohol en kooldioxide omzet. Gist is een bijprodukt van gisting.

13. Pasteur dringt door tot de eerste roerselen van 'leven'

Louis Pasteur (1822, Dôle (Jura) – 1895, Villeneuf-l'Etang (Parijs)) was de zoon van een leerlooier; misschien staat zijn latere belangstelling in verband met zijn afkomst. Hij studeerde van 1843–1846 aan de École Normale Supérieure in Parijs, waar hij na zijn opleiding nog twee jaar werkzaam bleef. Na een kort verblijf als docent in Dijon, trouwde hij in 1849 Marie Laurent.Zij was de dochter van de rector van de universiteit van Straatsburg en zij steunde hem voortreffelijk bij zijn werk. Hij begon in hetzelfde jaar een professoraat in Straatsburg (chemie) en werd in 1854 deken van de faculteit der natuurwetenschappen in Rijssel (Lille), waar hij tot 1857 scheikunde doceerde. Daarna was hij directeur voor het wetenschappelijk onderwijs aan de École Normale en hoogleraar aan de Sorbonne (1867–1885). Het Instituut Pasteur werd na Pasteurs ontwikkeling van het vaccin tegen hondsdolheid in 1888 te Parijs geopend en Pasteur de eerste directeur. Tegen deze achtergrond tekent zich Pasteurs biochemische onderzoek af, waar ik enige hoofdzaken uit vermeld als gegevens voor de tweede strijd inzake *generatio spontanea*.

Als beginnend scheikundige ontdekte Pasteur dat wijnsteenzuur – dat in verschillende verbindingen in het grondsop van kuipen gistende wijn gevormd wordt – in twee vormen voorkomt. Deze zijn chemisch identiek, maar de moleculen van de ene vorm zijn het spiegelbeeld van de andere. Men kan de links-asymmetrische van de rechts-asymmetrische scheiden door de wijnsteenzuur-kristalletjes die vermengd zijn in synthetisch wijnsteenzuur op hun uiterlijk uit te zoeken. Pasteur vond dat levende organismen uitsluitend links-asymmetrische kristallen doen ontstaan. Een verbazend feit.

Asymmetrie karakteriseert alle levensprocessen, schreef Pasteur, en vermoedde dat alle levende wezens in bouw en gedaante en stofwisseling asymmetrie vertonen uithoofde van hun relatie met een kosmische asymmetrie. Een proefopstelling waardoor levende organismen uitsluitend zouden worden blootgesteld aan licht van een in het westen opgaande zon (ondergaand in het oosten), een kunstgreep waardoor wellicht rechts-asymmetrische stofwisselingsprodukten zouden ontstaan, zodat zijn theorie bevestigd kon worden, mislukte. Toch verdient dit vroege werk aandacht, want het demonstreert Pasteurs overtuiging dat het 'leven' in een organisme de lichaamschemie stuurt, de fysiologie regelt, en

niet uitsluitend de chemie de levensprocessen. Dit denkmodel past ook bij een grondwet van Aristoteles, die door Pasteur opnieuw geformuleerd werd door zijn stelling dat de kiem van elk levend wezen niet slechts 'levend zijn' herbergt, maar ook de toekomst van het organisme als levend wezen bepaalt (in esse en in posse).

De heersende opvatting was dat de melkzuurgisting, het verzuren van melk, een chemische omzetting zou zijn, een proces dat niets met levende organismen van doen had. Pasteur begon onderzoek in 1854 en constateerde dat koolhydraten in melk in melkzuur veranderen en dat als bijprodukt amylalcohol (pentanol) verschijnt. Die vloeistof bestaat uitsluitend uit asymmetrische moleculen. Dan moet men veronderstellen dat levende organismen melk verzuren en het gelukte Pasteur te bewijzen dat levende (melkzuur)bacteriën de verzuring teweegbrengen. De suikerbietencultuur rond Rijssel was een gerede aanleiding om alcoholische gisting nader te onderzoeken en Pasteur vond, voortbouwend op het werk van Cagniard, dat ook hier een levend organisme werkzaam was, een gist die het ontstaan van alcohol en van kooldioxide veroorzaakt.

Ofschoon de aanhangers van Liebig zich niet lieten overtuigen, had Pasteur afdoende bewezen dat verschillende gisten verschillende gistingsprocessen veroorzaken en dat gisting volstrekt aan de aanwezigheid van levenskrachtig groeiende gistcellen gebonden was (1857–1858).

Gist ademt, heeft daartoe zuurstof nodig, en als atmosferische zuurstof niet of niet voldoende beschikbaar is onttrekt een gistcel de voor zijn leven benodigde zuurstof aan suikermoleculen (die daardoor uiteenvallen). Pasteur gaf bovendien de verklaring voor een verschijnsel dat Van Leeuwenhoek en Spallanzani hadden waargenomen: er zijn micro-organismen die zuurstof ontvluchten. Hij vond bij zijn studie van de boterzuurgisting dat op aalvormige micro-organismen zuurstof een dodelijke uitwerking heeft. Voer luchtbellen door een boterzuurgisting en de gisting eindigt abrupt doordat die 'vibrionen' gedood zijn door zuurstof. Pasteur gaf de anaërobe bacteriën die naam in navolging van O.F. Müller, hoogleraar in Kopenhagen, microbioloog, die hem bedacht had toen hij in 1768 een groep van zijn *animalcula Infusoria* zo noemde, een naam die ook door Ehrenberg (1838) overgenomen was. Vibrio's zijn anaërobe bacteriën, organismen die sterven als ze met zuurstof in aanraking komen. In 20e-eeuwse *generatio spontanea* beschouwingen spelen anaërobe cellen een grote rol (XII.15).

Hoe komen de gisten in de gistende vloeistoffen? *Generatio spontanea* of zijn het van elders aangevoerde kiemen, misschien door de lucht getransporteerd? Stofjes kan iedereen zien dansen in een bundel zonlicht. Lucht vervoert ontegenzeggelijk materie – ook levende materie?

De vraag was niet zo maar een academisch biologisch probleem. Ontstellende cholera-epidemieën traden op in Engeland (1831, 1848, 1853), een tropisch Aziatische ziekte, import ogenschijnlijk, maar quarantaine kon de ziekte niet tegenhouden. Brachten luchtstromingen de ziektekiemen mee?

14. Pasteur en Pouchet botsen: generatio spontanea een dwaling

In Frankrijk benaderde F.A. Pouchet de *generatio spontanea*-theorie anders dan gebruikelijk was (1858). Hij beschreef (Comptes-rendus Acad. Sci. 47: 979–984) hoe hij afkooksels van hooi beschermde tegen contact met de buitenlucht en na afkoeling nu eens zuivere zuurstof en dan weer synthetisch gemaakte lucht bij het afkooksel toeliet. In de afkook-

sels verschenen na enige tijd proto-organismen van planten en dieren, zei Pouchet. Dus toch, Spallanzani ten spijt, *generatio spontanea*?

F.A. Pouchet (1800–1872) was directeur van het Museum d'Histoire naturelle van Rouaan en had vrijwat gepubliceerd. Hij schreef een lijvige geschiedenis van de bijdrage die Albertus Magnus' werk leverde aan de ontwikkeling van de experimentele biologie. Pouchet was 'positivist', publiceerde in 1842 een Théorie Positive over de bevruchting van zoogdieren en daarna, in 1847, een Théorie Positive de l'Ovulation Spontanée. Hij behoorde tot de verdedigers van de stelling *omne vivum ex ovo*, maar hij wilde die leer verbreden met de mogelijkheid dat organische materie van andere herkomst dan de eigen kiemmaterie zou kunnen deelnemen in de eivorming. Misschien had Pouchet beter gedaan om in plaats van 'ei' te spreken van 'conceptus' zoals Harvey bedoelde.

Ehrenbergs uiteenzettingen – die tegen *generatio spontanea* gericht waren – onderschreef Pouchet in 1848 voor zover zij wezen op de complexe bouw van infusoriën. In 1859 kwam hij tot meer afgeronde uitspraken in zijn boek Hétérogénie ou Traité de la Génération Spontanée.

Een vormende kracht verenigt organische materie, verzekerde Pouchet, tot kiemen of eieren en daar blijft het bij. De 'force plastique' maakt geen volledige levende organismen. Levende wezens die zich sexueel voortplanten bezitten ook dat vermogen om levensvatbare materie, in bijzondere organen, bijeen te voegen.

Toevallige atoomcombinaties als levensherkomst wilde Pouchet niet erkennen. Er is een ordenende levenskracht die dode materie goed voorbereid door de 'force plastique' tot leven brengt en ontwikkelt, en dit alles volgens Gods plan.

Generatio spontanea is dus een voortdurende schepping. Waar staat in de bijbel, zo vraagt Pouchet zijn lezers, dat God zichzelf voorschreef zijn werk nimmer te hervatten? Waar lezen wij dat Hij, na gerust te hebben, zijn scheppingswil vernietigde?

Abiogenese is uitgesloten, maar heterogenese past in Gods bestuur van de natuur en bij Zijn majesteit. Pouchet betrok de palaeobiologie bij zijn argumentatie.

In elke aardlaag verschillen de fossielen, niet min of meer, maar duidelijk en kenmerkend. Heterogenese verklaart heel natuurlijk hoe de fauna zich telkens vernieuwde, een scheppende herleving van organische resten na iedere mondiale katastrofe; het was een ketterse en interessante variant op Cuviers kataklysmentheorie (XII.29).

Onontbeerlijk voor *generatio spontanea*, zei Pouchet, zijn rottende organische resten, lucht en water. Bevorderlijk zijn bij voorbeeld elektriciteit en licht. Rood licht veroorzaakt het ontstaan van dierlijke en groen licht van plantaardige proto-organismen.

De laatste grote wereldramp, vervolgde Pouchet, was de tijd van de zondvloed en het oprijzen van de Andes. De 'force plastique' heeft zich na die periode nooit meer geheel hersteld (en de katastrofen zijn eveneens in omvang verminderd) en is nu nog slechts werkzaam door 'eieren van oneindig kleine wezentjes te maken'.

Pouchets boek, dat welbeschouwd weinig nieuws bevatte en niets revolutionairs verdedigde, wekte in Frankrijk heftige reacties op, voorshands omdat hij verkeerd begrepen werd. Hij gold als materialist, atheïst, en eigenlijk als staatsgevaarlijk.

Pasteur kookte flessen met suikerwater vermengd met allerlei afgietsels, zodat de boven de vloeistof aanwezige lucht de fles werd uitgedreven. Na het koken werd de tuit van de fles roodgloeiend verhit en dichtgesmolten, zodat geen atmosferische lucht ongesteriliseerd de flesinhoud bereiken kon. Zuurstof was dus wel aanwezig boven de vloeistof, maar er ontstond geen spoor van leven. Met hetzelfde argument als Needham tegen Spallanzani gebruikt had, bestreed Pouchet Pasteurs resultaten. Voor een spontaan levensbegin is

lucht die een roodgloeiende buis gepasseerd is, waardeloos.

Lucht vervoert levende kiemen: Pasteur bewees het door atmosferische lucht door watten te filtreren en daarna de watten in alcohol uit te spoelen. Hij vond organische voorwerpjes, sporen, kiemen. Als men de steriele vloeistof in een fles met een besmette watteprop door kantelen in aanraking brengt, zullen binnen enige dagen daarna micro-organismen verschijnen. Hoe kiemvrije lucht zonder voorafgaande verhitting boven de afkoelende vloeistof toe te laten? Een vriend van Pasteur, Antoine Balard - later lid van de tweede commissie (p. 1230) - bedacht de fameuze zwanehals, de langgerekte S-vormige flessetuit, die wel buitenlucht liet passeren maar deze dwong door een vochtlaag onder in de bocht te gaan (zodat eventuele kiemen daarin achter zouden blijven). De proeven slaagden. Microbengroei in de flesinhoud begon pas nadat door schudden de vloeistof in aanraking met het vocht in de zwanehals gekomen was.

Pouchet was niet overtuigd. Na koken is geen leven mogelijk en in de atmosfeer komen geen levende kiemen voor, wel levenbeginsels en bij hoge uitzondering, misschien nu en dan een kiem. Pouchet verzekerde met nadruk zelf nimmer een spore, of een 'ei' van een 'microzoaire' of een ingekapselde *animalcule* uit atmosferische lucht te hebben opgevangen. Leven ontstaat dank zij gave zuurstof tezamen met luchtlevenskracht in een vloeistof die organische materie bevat. Samen met N. Joly, hoogleraar in Toulouse en diens medewerker Ch. Musset, schreef Pouchet een Étude Microscopique de l'Air in 1860; zij bevestigden dat kiemen in de atmosfeer hoogst zeldzaam zijn. Waren ze talrijk dan moest de buitenlucht steeds troebel zijn.

Zojuist hadden Claude Bernard (VII.37) en J.-L.A. Quatrefages de Bréau (1810–1892) een artikel gepubliceerd waarin zij verduidelijkten dat de atmosfeer rijk van organische korreltjes voorzien was (1859). De Académie besloot een prijsvraag uit te schrijven: of *generatio spontanea* waarlijk plaatsheeft en het antwoord diende door degelijke experimenten gesteund te worden.

In de loop van 1860 en 1861 schreef Pasteur vijf Notes die hij bundelde en als antwoord op de prijsvraag inzond dat met de titel Mémoire sur les Corpuscules Organisés qui Existent dans l'Atmosphére (1861) in druk verscheen en in 1862 bekroond werd. Pouchet had zijn inzending teruggetrokken, want hij achtte (niet geheel zonder reden) de prijscommissie bevooroordeeld. De titel van Pasteurs verhandeling is belangrijk, want hij duidt aan dat in de lucht gestructureerde lichaampjes zweven, niet zo maar korreltjes organische materie en evenmin een mysterieus ongestructureerd fluïdum (Schwann, Pouchet). De conclusie is duidelijk: indien levende kiemen door de atmosfeer worden aangevoerd, vervalt de noodzaak om in gistende of rottende, al dan niet gekookte, organische materie een *generatio spontanea* te veronderstellen om het verschijnen van micro-organismen te verklaren.

In een briefwisseling met Pouchet suggereerde Pasteur dat de lucht die Pouchet bij zijn hooi-infuus had toegelaten kiemen zou hebben bevat. Of misschien was het kwik dat Pouchet als afsluiting gebruikte besmet geweest?

Op grond van een beroemd experiment besloot Pasteur tot een 'panspermie limitée in de atmosfeer. Op 14 augustus 1860 hield hij op het binnenplein van het Parijse Observatoire 10 luchtdicht gesloten tuitflessen met gekookt gistwater zo hoog hij kon boven zijn hoofd en brak de tuit van elke fles met een gloeiend pincet. De buitenlucht stroomde de flessen in en Pasteur smolt de tuiten daarna weer dicht. Hij ging met 10 andere flessen met gelijke inhoud de kelder van het Observatorium in en herhaalde de proef. De vloeistof in alle flessen van het binnenplein was na enige dagen troebel door de groei van micro-

organismen en negen van de tien flessen uit de kelder bleken kiemvrij. Later opende hij 20 flessen met gekookte vloeistof aan de voet van de Jura, dicht bij Dôle en ver van alle huizen, 20 flessen op 850 m zeehoogte (Mont Poupet) en 20 op 2000 m hoogte, op de gletscher van de Mont Blanc. Na sluiting bleken 8 flessen bij de Jura besmet te zijn, 5 op Mont Poupet en 1 op de Mont Blanc-gletsjer. Er is een kiemdichtheid in overeenstemming met de zeehoogte. De proef op de gletsjer moest Pasteur herhalen, want hij kon in het verblindende licht de vlam niet zien waarmee de flessetuit weer mee moest worden dichtgesmolten, zodat hij vóór zonsopgang terug kwam om in het halfdonker de proef opnieuw uit te voeren.

Pouchet, niet verslagen, maakte met zijn flessen hooi-infuus dezelfde reizen en klom nog 1500 meter hoger, de gletsjer van de Maladetta op en constateerde daarna dat alle flessen microbengroei vertoonden, onverschillig waar zij geopend waren. Dat mocht hij op grond van zijn theorie ook verwachten (1863). In dat zelfde jaar vertrouwde Pasteur de Académie ter controle volstrekt gesloten kolven toe met steriel opgevangen bloed en urine uit de aderen en de blaas van gezonde dieren samen met ontsmette nimmer verhitte lucht. Zij vertoonden bewaard bij 30^0 C geen spoor van leven, niet na maanden en ook niet na jaren. Organische materie, bij uitstek geschikt om *generatio spontanea* te laten plaatsvinden, blijft levenloos.

Joly, Musset en Pouchet verzochten in 1864 de Académie opnieuw een commissie te benoemen ter beoordeling van de nieuwe proefresultaten. Pouchet had nu zonder kwik gewerkt, zodat Pasteurs vermoeden van een kwikbesmetting niet kon gelden. In 1864 werd de commissie ingesteld, alle leden verklaarde tegenstanders van *generatio spontanea*. Een objectief oordeel werd nog meer dan vroeger bemoeilijkt doordat in 1862 de Franse vertaling van Darwins Origin was verschenen (begeleid door een kritiek op de Kerk, geschreven door de vrouw van de vertaler, C. Royer). Eén der commissieleden, M.J.P. Flourens (1794–1867), hartstochtelijk gelovig en hoogleraar in de vergelijkende anatomie, een uitstekend onderzoeker van hersenbouw en -functies (hij ontdekte het ademhalingscentrum in 1837), was een scherpzinnige geleerde, een bioloog met grote invloed. Hij had doorzien en uiteengezet dat *generatio spontanea* een onmisbare sluitsteen is voor een Darwinistische natuurbeschouwing en dus voor een atheïstisch materialisme. Zo'n materialisme wees Flourens af.

De samenstelling van de Commissie maakte bij voorbaat een beoordeling van het vraagstuk en de bijbehorende experimenten volgens natuurwetenschappelijke normen onmogelijk. De Commissie had partij gekozen tegen spontane generatie om filosofische en theologische redenen. Vóór de Commissie zijn werk begon hield een van de betrokkenen wiens werk ter discussie stond, Pasteur, een briljant pleidooi voor zijn standpunt in het openbaar dat een onuitwisbare indruk achterliet.

Kan materie zichzelf organiseren? Kunnen organismen zonder de tussenkomst van levende ouders ter wereld komen? Vragen die Pasteur beantwoordde met een voordracht in de Sorbonne (7 april 1864).

Tout Paris was aanwezig. Pasteur liet in de duisternis van de zaal zien hoe in een lichtstraal de duizenden luchtstofjes wemelden en hij toonde een van zijn proefflessen met zwanehals die, vier jaar geleden gesloten, een nog altijd volkomen heldere vloeistof bevatte. Ademloos luisterde men:

> 'Ik kan u zeggen dat ik uit de oneindigheid van de schepping mijn waterdruppel afzonderde, een druppel vol met alle elementen die de ontwikkeling van lagere organismen vergt. En ik wacht, ik zie toe, ik vraag mij af, ik smeek de druppel om mij

terwille het schone schouwspel van de eerste schepping te hervatten, maar de druppel is levenloos, en bleef levenloos sedert deze experimenten jaren her begonnen, levenloos omdat ik de toegang versperde van het enige dat de mens niet vermag te vervaardigen... De kiemen die in de lucht zweven bleven buiten, leven bleef buiten, want Leven is een kiem en een kiem is Leven... Nooit zal de theorie van een *generatio spontanea* de dodelijke slag te boven komen die dit eenvoudige experiment heeft toegebracht.'

Op 24 Juni 1864 vergaderde de commissie. Men besloot één experiment in ogenschouw te nemen dat Pasteur al dagen tevoren had ingezet, terwijl hij ter vergadering bovendien nog over een karrevracht tevoren aangevoerde apparatuur beschikte. Pouchet, Joly en Musset verlieten de vergadering onder protest. Pouchet vertolkte hun standpunt. Spontane generatie is 'anatomisch, biologisch, wiskundig, chemisch en geologisch' bewezen (Nouvelles Expériences sur la Génération Spontanée...; 1864).

Het rapport van de commissie werd in februari 1865 uitgebracht. Na herhaalde stemming, veel stemonthoudingen in een rommelige vergadering, koos de Académie ten gunste van Pasteur. De verdeeldheid binnen de Académie die Farley (1977) beschrijft (en historisch-materialistisch toelicht, hetgeen hem tot eenzijdige en singuliere uitspraken verleidt) maakt duidelijk dat het Darwinisme in Frankrijk terrein had gewonnen.

Twee aantekeningen: zowel Pasteurs als Pouchets experimentele resultaten waren juist. *Bacillus subtilis*, de hooibacil, kan als kleine bolvormige cellen koken lange tijd doorstaan en zich daarna weer vermeerderen als staafvormige cellen. Ferdinand Cohn, de Breslauer hoogleraar die de biologie van de Cryptogamen zowel taxonomisch als fysiologisch uitstekend onderzocht en de naam 'Bakterien' in 1872 bedacht had, toonde het in 1875 aan. Hij zette zijn onderzoek voort met hooi-infuus waarin van nature *B. subtilis* voorkomt en hij toonde aan dat diens 'endosporen' niet door koken worden gedood. Zo werden Pouchets resultaten tien jaar later (in 1876) afdoende verklaard.

Voorts staat men versteld van de stroefheid van beide onderzoekers. Pasteur probeerde Pouchets hooi-infuus nimmer en Pouchet stelde Pasteurs gistwater en andere afgietsels nooit op de proef.

15. Gisting en enzymen: leven zonder zuurstof

Het concept *generatio spontanea* stond niet slechts in nauw verband met wijsbegeerte, met theoretische biologie en met de evolutieleer, het had bovendien industriële ontwikkelingen van mondiale betekenis ten gevolge. Het 'pasteuriseren' (een kortstondige verhitting om bacteriële groei daarna te verhinderen) heeft de zuivel-, bier- en wijnindustrie grondig gewijzigd. Er is een 'bijzondere wetenschap' die toegepast mag heten, zei Pasteur. Elke zuiver wetenschappelijke vondst vindt te eniger tijd toepassing in het menselijk en maatschappelijk bedrijf.

Chemisch transformisme in de zin van dode stof die zich tot een levend wezen organiseert experimenteel aantonen, slaagt niet, integendeel. Met tussenpozen bleef Pasteur pogingen doen abiogenese op te sporen gedachtig aan de asymmetrische molecuulsynthesen die hij in zijn beginjaren ontdekt had. Hij vorderde niet. Waren de beweringen van Lamarck en van Darwin over transformisme van levende organismen eveneens onbewijsbaar?

De azijnschimmel (*Mycoderma aceti*) maakt in zoete wijn uit alcohol en zuurstof azijn-

zuur (en water) indien de schimmelcellen met lucht in aanraking zijn. Indien de schimmel niet met atmosferische lucht in contact komt, maakt de azijnschimmel uit suiker alcohol en gedraagt zich dan als een gist, terwijl de alcohol niet verder tot azijnzuur wordt omgezet. Het was een ervaringsfeit bekend bij alle wijnbouwers. Kan door een veranderd milieu (al dan niet aanwezige vrije zuurstof) een schimmel een gist worden (en omgekeerd)?

Op schoteltjes zoete wijn en schoteltjes biermout zaaide Pasteur *Mycoderma*. De schimmel, voorspoedig groeiend, bedekte alle schoteltjes met het bekende kaamvlies. Pasteur goot vlies en vloeistof in een fles, maakte deze luchtledig en sloot luchtdicht af. *Mycoderma* groeide nog langzaam, de groei stokte weldra en de schimmel stierf, gestikt. Een controle bewees dat hij tevoren toch alcohol uit de vloeistofsuiker gemaakt had, althans zo scheen het. Dat wilde zeggen dat *Mycoderma* in zuurstofloos milieu van aëroob anaëroob geworden was, korte tijd als gist geleefd had, korte tijd weliswaar, maar toch. Het bevestigde proefondervindelijk wat wijnbouwers uit de praktijk wisten.

Pasteur erkende transformisme te hebben geconstateerd en dat dus soortconstantie betrekkelijk is. Lamarck en Darwin verdedigden een deugdelijke theorie, zo scheen het. Een veranderd milieu veroorzaakt de verschijning van een nieuw organisme, anders van vorm en met een andere fysiologie. Korte cellen die tevoren in de droesem aangetroffen waren schenen door lange, smalle te zijn opgevolgd, die als draden bijeen bleven wanneer ze met lucht in aanraking waren. Soortverandering door milieu-invloed, Pasteur moest het met tegenzin toegeven.

Hier nam Pasteurs rechterhand het initiatief over. Emile Duclaux (1840–1904) werkte al jarenlang nauw met hem samen, in de jaren zestig over *generatio spontanea*. Duclaux nam later deel aan de ontwikkeling van Pasteurs wereldveroverende vaccins. Hij was fysico-chemicus, microbioloog, een uitstekende docent (hoogleraar Sorbonne in later jaren), begon in 1886 het leidende tijdschrift Annales de l'Institut Pasteur, en volgde zijn chef op als directeur (1888). Duclaux nam met de gevonden feiten (en Pasteurs capitulatie) ten gevolge van de *Mycoderma*-experimenten geen genoegen. Hij zette de microscopische studie van de proefvloeistoffen voort en ontdekte behalve *Mycoderma*-cellen in de droesem, tevens *Mucor*-cellen en zouden bovendien gistcellen (*Saccharomyces*) eveneens binnengeslopen kunnen zijn? Hij vond ze inderdaad. Toen *Mycoderma* vrij van *Saccharomyces*-gistcellen werd ingezet bleef daarna de zogenaamde *Mycoderma*-gisting uit. Géén transformisme, nadrukkelijk niet.

> Pasteur schreef: 'Nu heden ten dage het geloof in soortovergangen zo gemakkelijk aanvaard wordt – misschien omdat gelovigen zich weinig bekommeren om het naleven van een volstrekte nauwkeurigheid bij het experimenteren – is het niet zonder belang op te merken dat gedurende het proefondervindelijk onderzoek dat ik verrichtte betreffende de zuivere kweek van microscopische planten, ik eens meende te moeten toegeven dat een organisme zich in een ander organisme veranderd had, dat een *Mycoderma* een gist werd. Ik beging een fout...'

Uit het 19e-eeuwse onderzoek kwam vast te staan dat gisting een levensproces in luchtloze milieus is, daar waar vrije zuurstof ontbreekt. Het is een kwaliteit van levende cellen die niettemin kwantitatief aan dode materie gebonden is. Onderzoek van M. Berthelot, Liebig en Claude Bernard bewees dat gistcellen een oplosbare stof bevatten die in staat is suiker af te breken in afwezigheid van vrije zuurstof. Zulke stoffen kregen later de naam *enzyme*, want ze waren oorspronkelijk in zuurdeeg, in gist (*zyma*) gevonden.

De historie van de enzymen moet hier verder buiten beschouwing blijven; een opmerking nog over A. Béchamp. Hij meende waargenomen te hebben dat uit korrels eigeel

(dooier) door de werking van 'microzymas' levende cellen gevormd werden, heterogenese dus, en hij bestreed Pasteur (Les Microzymas; 1883). In de 20e eeuw nam Lepeshinskaja deze vergissing opnieuw in studie (XII.19).

Andere medische en biotechnische ontdekkingen door Pasteur die hem voor altijd tussen de grootste biologen plaatsten, kan ik slechts noemen: de vaccinaties met levende, verzwakte bacterie-culturen, tegen kippecholera (1879), tegen miltvuur (1881), tegen hondsdolheid (1885).

16. Denken over de herkomst van 'leven' is tijdverlies, zegt Darwin

Terwijl in Frankrijk (en in Duitsland) de *generatio spontanea*-theorie getoetst werd, ijverig en ernstig gezocht werd naar bewijzen voor of tegen, was de situatie in Engeland een geheel andere. Van een ontwikkeling zoals op het continent was geen sprake. Het vraagstuk van het ontstaan van leven dat de Franse biologen bezighield en dat volgens de Duitse Darwinisten een antwoord vereiste, ontweken de Engelsen in meerderheid.

John Stuart Mill (1806–1873) was een filosoof die tot de positivisten gerekend wordt, maar in tegenspraak met Comte, de Franse ontwerper van het positivisme, ontkende hij de noodzaak om zich, inzake natuurwetenschap, met een *prima causa*, een Ontwerper van levende dingen bezig te houden. Wie zulke vermoedens wenst te overwegen is vrij om dit te ondernemen, maar met wetenschap heeft een overdenking van een *prima causa*, hoe dan ook opgevat, niets te maken. Aristoteles' syllogismen-methode is formeel logisch, fout.

Door A system of Logic (2 delen, 1843) overtuigde Stuart Mill de meeste Engelsen dat een ware *causa* niet anders dan een kenbaar feit kan zijn dat een ander kenbaar feit wetmatig veroorzaakt. Zulke causa's verdienen aandacht en zij alleen. Een beginoorzaak is onmeetbaar, onkenbaar en daarom geen wetenschappelijk belangrijk begrip. De wering van het zoeken naar primaire oorzaken is, volgens Stuart Mill, natuurwetenschappelijk logisch. Een *Causa* heeft geen wetenschappelijke betekenis: het is de slotsom van een consequent materialisme die o.a. voor de latere Darwinisten dogma zou worden. Het Malthusianisme steunde Stuart Mill van harte.

Een voor velen aantrekkelijke theorie opperde W.B. Carpenter (1813–1885), zoöloog, microbioloog, fysioloog en werkzaam als hoogleraar in de Royal Institution, Londen (sinds 1845). Fysische (onstoffelijke) krachten (zoals warmte) in aanraking met materie, zoals metalen, veranderen van aard (worden bij voorbeeld elektriciteit), en geen energie gaat verloren (H. von Helmholtz, 1847). Een elektrische prikkel op een zenuw uitgeoefend laat zien hoe deze in zenuwenergie verandert. Levende weefsels bezitten allerlei levenskrachten – géén mystieke *vis vitalis* – en omdat deze aan de anorganische krachten eigen, aan materie verbonden zijn en bovendien de levenskrachten en de materiekrachten in elkaar kunnen overgaan, van aard veranderend, bewerkstelligen zij het ontstaan van een begin van organische leven (germ of organic structure).

Zo'n theorie kwam tegemoet aan bezwaren tegen *generatio spontanea* die van oudsher zowel in Engeland als op het vasteland geuit waren: de structuur van zelfs de kleinste organismen is zozeer complex dat een toevallige rangschikking van materie ondenkbaar is als oorzaak van hun ontstaan (Swammerdam, H. Spencer). Carpenter beperkte zijn theorie tot heterogenese (1850) en het behoeft geen toelichting nodig dat zijn transmutationtheorie van levenskrachten uitstekend paste bij Darwins leer. Carpenter geloofde aan een

naaste verwant van *Bathybius* (Haeckel, p. 1220) *Eozoon canadense* geheten, een levend oerslijm uit de diepzee. In latere jaren werd Carpenter Darwinist, zij het met een deïstisch voorbehoud, dat hij desgewenst aan Origin zou kunnen ontlenen. In tegenstelling tot Darwin echter betoogde Carpenter dat een Goddelijke Wil de Eerste Oorzaak is van het voortkomen van levende organismen uit dode materie, terwijl de mens verscheen dank zij een afzonderlijke schepping.

Darwins Origin, een betoog dat alomtegenwoordig natuurlijk transformisme (transmutation, descent with modification) aan causale materiewetten toeschreef had, merkwaardig genoeg, de lezers zowel aan het begin als aan het slot van de theorie in het ongewisse gelaten. Om van de levende natuur het eeuwigdurende spel der veranderingen te verklaren is allereerst de aanwezigheid van levende materie vereist die, als Genesis een fabel is, ontegenzeggelijk het gevolg moet zijn van een organisatiedrift van dode materie. Hoe en waar verscheen uit dode stof leven? Als slot en hoogtepunt van de transmutatieleer ontstond de mens. Hoe en waar? Op beide vragen gaf Origin geen duidelijk antwoord.

In 1859 lazen de biologen in Engeland dat waarschijnlijk (probably) alle organismen die ooit op aarde leefden afstammelingen zijn van een of ander primair wezen (some one primordial form), waar het eerste leven ingeblazen werd (into which life was first breathed; Origin 1959, p. 484). Deze Hebreeuws-Griekse-bijbelse opvatting van levenwekkende lucht wordt in de laatste alinea van Origin herhaald. Daar spreekt Darwin van ingeblazen leven met verschillende vermogens (life with its several powers), terwijl nu de inblazing plaatsheeft bij 'een klein aantal organismen of één' (waarmee Darwin zeker niet de mens bedoeld kan hebben). Wat bedoelde hij dan?

Zeker is dat hij zich niet aan vermoedens omtrent een Eerste Levenscausa kon onttrekken, ofschoon Stuart Mill hem voor dat onwetenschappelijke vermoeden gewaarschuwd had. De transmutatie-theorie wenste Darwin gebruikt te zien als een argument tegen elke scheppingstheorie: terecht, want zijn leer is een volstrekt materialisme. Niettemin handhaafde hij zijn orakeltaal in de vijf volgende edities van Origin,die hij op allerlei andere punten bijstelde. Weliswaar schreef hij zijn trouwe toeverlaat Hooker in 1863 dat hij terwille van de openbare mening een suggestie over een schepping had geuit, maar, zo verzekerde hij Hooker, eigenlijk had hij een volkomen onbekend proces bedoeld (some wholly unknown process). Waarom verbeterde Darwin zijn voorzichtige, nauwkeurig en breed gedocumenteerde boek niet?

Hij ontweek dit kernprobleem want hij weigerde anderen en zichzelf ronduit rekenschap te geven van de consequenties van zijn theorie. *Generatio spontanea* is buiten het bereik van wetenschap (beyond the confines of science) en naar zijn oordeel is het flauwekul (mere rubbish) om over het ontstaan van leven na te denken. Hij schrijft Hooker dat men even goed zou kunnen denken over het ontstaan van materie. Deze uitlating (*sub rosa*) bewijst dat Darwin het vraagstuk als een bestanddeel van het materialisme herkende. Hij concludeerde in zijn brief dat even goed als Newton de zwaartekracht en de planetenbeweging onderzocht zonder te weten wat de zwaartekracht nu eigenlijk is, het mogelijk is de veranderingen van de levende wezens te bestuderen zonder te weten wat de oorsprong van het leven is. De vergelijking gaat ernstig mank, maar typeert de wijze van verdediging der vroege Darwinisten in Engeland als zij het ontbreken van de hoeksteen van de transmutatie-theorie moesten erkennen. Een eeuw later gaven Darwinisten volmondig toe dat *generatio spontanea* een onmisbaar sluitstuk van de evolutietheorie is en stereotiep luidt vervolgens het commentaar dat het experimentele bewijs hiervoor nóg niet geleverd is.

Darwins volgelingen konden de theorie van een *generatio spontanea* niet zo zoetjes verpakken als Darwin zelf en begrepen dat 'transmutation' en materialistische biologie een moediger antwoord niet konden ontberen. Allereerst legde Huxley, Darwins heraut, een rookgordijn.

Biologen die in de jaren zestig worstelden met het probleem dat Darwin liet liggen, of hetzij door een scheppende kracht leven op aarde verscheen, op de wijze van Genesis – letterlijk of symbolisch – hetzij door materie-eigen krachten, vernamen van Huxley dat de theorie van het ontstaan der soorten niet noodzakelijk een verklaring voor het verschijnen van de eerste stamouders (primitive stock or stocks) inhield. De hypothese van 'transmutation', verzekerde Huxley (1860), is geheel en al in overeenstemming met zowel de gedachte aan een bijzondere schepping van de beginkiem (the primitive germ) als met de veronderstelling dat zo'n kiem ontstond door natuurlijke oorzaken (natural causes) die anorganische materie wijzigden (modification of inorganic matter).

Darwin en Huxley lieten na ronduit kleur te bekennen en hun volgelingen vrij zelf te beslissen wat Darwinisme onderstelde: òf een geschapen Godgewilde natuur in het begin die daarna automatisch de wetten van de dode natuur volgt, een wereld van bewegende en zelf willoze materie, òf een veranderende kosmos waarbinnen redeloos en zonder begin of einde materie zich rangschikt en tot leven komt en waarin Darwinisten ordening kunnen aanwijzen. Het vroege Darwinisme telt dan ook onder zijn aanhangers bijbels bevlogen gelovigen (Gray, Carpenter), agnosten (Huxley) en heidenen (Haeckel).

Omdat Darwin zijn leer zo behoedzaam en zorgvuldig beperkte tot de organische natuur vergde een besef van de metafysische consequenties onder biologen die in de late 19e eeuw meer en meer zich met de beoefening van biotechnisch onderzoek tevreden wilden stellen, jaren tijd.

Niettemin begrepen enige auteurs al spoedig dat biologie en metafysica onafscheidelijk verbonden zijn en dat deze natuurwet in het bijzonder op Darwinisme van toepassing is.

Gilbert Child, plantkundedocent in het St. George's Hospital in Londen, wilde ook na het mislukken van experimenteel onderzoek toch heterogenese als een realiteit aanvaarden (1864) en verklaarde in 1869 dat abiogenese en heterogenese als factoren in de evolutieleer niet gemist kunnen worden. In Duitsland dacht men er niet anders over (Haeckel). In Frankrijk had Pasteur tijdens zijn toespraak in de Sorbonne (1864) het schoon en treffzeker gezegd: 'Wat een victorie voor het materialisme als het zich zou kunnen beroepen op het feitelijke bewijs dat zichzelf organiserende materie tot leven zou komen!' F. Isnard zette dit nogmaals met klem van redenen uiteen (Spiritualisme et Matérialisme; 1879) en E. Perrier viel hem bij (1879, 1882).

In Engeland waar onderzoek naar abiogenese allereerst verwacht mocht worden, werd in de 19e eeuw het vraagstuk zelden proefondervindelijk benaderd.

Herbert Spencer, positivistisch filosoof (XII.35), beschouwde levende wezens als een geordend aggregaat van fysiologische eenheden (fysiological units). Darwin bezigde hetzelfde model in zijn natuurlijke teeltkeustheorie waarin levende organismen als een verzameling van zeer talrijke eigenschappen beschouwd worden en paste het toe in zijn *gemmulae*-theorie (VIII.17). Spencers 'fysiological units' zijn grote, aan elkaar bevestigde proteïnemoleculen. Zij rangschikken zichzelf uit een chaos van anorganische moleculen, zijn onderworpen aan 'natural selection' en kleiner, vormlozer en vergankelijker dat de eenvoudigste infusoriën. Pas na een geweldig lang tijdbestek komt een groep eenheden tot leven, langzamerhand en een moment waarop dit leven begint is ondefinieerbaar. Een universele evolutie (Spencer was de eerste die de term evolutie los maakt van zijn traditio-

nele betekenis: embryonale ontwikkeling) sluit elk tijdstip voor een begin, van wat dan ook, uit, verzekerde Spencer (The Principles of Biology; 1864).

Met deze slotsom had hij Huxleys (en Darwins) scheppingsprobleem uit de weg geruimd, maar zover mij bekend hebben noch Huxley noch Darwin Spencers oplossing aanvaard. Drie onderzoekers daarentegen hebben voor hun standpunten uit Spencers metafysica geput: Thiselton-Dyer, Bastian en Burdon-Sanderson.

17. De consequenties van het biomaterialisme

De toenmalige hoogleraar in de botanie aan het Royal College of Science in Dublin, W. Thiselton-Dyer, publiceerde in 1870 een visie die zowel het materialisme als de evolutieleer steunde. Abiogenese achtte hij ondenkbaar en een strenge scheidslijn tussen het organische en het anorganische was al evenmin aanwijsbaar. Uit dode materie ontstaat levende, geleidelijk, en via talrijke nauwelijks verschillende tussenfasen (insensible gradations). Daarom is een geloof aan *generatio spontanea* strijdig met de evolutietheorie. Zo'n geloof is eigen aan vitalisten die een bovennatuur ontkennen en het concept van een bijzondere schepping vervangen door een toevallig samentreffen van atomen. Met deze laatste uitspraak bewees Thiselton-Dyer van het vitalisme niets te hebben begrepen. Zijn mening over de geleidelijke aanloop van dode naar levende materie (die Spencer voor het eerst verdedigde) werd onderschreven door vele Darwinisten en in de laatste decaden van de 20e eeuw aanvaarden biologen in grote meerderheid deze uitweg uit een pijnlijke onzekerheid, ofschoon zo'n geleidelijke progressie van dood naar leven het vraagstuk zowel van abiogenese als van heterogenese niet beantwoordt, noch theoretisch, noch proefondervindelijk.

Levensverschijnselen zijn niet tot gevormde protoplasten beperkt, verklaarde H. Ch. Bastian (1837–1915) in 1870. Hij was een vooraanstaand medicus en microbioloog verbonden aan de grote Londense Hospitals. Hij volgde Thiselton-Dyer door zijn mededeling dat ongestructureerde plasmatische materie bij benadering leven kan.

Twee jaar later legde Bastian uit dat levende wezens materie-aggregaten zijn, dat zij samengesteld zijn uit componenten die elk afzonderlijk niet leven, maar verenigd wèl.

Het volgende citaat vertaalde ik uit Meyer (1939).

> 'In strijd met alle vroeger opgedane ervaringen zou het zijn, en een inbreuk maken op de uniformiteit der natuurwetten als enigerlei kiemen die tevoren bestonden de invloeden waar zij in mijn proefflessen aan blootgesteld worden, zouden overleven. Geenszins zou het echter botsen met onze ervaringen als wij zouden constateren dat spatjes levende stof zich in sommige vloeistoffen *de novo* zouden vormen evenals splintertjes kristallijne stoffen zich in andere vloeistoffen vormen, en dit in het bijzonder nu zij in feite onder de microscoop gezien, op deze manier te voorschijn komen. De materialistische verklaring van levensverschijnselen die nu overal instemming vindt, pleit zonder voorbehoud ten gunste van deze mogelijkheid.
>
> Zodoende beschikken wij op basis van analogie over een bewijsgrond van grote kracht en bovendien over een overstelpende hoeveelheid proefondervindelijk verkregen bewijsmateriaal dat ertoe leidt om een uit de lucht gegrepen machtwoord *omne vivum ex vivo* tegen te spreken, dat velen ten onrechte geloven een op dagelijks ervaringen berustende, gewettigde conclusie te zijn.'

Er is dus geen scherpe scheiding tussen anorganisch en organisch leven en ook daarom

is Virchows maxime (elke cel uit een vorige cel, VII.35) onjuist. Iedere component die zich voegt bij de groeiende probiont draagt aan het geheel een kleinigheid bij totdat leven zich roert. Aldus Bastian, en hij vervolgt:

Cellen kunnen zichzelf in organisch materiaal vormen (Béchamp, Lepeshinskaja). Ingewandswormen planten zich weliswaar normaal (anequivook) voort, maar dat hoeft heterogenese als alternatieve voortplantingsweg niet uit te sluiten.

Bastian schreef over The Beginnings of Life een boek van meer dan 1000 bladzijden druks (1872). In een reeks grotere en kleinere publikaties (The Origin of Life; 1911) herhaalde Bastian dat een voortdurende aanmaak van micro-organismen plaats moet hebben, hoe dan ook, want anders zouden zij ten gevolge van de evolutie al lang verdwenen moeten zijn en het tegendeel is het geval.

Deze allereenvoudigste, kort levende, variabele, nauwelijks gestructureerde wezentjes noemde Bastian *ephemeromorphe* organisms. Zij verschijnen door *archebiose* uit dode stof. Dat gebeurde vroeger en nu nog altijd, want de evolutie is uniform en continu.

We kunnen wel raden dat de Efemeromorfen voor de natuurlijke teeltkeus onaantastbaar zijn. Nadat zij eigener beweging structuur hebben verworven begint de selectie waardoor dan de ontwikkeling naar homogenetische voortplanting volgt.

De theorie van het ontstaan van levende min of meer georganiseerde materie in levende wezens (endogenese) bracht Bastian in verband met besmettingsproblemen, hetgeen in medische kringen reacties veroorzaakte die hier niet vermeld hoeft te worden.

J. Burdon-Sanderson (1828–1905), een Schot, hoogleraar voor de fysiologie in het Londense University College, bewees proefondervindelijk dat elektrische invloeden bij de bladbewegingen van *Dionaea*, het Vliegevangertje, nauwkeurig met de elektrofysiologie van spiercontracties overeenstemden (1882, 1888). Deze vondst bevestigde de zojuist ontdekte (1880) overeenstemming tussen dierlijk en plantaardig protoplasma en daarmee de onderstelling van een monistische abiogenese, een op één manier ontstaan van levende materie. Tevoren had Sanderson proeven gedaan op de wijze van Pasteur en Pouchet, onzekere uitkomsten verkregen en zich daarna tegenstander van *generatio spontanea* verklaard. Het was in 1873, hetzelfde jaar als waarin Cohn in Duitsland zijn proeven begon (p. 1231) die de botsing Pasteur/Pouchet uit de weg zouden ruimen. Burdon-Sanderson wilde Bastian toch wel steunen.

J.H. Bennett herhaalde nog eens dat levende wezens onmogelijk uit een toevallig botsen van anorganische moleculen zouden kunnen voortkomen. Wel heeft een vorm van heterogenese plaats omdat een moleculaire constellatie van ouderlijke dieren afkomstig een prikkel kan ontvangen die de ontwikkeling tot een levend organisme in gang zet.

In 1874 onderstreepte hij hoe de voortplantingspatronen een afdalende reeks zijn volgens een Darwinistisch evolutiemodel. Hogere organismen planten zich homogenetisch voort, veel lagere organismen parthenogenetisch (een directe ouderlijke tussenkomst bij vermeerdering blijft uit) en ten slotte, voor de eerste, meest eenvoudige levende wezens heterogenese (levenskracht werkzaam terwijl voorouders ontbreken).

Oleo-albumineuze moleculen hopen zich op als een vlies op organische vloeistoffen die aan lucht zijn blootgesteld en vloeien samen: infusoriën ontstaan. Dit model keerde een eeuw later gemoderniseerd terug in het onderzoek over abiogenese.

John Tyndall (1820–1893), een Ier die na een ingenieursstudie zijn opleiding in Duitsland (Marburg en Berlijn) voltooide (1852), werd in 1853 hoogleraar voor de natuurfilosofie aan het Royal Institute in Londen waar hij fraai onderzoek deed over thermodynamica, gletscherbewegingen en lichtstrooiing door de fijnste deeltjes in vloeistoffen veroorzaakt

(Tyndall-effect). Hij verwaarloosde fundamenteel biologisch onderzoek intussen niet.

Hij experimenteerde jaren lang over *generatio spontanea* en besloot in 1874 dat Pasteurs 'panspermie limitée' juist was en alle proeven die *generatio spontanea* schijnen aan te tonen, fouten. De grijze penseelschimmel (*Penicillium glaucum*) belemmert de groei van vele bacteriën, maakte dokter W. Roberts in 1874 bekend. Tyndall en anderen constateerden dit antagonisme eveneens (1875; zie voor de historie van het penicilline Ainsworth, 1975) en hij bevestigde het bestaan van hittebestendige bacteriën in 1877.

> 'Materie is de universele moeder die uit haar schoot alle dingen zoals vruchten voortbrengt... Mijn geloof in de samenhang van alle natuurprocessen belet mij om opeens stil te blijven staan waar onze microscopen ons in de steek laten. Op die plaats vult de visie van de geest gezaghebbend de visie van het oog aan' (1874); citaat bij Farley:132–133, wiens overzicht (1977) ik dikwijls benutte).

Buffon zei hetzelfde honderd vijfentwintig jaar eerder en Tyndall stelde vier jaar later (1878) zijn lezers gerust door toe te voegen dat geen theorie zijn beoordeling van experimenteel resultaat beïnvloedt en hij steeds het speculatieve van het bewezene wist te scheiden. Dit wettigde het besluit, meende Tyndall, dat *generatio spontanea* niet alleen onbewijsbaar, maar ook als theorie een onding (monstrous) is.

Niettemin kwam Tyndall nadien tot de overtuiging dat levende materie zich vormt in de lucht. In 1881 schreef hij een verhandeling over die zwevende materie in de atmosfeer in verband met rotting en infectie.

Het vraagstuk bleef veel onderzoekers bezighouden. In de 20e eeuw wordt het anders aangepakt als de Darwinisten, geprest door de noodzaak spontane generatie op te sporen, zelf het heft in handen nemen. Gedwongen te erkennen dat Pasteurs experimenten misschien wel niet het hele probleem omvat hadden (Pouchet), maar dat zijn conclusie overeind bleef, probeerden biologen van onze eeuw de synthese van levende stof met fysisch-chemische methoden. Niet langer uitgaan van natuurlijke grondstoffen en trachten in ongestoorde natuurlijke milieus het begin van leven te vinden, maar leven zelf maken hetzij in gesimuleerde milieus hetzij uit zelf gemaakte componenten. Het gelukte niet. Het bleef bij de synthese van organische moleculen en molecuulcomplexen die werden beschouwd als voorlopers van zichzelf vormende levende materie en het leidde tot briljante biochemische ontdekkingen.

18. Generatio spontanea in de 20e eeuw

De afwijzing van de mogelijkheid dat het natuurverschijnsel 'leven' anders dan tengevolge van natuurwetten die dode stof beheersen ontstaan zou zijn, afwijzing dus van een buitennatuurlijke scheppende kracht, bij voorbeeld een Schepper, dwingt tot de aanvaarding van *generatio spontanea*. Als levende materie niet door een ingrijpen van buitennatuurlijke herkomst uit dode voortkwam, dan moet materie hetzij uit eigen kracht zichzelf levend kunnen maken, hetzij geholpen door natuurlijke invloeden tot leven komen. Pasteur had echter (vrijwel) een ieder die aan *generatio spontanea* geloofd had, of die voor mogelijk hield, overtuigd dat van zoiets geen sprake kon zijn. Het stelde de materialistische en atheïstische biologen voor een onaanvaardbaar dilemma.

Voor hen diende zich in de 20e eeuw een uitweg aan: géén spontane generatie in het huidige aardse milieu, welnu, dan onder andere milieuomstandigheden.

Tijdens de eerste periode van het aardse bestaan, een tijdperk dat omstreeks een miljard

jaar duurde en *Archaion* of *Abioticum* zou kunnen heten – want leven ontbrak – heersten geheel andere milieuomstandigheden, overwogen zij, dan tegenwoordig en die lieten *generatio spontanea* toe of bevorderden die. Welke milieus?

De 19e-eeuwse theorie, dat de afkoeling van een hete gaswolk in de Ruimte ons zonnestelsel opleverde, moest in de 20e eeuw plaats maken voor een theorie dat een koude gaswolk met stof en sterrepuin tezamen door draaiing afplatte en materie zich in het centrum opeenpakte. Zwaartekracht-energie werd hitte en veroorzaakte stralingsactiviteit. De centrale massa werd 'zon' en door oneffenheden in de wervelende wolk klonterden planeten samen. De vier planeten die de zon het meest nabij bleven verzamelden meer zware elementen dan de verder verwijderde. De Aarde werd een in chemische samenstelling opvallend van de andere planeten afwijkende planeet, onder meer omdat hij voor ca. 0,34 % uit koolstof bestaat en molybdeen opmerkelijk schaars is.

Isotopenonderzoek van uraniumhoudende rotsen, en van meteorieten, wijst uit dat de Aarde 4½ miljard jaar oud is. Ongeveer een half miljard jaar na het begin van het aardse bestaan, ruim 4 miljard jaar geleden, zullen de condities op aarde 'leven' hebben kunnen toelaten, veronderstellen de palaeobiologen.

Een als werkhypothese gaarne aanvaarde definitie van 'leven' werd geformuleerd door L. Onsager en H. Morowitz: 'Leven is de eigenschap van materie door gekoppelde kringlopen van bio-elementen in een waterige oplossing bewerkstelligd, en die uiteindelijk door stralingsenergie gebracht worden tot zo groot mogelijke differentiatie (complexity)'.

De Aarde-atmosfeer was aanvankelijk waterstofgas (in overgrote overmaat) en vervolgens verschenen helium, methaan, waterdamp en ammoniak. Waterstofgas en helium verdwenen spoedig in de Ruimte. De andere gassen volgden, maar werden weldra door nieuwe atmosferische gassen aangevuld die uit de aardkorst ontsnapten: methaan, kooldioxide, -monoxide, ammoniak (NH_3), stikstof en zwavelwaterstof. Zij vormden de atmosfeer van het *Archaion*; zij verdwenen niet in de Ruimte.

De *Archaion*-gassen waren blootgesteld aan allerlei soorten energie, dezelfde als thans. Radioactiviteit (ionisering), ultraviolette straling, vulkanisme, meteoreninslagen, bliksems (elektriciteit), zwaartekracht en warmte, om de voornaamste te noemen.

Vrije zuurstof ontbrak, verzekeren de meeste palaeochemici, en zij beschouwen de secondaire *Archaion*-atmosfeer als 'reducerend'. Uit de genoemde moleculen moet leven gesproten zijn. De oermoleculen (primeval molecules) gedreven door primaire energie (primary energy sources) voegden zich tot levende materie bijeen (primary living systems); zo luidt hun theorie.

Kenmerkend voor een 'living system', een levend organisme, is dat de hoeveelheid levende materie zichzelf, strikt geordend, vermeerdert (in hoeveelheid toeneemt, groeit). De groei is naar maat, doelgericht, structuurgebonden en verhindert of vermindert entropie. Verder moet het organisme zijn karakteristieke programma voor groei en differentiatie aan nakomelingen doorgeven (voortplanting) en op milieu-invloeden reageren. Hebben de oermoleculen zich tijdens het *Archaion* zich zo bijeengevoegd dat zulke eerste, levende wezens ontstonden?

19. De oersoep (Oparin, Haldane) en de Stalinprijs, Eerste Klasse

Het onderzoek van A.I. Oparin (Sovjet-Unie) en J.B.S. Haldane (Groot-Brittannië), begonnen in de jaren twintig, kreeg pas volop aandacht toen de ruimtevaart met kracht aan-

gepakt werd. Immers, wat moest men verwachten op andere planeten aan te treffen?

Viermiljard jaar geleden, dacht Oparin, had de Aarde geen gasmantel, maar vulkanische erupties leidden tot een oeratmosfeer van methaan, ammoniak en water. Toen fysisch-chemische bezwaren die oeratmosfeer onwaarschijnlijk maakten, veronderstelde H. Urey dat ook 'complexe teerachtige stoffen' aanwezig zouden zijn geweest die voor de vereiste evenwichten in de vulkanische oeratmosfeer zorgden.

Gesteund door chemisch-fysische experimenten die schenen te bevestigen dat de reacties van de theoretische oermoleculen de theoretisch te verwachten voorlopers van biogene stoffen opleverden, besloten Oparin (1924) en Haldane (1929) dat *generatio spontanea* in het archaische milieu inderdaad moest hebben plaatsgehad. Pasteurs conclusies werden buiten spel gezet, want zij hebben betrekking op het tegenwoordige aardse milieu. De zonder tussenkomst van levende organismen ontstane organische verbindingen bleven intact, toentertijd, want vrije zuurstof die ze vernietigd zou hebben, ontbrak. In de oeroceanen nam het gehalte aan organische stoffen steeds toe (Oparin). Zij werden een hete bouillon (a hot dilute soup, een Kraftbrühe, een soupe primordiale).

In 1933 begon O.B. Lepeshinskaja, lid van de Russische Academie van Wetenschappen, onderzoek over de eerste ontwikelingsfasen van kikkervisjes en zij zag in de dooiermassa van bevruchte kikkereitjes een korreling optreden. Het uiterlijk van enige korrels scheen haar een overgang te zijn van eidooierkorrels naar cellen in kikkerbloed. Zij besloot dat die cellen eigenlijk dooierkorrels zijn voorzien van celstructuur.

Lepeshinskaja bestudeerde vervolgens kippeëieren en constateerde dat de verandering van dooierkorrels in cellen zich daar nog fraaier liet zien. Cellen verschenen, voorzien van een kern, in staat zich te delen. Zij filmde de levende celvorming uit dooiergeelkorrels door een gaatje in de eischaal. De Sovjet Studies berichtten (maart 1951, citaat uit Rostand 1956: 254 (ik benutte Rostands artikel)):

> 'Voor het eerst in de geschiedenis van de biologie werd het ontstaan van cellen waargenomen, niet door een deling van reeds bestaande cellen, maar rechtstreeks uit levendragende materie. Dezelfde feiten zijn op een voedingsbodem buiten het ei vastgesteld. Eigeel is dus niet zo maar een voedsel, een voedselvoorraad ter beschikking van de kiem. Het neemt rechtstreeks deel aan de celvorming. Zelfs is heden ten dage gebleken dat het eiwit aan die vorming deelneemt.'

Deze laatste bijzonderheid was uit onderzoek van Lepeshinskaja's dochter gebleken.

Na in steureieren hetzelfde verschijnsel te hebben aangetroffen nam Lepeshinskaja Trembleys zoetwaterpoliepen (p. 630), wreef ze fijn en centrifugeerde het sap, zodat al wat cel kon heten verwijderd werd.

In het heldere sap verschenen glinsterende stipjes die zich tot korreltjes vergrootten en die, als voedsel werd toegevoegd, onder toezien van Lepeshinskaja, zich in delende, van een kern voorziene cellen veranderden.

Het bestuur van de Sovjet Akademie van Wetenschappen kwam in bijzondere vergadering bijeen. Daarop kreeg Lepeshinskaja de Stalinprijs 1e klasse, want Virchows celleer was nu ondeugdelijk gebleken. Het bekroonde onderzoek was een bevestiging van Darwins (en Marx-Engels') evolutietheorie (XII.42), die het geleidelijk veranderen van dode in levende materie noodzakelijk maakt.

In 1945 publiceerde Lepeshinskaja een monografie over het ontstaan van cellen, met een inleidende beschouwing van T.D. Lysenko.

Rostand wees op de microzymas-theorie van A. Béchamp (*1816–1908*, hoogleraar in Straatsburg en Montpellier) in 1883 verschenen (Les Microzymas). Béchamp bestreed

Pasteurs conclusies over *generatio spontanea*, omdat hij dacht dat in de dooierkorrels van een ei 'microzymas' zich vermeerderden en dat deze de embryocellen vormden als de omstandigheden gunstig waren, een 'cellulogenèse'. Verder ontstaan bloedlichaampjes, naar Béchamps overtuiging, niet uit bestaande cellen, maar ze verschijnen 'ter plaatse'. Ongetwijfeld is de overeenstemming tussen Lepeshinskaja's conclusies en die van Béchamps puur toeval, merkt Rostand op. Ik twijfel evenmin. Lepeshinskaja geloofde ferm en tevreden dat zij celvorming zag tijdens haar proefnemingen, want zij keek met de ogen van Marx. Bij mijn weten zijn Lepeshinskaja's waarnemingen over *generatio spontanea* uit organische dode materie niet voortgezet en niet na herhaling door anderen bevestigd, een uitblijven dat te kort doet aan vondsten van zo'n groot belang bij het zoeken naar bewijs voor *generatio spontanea*.

20. Het vuurwerk der experimenten

Talrijke onderzoekers bestookten in de jaren zestig gesimuleerde archaische atmosferen met archaische energie. Elektrische vonken brachten eenvoudige organische moleculen in waterige oplossingen tot stand, bij voorbeeld in Chicago, tijdens de experimenten van S.L. Miller en H.C. Urey (sinds 1952). Zij maakten aldehyden, carboxylzuren en vier van de twintig aminozuren die minimaal in levende materie aanwezig moeten zijn als bouwstenen van de proteïnen.

Gelijksoortige proeven in Rusland, elders in de Verenigde Staten, Engeland, Duitsland en Italië leidden tot overeenkomstige resultaten. Een intense ultraviolet-bestraling moest als factor worden ingezet, want in de archaïsche atmosfeer was deze door het ontbreken van zuurstof (en dus een ozonvrije buitenlaag van de atmosfeer) veel sterker dan nu het geval is. In de aanloopperiode van 4½ tot 2 miljard jaar moet de ultravioletstraling van zeer grote chemische betekenis geweest zijn. Daarna reduceerde de gevormde zuurstof-ozon-laag de hoeveelheid straling die de Aarde bereikte aanmerkelijk (Folsome, 1979).

Een andere archaïsche factor waren de schokgolven door het neerkomen van talrijke meteorieten. A. Bar-Nun kon met behulp van schokgolfenergie organische stoffen maken uit de archaïsche gassen. Fischer bootste de uitwerking van lavastromen na door metaalertsen, katalysators en gasmengsels 600–900 °C te verhitten en vele organische verbindingen kwamen tot stand.

Buiten bespreking bleef voorshands dat levende organismen tenminste 24 elementen nodig hebben voor hun levensprocessen, waarvan sommige schaars op de Aarde zijn. De vijf genoemde elementen (H, O, N, C, S) kregen alle aandacht, al werden sommige andere spoedig bij het onderzoek betrokken, zoals fosfor.

De enkelvoudige organische verbindingen die de proefnemingen opleverden zouden om eventueel tot leven te komen al dadelijk moeten polymeriseren. In waterige oplossingen is die polymerisatie onwaarschijnlijk, zo niet onmogelijk, want watermoleculen belemmeren de koppelingsprocessen. Allerlei denkbeelden om aan dit bezwaar te ontkomen dienden zich aan.

Aantrekkelijk bleek het de uit de Oudheid stammende gedachte dat de zon levenverwekker zou zijn, weer op te vatten. Een plasje Haldane-soep tijdens eb op een archaïsch strand achtergebleven wordt door de zon bestraald en verdampt totdat een hoog geconcentreerde, aan enkelvoudige organische stoffen rijke prebiobouillon achterblijft. Een zoetwaterpoeltje zou nog te verkiezen zijn, want dan hoeft men geen storende zoutkristallisatie te

duchten en zo werd Darwins 'warm little pond' weer actueel.

J.C. Bernal besloot, op grond van experimentele vondsten en aangepaste theorie dat silicaathoudende kleilaagjes prebiomoleculen aan hun oppervlakte zullen adsorberen, hetgeen tot ongekend grote mogelijkheden van voortgezette hogere synthesen zou kunnen leiden. In Israël toonde A. Katchalky daarna aan dat op die manier inderdaad voorlopers van bioproteïnen ontstaan en zelfs dat deze, eenmaal gevormd, zich in water handhaven.

In 1985 kreeg de klei-theorie dank zij Coyne en medewerkers (NASA) opnieuw steun, want klei-mineralen hebben een polymeriserende invloed op aminozuur-derivaten en zij kunnen bovendien energie opslaan en overdragen, zodat zij al katalyserend, selecterend en verdubbelend anorganische proto-organismen zouden kunnen aanmaken. Vermoedelijk willen laatstgenoemde onderzoekers deze processen laten plaatshebben in het tegenwoordige aardse milieu, want in de oersoep, berekenden palaeochemici, was een voldoend hoge concentratie van laag-moleculaire organische verbindingen om polymerisatiereacties mogelijk te maken, ondenkbaar. Dat betekent dat zelfs als Coyne c.s. het bij het rechte eind hebben, de verklaring voor het ontstaan van organismen in het Archaion, producenten van de thans voorhanden organische moleculen, evenzeer ontbreekt als eertijds.

Een methode om waterstoring bij polymerisatie te ontwijken, was het bevriezen van de oplossingen, verwijdering van de ijskristallen en daarna te verwarmen: simulatie van nachtvorst en hete dagen op het archaïsche strand (Miller en L.E. Orgel). Ook stelde men zich voor dat in zeewater opgeloste aminozuren op lavarotsen achterbleven en daar polymeriseerden als de zon het water bescheen, het deed verdampen, en de temperatuur steeg. De (gestabiliseerde) polymeren spoelden dan bij springvloed de zee in om daar de volgende stap op het nog wel heel lange slingerpad naar levende proteïnen te gaan zetten.

Welke vorm van leven zou het eerst verschenen zijn? Haldane dacht: membraanloze levende materiekluitjes ('naked genes'). Oparin dacht: drupjes polymeerrijke kolloïdale co-acervaten die zich in grotere druppels groeperen en zich enige tijd in die situatie kunnen handhaven, de zogenaamde protobionten. Sommige drupjes verdwijnen en andere blijven bestaan en Oparin constateerde daarom een struggle for life in de meest letterlijke zin, want de meest tot 'leven' geneigde en dus verst gevorderde drupjes duren het langst (zo luidt de cirkelredenering). Men mag, men moet verwachten dat de protobionten al polymeriserend zichzelf gaan dupliceren en, na membraanvorming, ook DNA-kwaliteiten verwerven, zei Oparin.

Hoopgevende gebeurtenissen lieten zich met de microscoop in Oparins preparaten waarnemen. Door toevoer van enzymen kon de polymerisatie in een protobiontisch drupje bevorderd worden en zulke drupjes bleven langer bestaan, werden groter en splitsten zichzelf in kleinere drupjes. Groei en reproduktie; het leek verleidelijk veel op levende bacteriën. De overeenstemming met cellen werd nog voltooid door moleculaire structuren die zich als omsluitende grenslagen op de contactvlakken tussen de vloeistoffasen vormden.

In het Moskouse laboratorium konden Oparin en zijn briljant experimenterende medewerkers aantonen dat de polymeriserende drupjes anorganische fosformoleculen als 'excretieprodukten' uitstootten. Ofschoon de Russen met organische stoffen werkten die nimmer abiontisch gesynthetiseerd waren en ook niet als voorlopers van levende materiemoleculen beschouwd konden worden, was het morfologische gedrag van de protobionten zozeer gelijk aan dat van levende bacteriën dat men bereid was het feit dat de drupjes hoe bacteroïd ook, toch zeker niet leefden, niet al te ernstig te nemen. In 1967 merkte Bernal droogjes op dat het tafereel van het eenzame DNA-molecule op het archaïsche

strand bezig levende wezens te creëren nauwelijks minder geloofwaardig werd afgeschilderd dan Adam en Eva's initiatieven in het Paradijs.

In Miami bracht S.W. Fox zuivere, watervrije aminozuren tot polymerisatie door verhitting tot 130 °C. Na weinige uren kreeg hij stoffen die als voorlopers van proteïnen kunnen gelden: 'thermische protenoïden'. In water opgelost en bij hoge concentratie trekken zij zich als microkorrels samen die voorzien zijn van een buitenlaag. De druppel lijkt op een cel. De korrels kunnen groeien en zich splitsen (tot 'protocellen') en gedragen zich even suggestief als Oparins protobionten. Critici vroegen waar de aminozuren vandaan gekomen waren, in het archaïcum, en merkten op dat die zogenaamde celwand met geen natuurlijke celmembraan vergelijkbaar is.

Biochemici, overtuigd van een chemische evolutie die zich gericht voortzette tot de eerste, eenvoudigste gebouwde levende organismen op Aarde aanwezig waren, zijn niet ontmoedigd. Zij tekenen aan dat wel vele moeilijkheden zich voordoen en dat nu eenmaal, terwijl men schrander theoretiseert en experimenteert, veel veronderstellingen als werkelijkheden aanvaard moeten worden. Afwezigheid van zuurstof, schreef Haldane, is een dwingende eis als uit dode materie zich levende zal ontwikkelen. Was dit het argument dat de doorslag gaf om tot die archaïsche afwezigheid te besluiten?, kan een bioloog zich met enige bezorgdheid afvragen. Rutten (1971) koos een middenweg. Een heel klein beetje vrije zuurstof, zei hij, was er wel, zo weinig dat het niet kon schaden (en later goed van pas zou komen).

De vraag of proteïnen aan nucleinezuren vooraf gingen (Haldane) of andersom (Oparin) had geen zin meer toen vast kwam te staan dat nucleïnezuren zichzelf slechts samen met enzymen kunnen reproduceren en dat enzymen niet anders dan via nucleïnezuren kunnen ontstaan. Dit betekent dat zulke katalytisch werkzame en zichzelf vervaardigende hoog gecompliceerde stoffen tegelijkertijd (door een gelukkige toeval) ontstaan moeten zijn – de kip-en-ei-situatie – en dat was een onverwachte en onverbiddelijke complicatie tijdens de chemische evolutie in het Archaion. Toentertijd zou in water opgeloste ribose zich met voorkeur aan adenine gekoppeld moeten hebben om te geraken tot de bijzondere verbinding die tot DNA en RNA leidt. Die voorkeur, onmisbaar in de keten van processen, achten de biochemici strijdig met chemische wetmatigheden.

De bedachte en in-vitro uitgevoerde polymerisaties leveren racemische mengsels op (voor de helft links- en voor de helft rechtsdraaiende optisch actieve stoffen). Alle levende organismen bevatten uitsluitend linksdraaiende eiwitten in elke graad van complexiteit (Pasteur). Men moet wel vermoeden dat alle rechtsdraaiende moleculen voortgekomen uit synthesen in de archaïsche oceanen onbruikbaar waren voor ontluikend leven. Het moet de toevalskans dat linksdraaiende moleculen, vereist voor evolutie naar levende materie, zich zouden treffen in hoge mate verkleind hebben. De rechtsdraaiende bonden de helft van overigens bruikbare componenten en schakelden die uit.

Een uitzonderlijk eenvoudig gebouwd proteïnemolecuul kan slechts fysiologisch werkzaam zijn nadat ruim 50 aminozuren zich in een straf vastgelegde volgorde geketend hebben (Sanger, 1952). Het proteïne-aandeel in de rode bloedkleurstof (hemoglobine) bestaat uit veel meer dan 500 aminozuren. Eén hapering in de rangschikking veroorzaakt dodelijke ziekten (bij voorbeeld sikkelcel-bloedziekte).

Om tot de vroegste op Aarde levende organismen – zoals de theorie het wil – terug te keren: in één cel van de bacterie *Escherichia coli* zijn zeker meer dan 2000 verschillende proteïnen aanwezig, misschien wel 3000. Die proteïnen hebben elk een eigen bouw, functie en oriëntatie. Binnen elke cel hebben bovendien dozijnen vetzuren en koolhydraten hun

plaats en taak. Dit alles bracht het blinde toeval, na vooraf de talloze atomen tot wonderen van moleculaire constellaties gerangschikt te hebben, in elk levend geordend bestel samen, geloven Oparin en zijn volgelingen.

De colloïdale klei-acervaten (Bernal, Oparin) schieten onaanvaardbaar tekort inzake de onmisbare lineaire ordening van de proteïnecomponenten. Recent onderzoek met behulp van fosforverbindingen toonde echter aan dat zij bij het ontstaan van enzymen een beslissende rol spelen en, in principe, een lineaire rangschikking langs directe of indirecte weg aanmerkelijk bevorderd zouden hebben. Oparin paste ze al toe bij zijn experimenten met protobionten. Overigens, menen sommigen, zijn in de oerpoeltjes de concentraties van de componenten dermate laag dat van coacervaten geen sprake kan zijn. Behalve dat de verhoogde zoutconcentraties in uitdrogende poeltjes synthese zouden verhinderen, vernietigt de ultravioletcomponent van het zonlicht de (veronderstelde) coacervaten.

21. Eenvoud kenmerk van het ware: virussen en fagen

Het biologische denken van de 20e eeuw wordt grotendeels door 'Darwinisme' beheerst en die leer vereist dat naar de eenvoudigst denkbare stof geschikt als levendrager moet worden gezocht. Virussen en (bacterio)fagen komen bij die keuze in aanmerking, want bacteriën zijn zo ver en zo verfijnd georganiseerd dat zij hemelsbreed van minerale dode stoffen verschillen.

Een voorbeeld van virus als pionier levendrager was de verwekker van de tabakmozaïekziekte. Virussen zijn in de regel een combinatie van proteïne en nucleïnezuur; het zuur draagt de proteïne als een cilindervormige mantel. R.C. Williams kon in 1961, nadat hij zuur en proteïne gescheiden had, de twee weer in samenhang brengen (het zuur was RNA) en hiermee tabaksplanten opnieuw infecteren.

Biochemici weerspreken biologen niet, althans niet van harte, als deze laatsten dit chemische onderzoek interpreteren als steun voor de mening dat virussen dode organische stoffen zijn, veeleer een fysiologie-ontregelende stof of een vorm van excrement, dan een zelfstandig levend organisme.

De overgang van dood naar levend zou beter geïllustreerd worden door het X174-faag dat uit 5 375 lineair gerangschikte nucleotiden bestaat, kortom een DNA-keten. Terwijl Goulian, Kornberg en hun medewerkers met zekerheid meedelen dat zij het faag geheel chemisch gedefinieerd hebben en dat het met zijn ruim 5000 atoomgroepen een der meest eenvoudig gebouwde vertegenwoordigers van levende materie is, voeren zij als bewijsgronden aan dat het faag energie aan zijn omgeving kan onttrekken en tevens zichzelf vermeerderen kan, met andere woorden het faag-DNA kan zichzelf dupliceren. Die laatste eigenschap is niet absoluut: kleine wijzigingen treden in de DNA-generaties op. Dit faag leeft: het is de door de grote meerderheid van de onderzoekers gesteunde conclusie.

Wil men dit faag als een primordiaal levend organisme beschouwen, dan moet als een zekerheid aanvaard worden dat het *de novo* eens uit dode moleculen ontstond en dat het niet een vereenvoudigde afstammeling is van een hoger georganiseerde levende eenheid, dat wil zeggen dat het faag niet als een parasiet mag gelden. Parasieten leven en zijn gewoonlijk wat eenvoudiger gebouwd dan hun (vermoedelijke) voorouders. Enige onrust over deze mogelijkheid schijnt gewettigd, want de leefwijze van deze (en andere) fagen is zoals die van parasieten. X174-faag tast *Escherichia coli* aan en de vraag meldt zich waarmee de faag zich voedde en hoe hij zich staande hield in de bacterieloze periode van

de aardgeschiedenis indien hij als een eenvoudig gebouwde voorloper van de latere bacteriën toen tot leven kwam.

Indien leven zich voor het eerst in het *Archaion* manifesteerde moeten de vroegste levende materiecomplexen energieverbruikers geweest zijn, op de manier van zwavelbacteriën. Voorouders van zulke bacteriën en de bacteriën zelf, hun nakroost, waren in staat om uit zwavelwaterstof H-atomen af te zonderen, verzekeren palaeobiochemici. Met CO_2 verbonden zou daarmee glucoseaanmaak kunnen slagen en zodoende een voor koolhydraatevolutie bijzonder bruikbare stof beschikbaar komen.

Te eniger tijd zou in die beginperiode een omschakeling in de fysiologie van de oercellen moeten hebben plaatsgehad. In een of wat meer cellen zonderden zich H-atomen niet uit zwavelwaterstof, maar uit water af. Met die nieuwe vaardigheid begonnen die uitzonderlijke cellen, zich snel vermeerderend, de Aarde-atmosfeer van vrije zuurstof te voorzien en dit was de directe aanleiding tot, en de voorwaarde voor het ontstaan van de huidige planten- en dierenwereld. Zo wil het die theorie. Hij betreft echter niet, strikt genomen, *generatio spontanea* maar is bedoeld als een concept van de eerste stadia van evolutie in de levende natuur.

22. Terug naar het begin

M. Calvin pakte het vraagstuk van het begin van leven nog anders aan. Hij bepleitte het ontstaan van levende stof uit dode, uitgaande van biologische gegevens (1969). Twee wegen van onderzoek: een studie van de oudste fossielen en een reeks van synthesen van organische verbindingen met toenemende complexiteit. Deze synthetische stoffen worden getoetst aan de analysen van stoffen gevonden in de resten van de eerste, op Aarde levende wezens.

De palaeontologie begint gewoonlijk in het Precambrium, ca. 600 miljoen jaar geleden, al dadelijk met een kolossaal grote verscheidenheid (enormous variety) van levende organismen. Zij behoren tot de meeste klassen-in-aanleg die nog in de huidige wereld van de levende wezens vertegenwoordigd zijn, verklaarde Calvin. Rotsen van veel grotere ouderdom, afkomstig uit alle werelddelen (weinige uit Zuid-Amerika, betrekkelijk veel uit Afrika en Australië) bevatten structuren die microfossiele (nannofossiele) resten kunnen zijn. Verfijnde isotoopmetingen benaderen hun hoge ouderdom.

Heden ten dage vormen blauwalgen in vrijwel stilstaand zoet water laag op laag kalkhoudende sedimenten, de zogenaamde stromatolithen. In oude precambrische gesteenten, 650 tot 1500 miljoen jaar oud, komt een gelaagdheid voor met precies hetzelfde uiterlijk. Calvin verwees voorts naar een gefossiliseerde afdruk van een gelede worm die ongeveer 650 miljoen jaar geleden in de Edicara Hills (Australië) geleefd moet hebben (*Spriggina floundersi*, een vondst van M.F. Glaissner). Ook trof men in veel precambrische stenen lijntjes en micro-structuurtjes aan die sterk aan de celdraden van tegenwoordig levende blauwalgen herinneren.

Met behulp van massa-spectrometrie en gas-chromatografie onderzocht Calvin in Berkeley (Californië) in de oergesteenten aangetroffen stoffen op hun moleculaire bouw, in het bijzonder Noordamerikaanse Gunflint Chert (1700 miljoen jaar) en Zuidafrikaanse Fig Tree Chert (3100 miljoen jaar; E. Barghoorn en W. Schopf). De uitkomsten werden vergeleken met de tegenwoordig gevormde zoetwateralg-sedimenten.

Vooral koolwaterstoffen, denkt Calvin, kunnen hun moleculaire structuur gedurende

tweemiljard jaar min of meer ongewijzigd behouden. Dit roept de vraag op of in dat verre verleden stoffen aanwezig waren, identieke moleculen, die enerzijds door chemische processen uit dode stoffen ontstonden en anderzijds van levende organismen afkomstig zouden zijn; dezelfde stoffen bijeen, biogenetisch en abiogenetisch van oorsprong. Na een uitvoerig onderzoek van koolwaterstoffen en vetten aangetroffen in thans levende bacteriën, algen en gisten (fungi) en vergelijking met de in de gesteenten gevonden stoffen schaarde Calvin zich voluit aan de zijde van Oparin en Haldane. Dode stof kwam in het *Archaion* tot leven. Calvin komt tot zijn conclusie door de volgende cirkelredenering:

> 'Maar indien (en 'indien' met alle mogelijke nadruk) wij mogen veronderstellen dat in een of ander warm poeltje (some warm little pond) met alle soorten ammonia- en fosforzouten, waar licht, hitte en elektriciteit op inwerken, een proteïneverbinding chemisch gevormd zou worden, gereed om wijzigingen naar meer complexiteit te ondergaan, dan zou vandaag de dag zo'n stof dadelijk verteerd of geabsorbeerd worden en dat zou niet gebeurd zijn vóór het tijdstip dat levende wezens gevormd waren.'

B. en L. Nagy zagen, experimenterend, in mica-metakwartsiet uit Groenland (3769 70 miljoen jaar oud) microstructuren die niet van de organische druppeltjes verschillen, ontstaan na het botsen van elektrische vonken op een wateroppervlak in archaïsche milieuomstandigheden. Het zijn gepolymeriseerde kleine organische moleculen, voorlopers naar het schijnt van protobionten. De oudste gevonden microfossielen in een gesteente uit Onverwacht (Zuid-Afrika) zijn naar berekening omstreeks 3500 miljoen jaar oud (L. Nagy). Tijdgenoten zijn stromatolithen uit de streek van Bulawayo (Rhodesia), die 3100 miljoen jaar, of volgens andere berekeningen 2200 miljoen jaar oud zijn. Van hedendaagse blauwalgen zijn die sedimenten niet te onderscheiden. Zo werd *Eobacterium isolatum*, 3200 miljoen jaar oud en 0,5–0,75 μm lang, voor Zuid-Afrika beschreven.

Als de critici die menen dat die zogenaamde precambrische microfossielen niet anders dan fysisch-chemische vormsels zijn en dus niets met levende organismen te maken hebben zich vergissen, dan betekent het dat binnen één miljard jaar na het begin van de Aarde reeds zeer complexe levende organismen door fysisch-chemische processen uit dode stof zijn voortgekomen. De atomaire en moleculaire bindingen, ontmoetingen en reacties die daartoe vereist zijn, zijn zo talrijk dat mathematisch beschouwd zo'n evolutie onbegrijpelijk snel verlopen zou zijn.

In 1980 berichtte R.E. Dickerson over cytochroom-c, een bij vele planten en dieren aangetroffen proteïne dat zowel tijdens de fotosynthese en de ademhaling van cellen een centrale rol speelt. Na de noodzakelijke rangschikking van meer dan 80 aminozuurresten zou het, opgenomen in oerorganismen, zulke cellen in staat hebben gesteld energieleverend en energievergarend te leven in plaats van energieverbruikend. Facultatief aërobe oerbacteriën zouden dan zijn ontstaan. Chemisch kunnen die door obligaat aërobe bacteriën opgevolgd worden, deze weer door blauwgroene wieren en dan kan al het overige nadien verschijnen.

Cytochromen op de juiste manier geordend en gevouwen vormden zich, wil men geloven, in organismen die konden leven in een milieu zonder vrije zuurstof en die sterke ultraviolette straling konden verdragen. Het eerst gevormde cytochroom zou aan watermoleculen zuurstof kunnen onttrekken. De nieuwe voorziening deed cytochroomhoudende cellen niet sterven zoals hun precytochrome voorgangers indien zij aan zuurstof werden blootgesteld. Dan moet onvermijdelijk tegelijk met het ontstaan van het cytochroom – door een toevallige atoomconstellatie – de letale uitwerking van zuurstof op de geëvolu-

eerde cel eindigen. Een tweede, onmisbaar toeval dat gelijktijdig moet optreden, anders zouden vers gevormde cytochromen weer dadelijk in de ongeordende oersoep worden opgenomen, na ontbinding van hun bakermat.

Aantekening verdient dat de thans levende obligaat anaërobe bacteriën niet zeldzaam zijn. Hun fysiologie is een goed argument voor een veronderstelde aanloop naar leven en evolutie zoals zojuist geschetst. Misschien zou op grond van de genoemde overwegingen vermoed mogen worden dat substraten en milieus waar thans zwavelbacteriën in leven, door verhoging van ultraviolette straling een archaïsch milieu zo dicht zouden benaderen dat daarin levende materie kan ontstaan, en daaruit organismen die op zwavelbacteriën lijken. Ik weet niet, overigens, of in een cultuur van obligaat anaërobe bacteriën ooit facultatief aërobe ontstonden.

Levende materie organiseert zichzelf steeds meer, wordt voortdurend meer complex en bereikt een hogere graad van diversificatie. De palaeobiologen constateren dat materiecomplexen zelfstandig evolueren, de experimenten bewijzen het; het kan niet anders, want de eigenschappen van materie dwingen daartoe (necessitarisme). Folsome schreef (1979, p. 79): 'Een cel isoleert een deel van zijn waterige omgeving binnen een fase-grens, het membraan, met het doel dat plaatselijke milieu in zijn biosynthese op te nemen (with the object of modifying)'. We zijn weer terug bij de *causa finalis*.

Leven ontstond, zo veronderstelden Oparin, Haldane en hun geestverwanten, door toevallige atoomontmoetingen, gevolgd door de natuurwetten die materie beheersen - toeval en noodzaak - terwijl toeval buitendien voortdurend de evolutie bleef begeleiden, ook nadat de moleculen hun bewegingsvrijheid hadden verloren. Een onafzienbare stroom van toevalligheden samen met materie-eigenschappen leidde na miljoenen jaren tot levende stof. Het is een orthogenese gepaard aan een gestaag verminderende entropie. De evolutie geïnterpreteerd volgens de school van Oparin steunt op die hypothese.

De door chemisch onderzoek verschafte gegevens aangaande de bestanddelen van levende materie werd door W. Schwemmler (1940, Offenbach - ..) samengevat. De reeks van geleidelijk meer complexe verbindingen, hun relaties en ordening in successie als veronderstelde mogelijkheden om dode in levende materie te veranderen, onderwierp hij aan een kritische overweging. De weg Elementarteilchen–Atom–Molecule–Abiomonomer–Abiopolymer– Präorganel (Abioide)–Präzyte–Prozyte–Euzyte–Zelle is zo lang, zo van (gelukkige) toevalligheden vervuld, heeft zoveel cruciale onderstellingen nodig, dat slechts een ware geloofsdrift toereikend is om de chemo-evolutie als een (historische) realiteit te aanvaarden.

Ik noteer dat het niet gelukte levende materie uit dode te synthetiseren. De mislukking hoeft niet definitief te zijn, maar voorlopig kunnen de uitslagen van de proefnemingen begrepen worden als aanwijzingen dat de materialistisch-mechanistische hypothese niet juist is. Het kan aanleiding zijn elders of anders te zoeken. Bevredigende resultaten (en verklaringen) ontbreken nóg, verzekeren de meeste biochemici, maar na zoveel voortreffelijk overdacht en uitgevoerd onderzoek is dat uitblijven voor materialisten pijnlijk, voor creationisten vanzelfsprekend en voor de overige biologen verontrustend.

Een uitweg biedt nog de ontkenning van een gefixeerd levensbegin; zojuist heb ik een der varianten van die hypothese genoemd. Een *scala naturae* molecullariter gemodelleerd: het doelgerichte toenemen van atomaire complexen totdat en zodat 'leven' uit bijna levend ontstaat. Aanhangers van Ockhams *lex parsimoniae* (p. 178) begroeten de gevolgtrekking dat *generatio spontanea* in dat geval geen vraagstuk meer is: de leer van het spontaan tot leven komen is in een langzaam verlopend moleculair automatisme veranderd

dat de onmisbare organische moleculen bijeenvoegt na ze gevormd te hebben en tevens de nieuwe stoffen rangschikt tot een gestructureerd levend organisme. Deze strategie verhindert de terugkeer naar aloude onderstellingen niet. Na Oparin en Lepeshinskaja keerde de Darwinistische materialistische biologie in Rusland terug naar een vóór-Sokratische mystiek. Overal op onze planeet, zo vernemen de biologen van A.N. Tiuriukanov (Grote Sovjet Encycl., 3e ed.; 1970), heeft een biogenische migratie van atomen plaats in samenhang met ademen, eten, groeien en voortplanting. Deze migratie verbindt de biosfeer en de levende wezens waarbinnen de biogene atomen als levende materie massaal bijeen zijn. De levende materie is chemisch en geologisch zeer actief. In de biosfeer is de levende materie een grote geologische kracht die de oppervlakte van de aarde bepaalt. Organogene sedimentrotsen worden vooral door toedoen van de levende materie gemaakt (steenkool, bitumen, kalkrotsen en olie). Dat slag levende materie noemt Tiuriukanov 'Vernadskij biogene materie'. Ook wordt met inzet van levende materie bio-inerte substantie gemaakt (bio-inert is bijna al het water in de biosfeer, de bodem en verwerende rotsen).

Ik acht mij niet gehouden de vijf groepen biogeochemische functies van gesovjetiseerde levende materie hier te vermelden. V.J. Vernadskij bespeurde bovendien een levensdruk, dat is de druk of pressie die levende materie op zijn naaste omgeving uitoefent; hij onderscheidt een Noösfeer. Over deze actieve, levende materie kan Tiuriukanov meedelen dat hij in overmaat lichte atomen bevat (H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K en Ca), en dit is toch een gegeven dat aan de Augustijnse *rationes seminales* (p. 1208) ontbrak. Voor het overige zijn Tiuriukanovs biologische meningen veel minder modern dan die van Augustinus en zowel Vernadskij als Tiuriukanov hebben Lamarcks fysica (XII.35) erg aandachtig gelezen.

De paleobiochemische publikaties en het paleobiologische onderzoek dat in onze jaren plaatsvindt, wekken bewondering voor de vindingrijkheid, volharding en het geloof van de onderzoekers die een schat van informatie over chemische processen van fundamentele betekenis verschaften, noodzakelijke bijdragen voor een groeiend inzicht in de kernvragen van de biologie.

Zonder uitzondering toont het ultramicroscopisch plasmaonderzoek aan dat het samenstel van uiterst fijne structuren alle tevoren bestaande verwachtingen in complexiteit verre overtreft, terwijl de fysisch-chemische reacties in levende materie al evenzeer verbluffend ingewikkeld en subtiel gecorreleerd zijn. De biochemie bewijst na elk onderzoek dat de levensprocessen duizend maal meer verweven zijn dan vermoed. De vraag rijst of de vorderingen gemaakt bij het opbouwen van complexe organische stoffen de uitspraken wettigen die de palaeobiologen regelmatig doen, zoals: 'we zijn op de goede weg', en 'een oplossing van het vraagstuk aangaande het ontstaan van het leven is nabij'. Het schijnt alsof de horizon die de reiziger-in-het-verleden tracht te naderen naarmate hij verder gaat, even snel terugwijkt. Het aantal toevalstreffers nodig om het 'kosmisch dobbelspel' (Dickerson, 1978) te winnen, is astronomisch groot. Flamm maakte in 1979 naar aanleiding van zijn werk met *Escherichia coli* een berekening van de kans op het ontstaan van een molecule DNA als gevolg van zuiver toeval. Na 10 miljard jaar (na de 'Urknall') is nog geen resultaat te verwachten, besloot Flamm.

De meeste van de vijfentwintig artikels over palaeobotanie, -ecologie en evolutie) van Amerikaanse specialisten die K.J. Niklas bijeenbracht (1981) vullen niet alleen het hierboven vermelde aan, maar de bundel bevat bovendien honderden literatuuropgaven.

23. Fossielen van Thales tot Steno

De geschiedenis van de fossielen begon in de Oudheid met het geheimzinnige amber of barnsteen, bezielde druppels waar goden in woonden (VI.1) en die als geronnen tranen van parelhoenders (Meleager, Meleagrides) opgeld deden; Sofokles vertelde ervan. De koning van Pontos, Mithridates VI, in de 2e eeuw v. Chr. (p. 87) wist dat amber uit een ceder vloeide. Een andere opvatting, die van Demonstratus (een over geschiedenis en natuurlijke historie schrijvende senator van Rome uit de 1e eeuw n. Chr.), had veel meer aanhangers. De bruine kluitjes zijn lynxurine, zei Demonstratus, *langurium* of *lyncurium*. Lynxen hebben tenminste vijftien eeuwen lang een bijzondere reputatie genoten vanwege hun magische krachten ter bevordering van natuuronderzoek (bij voorbeeld: de *Accademia dei Lincei*; p. 286). De uitkijk op het Argonautenschip heette Lynceus.

Demonstratus kon, zo zegt Plinius, toevoegen dat het bruine, vurige *lyncurium* verschilt van het licht gekleurde, zwakke; het eerste was urine van ♂ en het tweede van ♀ lynxen (Plinius, *Nat. Hist.* VIII 137; XXXVII 34: 52-53). Plinius vermeldt alles wat hij over amber en *lyncurium* vinden kan, gelooft heel weinig en geeft de herkomst goed op: het vloeit uit pijnbomen zoals gom uit kersebomen. Het moet een vloeistof geweest zijn zoals onze voorouders al dachten, zegt Plinius, want ze noemden amber *sucinum* (*sucus* = sap) en dieren die erin vielen (mieren, muggen, hagedissen) zijn er in geconserveerd (*Nat. Hist.* XXXVII 42, 46). Heel veel later kreeg de (uitgestorven) pijnbomesoort de naam *Pinus succinifera*.

Volgens Origenes, 3e eeuwse kerkleraar, heeft Xenofanes, de Eleaat (p. 23) in de rotsen op Paros bladafdrukken gezien en gedacht dat zij van laurieren afkomstig zouden zijn (6e eeuw v. Chr.). Op Paros, Sicilië en Malta vond hij versteende visresten en trok de conclusie dat daar ter plaatse eens een fijn slib de bodem bedekt had, waar levende wezens uit ontstonden. Die resten getuigen van *generatio spontanea*.

Anaximandros en de Pythagoreeërs – Xenofanes' tijdgenoten – wisten van schelpen in de bergen van Xanthos die dezelfde waren als die in zee lagen, resten van dezelfde dieren.

In zijn *Historiai* (lib. II, xx) trekt de bereisde koopman Herodotos, waarschijnlijk niet als eerste, de conclusie dat beneden Egypte en zelfs de hoge gronden rond Memfis eens door zee bedekt geweest moeten zijn, want de zoutafzettingen niet ver van de pyramiden bevatten zeeschelpen.

Aristoteles heeft fossiele vissen genoemd en Theofrastos dacht over de geschiedenis van die versteningen na. Twee mogelijkheden deed hij aan de hand: het zijn òf zee- òf riviervissen en zij ontwikkelden zich in de bodem uit achtergebleven visseëieren òf de dieren zwommen eertijds bodemgaten binnen waar ze versteenden. Bovendien is in de aarde ook een kracht werkzaam die stenen de vorm van dierlijke beenderen gaf of bij voorbeeld van olifantstanden. In de Middeleeuwen geloofde men dat het laatste hoofdstuk van Aristoteles' *Meteorologica*, dat de titel *De Mineralibus* meekreeg, inderdaad van de Filosoof afkomstig zou zijn, maar Avicenna, die Aristoteles vertaalde, heeft het hoofdstuk waarschijnlijk zelf geschreven en als supplement toegevoegd. Het bevat onder meer de gebruikelijke bedenksels over tongsteentjes (die straks aan de beurt zijn).

Avicenna geloofde niet dat resten van (eens levende) dieren in de bodem versteend bewaard gebleven zouden zijn. Hij wist echter van een kracht die vormend in de aarde werkzaam was, een *vis plastica*, en die zorgde ervoor de aanwezigheid van zulke suggestieve vormsels: zij mochten *lapides figurati* heten. Zijn geloofsovertuiging dwong hem tot een zelfde oordeel als dat van talrijke christen-biologen na de 15e eeuw en tot de weigering

fossiele resten aan voorhistorische, verdwenen levende wezens toe te schrijven.

Gladde, spits-driehoekige, vaak gekromde, glimmende steentjes, die veel op Malta maar ook wel elders in pakketjes gevonden werden, trokken sterk de aandacht. Plinius had ook al van die tongsteentjes (*glossopetrae*) gehoord. Ze lijken op slangetongen - en Plinius deelde mee dat ze volgens zeggen tijdens donderbuien (bij afnemende maan; de vorm!) uit de hemel vallen. Hijzelf geloofde dat niet, ook niet dat ze de stormwind afweren, maar hij beschikte niet, zei hij, over betere informatie (*Nat. Hist.* xxxvii. 164). In christelijke kringen besloot men daarna dat de tongsteentjes inderdaad versteende slangetongen zijn, die de naam *linguae Sancti Pauli* verdienden. Paulus, op Malta aangekomen, werd door een slang gebeten en vervloekte daarom alle slangen (die toch al een uiterst bedenkelijk bijbels verleden hadden). De versteende tongen bleven bewaard (*linguae melitenses*) en aardig is het te bedenken dat op Malta geen inheemse slangen voorkomen.

De fossielen plaatsten de biofilosofen in de Oudheid voor geen probleem. Het waren voor hen overblijfselen van dieren zoals in de omringende wereld leefden en indien de versteningen niet zo maar als delen van levende dieren (of planten) herkenbaar waren, dan vormde een aardkracht ze. Zulke vormsels waren dus niet van een levend organisme afkomstig en men kon ze verklaren op de manier van Empedokles (p. 26, 27).

In de 2e eeuw van onze jaartelling zag Tertullianus door de aanwezigheid van schelpen op het droge vasteland bevestigd dat de zondvloed de hele aarde overdekte (*De Pallio*).

Toen het christendom de biologie schoolde, wijzigde de antieke interpretatie van de fossiele resten zich onder christenen niet. Tot de 16e eeuw. Tot die tijd stond vast dat alle levende organismen door Gods schepping tot leven kwamen. Alle levende wezens zijn die ze waren en verschillen niet van de huidige. Alle dieren en planten ontstonden in de scheppingsperiode en kwamen volmaakt tot aanzijn, dat wil zeggen: niet vatbaar voor uitsterven (want dat zou met een volmaakte voorzienige schepping strijdig zijn). Deze leer, die de fossiele schelpen identiek verklaarde met de huidige, verschafte een hechte basis voor theorieën over land en zeeverschuivingen in de aardgeschiedenis, waarover later enige aantekeningen.

In de Middeleeuwen (en nog daarna) waren de versteende *naturalia* vanzelfsprekend voor alchemisten van belang. Men constateerde meer dan eens dat zij in de oven niet smolten zoals metalen. Overigens moest men wel vermoeden dat de vreemde steentjes magisch begaafd en geneeskrachtig waren. De *lapides figurati* (op z'n Grieks *lithoi ideomorphi*) werden in groepen gerangschikt. bij voorbeeld *lapides ichthyomorphi* (visvormige stenen) en andere. Bliksems lieten *ceraunia* (belemnieten) in de bodem achter (en *glossopetrae*, dondersteentjes) en waardevolle stenen leken op padden (*bufonites*) of op draken (*draconites*). Plantaardig was *onyx* en in bamboe vond men concreties (kiezelzuur) die als *tabasheer* opgang deden waardoor verwarring met suiker ontstond, verwarring ook met barnsteen en de in zee gevonden kluiten uit de blaas van walvisachtigen (*spermaceti*) of ambergris (gris = vet). Rabelais moest om het gedoe met de wondersteentjes lachen (Gargantua, Woord vooraf; 1542).

P.J. Olivi van Cremona (1248-1290) bestudeerde de plaatselijk aanwezige fossielencollecties en besloot dat fossielen spelingen der natuur (*lusus naturae*) waren, een gedachte die velen als een gelukkige oplossing zouden aanvaarden.

Over fossielen noteerde Leonardo da Vinci: 'Het slib van rivieren heeft de schelpen toen ze nog op de zeebodem lagen, overdekt en is ze binnen gedrongen, dicht bij de kust. We vernemen wel dat die schelpen in de heuvels door de kracht van de sterrestraling ontstaan, maar ik vraag me af waar de heuvels en de sterren zijn die fossiele schelpen van

een bepaalde leeftijd en van bepaalde soorten kunnen vormen. Hoe kunnen sterren ons de gedaante van klaarblijkelijk door stromend water afgeronde keien verklaren en hoe kunnen zij de oorzaak geweest zijn van versteende bladeren, zeewieren en in zee levende krabben?' En bij een andere gelegenheid: 'De zee verandert het evenwicht van de aarde. De schelpen die in verschillende aardlagen opgestapeld liggen, hebben noodzakelijk op dezelfde plek geleefd die eens door de zee bedekt was. De grote rivieren vervoeren afbraak naar de oceaan. De banken door die afzettingen gevormd, zijn telkens weer door lagen slib bedekt, in dikte verschillend, en wat eens de zeebodem was, werd de top van bergen' (Ventori, Essai... Da Vinci; 1797).

Uitgravingen bij de herbouw van Verona in 1517 brachten grote hoeveelheden fossielen naar boven. Girolamo Fracastoro (1483–1553), Italiaans medicus die veronderstelde dat ziektekiemen door de lucht getransporteerd konden worden en zo de pest overbrengen, had zeer goede ideeën over die fossielen. Al de schelpen zijn resten van dieren die ter plaatse geleefd hebben. Theofrastos is volslagen mis met te denken dat een *vis plastica* deze gevormd heeft en dat zo'n kracht stenen zou kneden als dierlijke vormen. De zondvloed heeft die schelpen niet op het land kunnen brengen. Hij duurde te kort en het was zoet water en als die watervloed de schelpen zover had mee kunnen slepen, dan zouden ze op de bodem zijn blijven liggen en niet ergens boven in de bergen in de grond zijn gestopt.

Veel bijval kregen zulke beschouwingen niet. In 1546 verscheen *De Natura Fossilium* (in 10 'boeken') door Georgius Agricola (Georg Bauer, 1494–1555). Hij had het mineralenboek dat hij geloofde van Aristoteles te zijn, bewerkt en de *orukta* daarin genoemd wilde Agricola *fossilia* noemen. Dat waren voorwerpen die uit een *fossa*, een gegraven kuil, te voorschijn kunnen komen, curiositeiten zoals stukjes erts of mineraal en op dierresten gelijkende stenen. Die laatste zijn, verklaarde Agricola, restanten van onderaards levende, althans bezielde organismen (*De Animantibus Subterraneis*). Van barnsteen kon hij meedelen dat het een 'vet aardsap' was, en *glossopetrae* zijn 'der menschlichen Zunge ähnlich', hij schreef over versteend hout en wist van ammonieten: het waren slakken.

Tijdgenoten van Agricola zoals Luther, Gesner, Cesalpino en Aldrovandi kwamen onder de indruk van de gelijkenis tussen versteende *naturalia* en thans levende wezens. Gesner wijdde een boek aan het vraagstuk dat hij niet kon oplossen (*De Rerum Fossilium* ...; 1565) en kwam niet verder dan dat het misschien versteende dieren zijn en anders zijn het zuivere mineralen. Luther wist raad. Hij kon het versteende hout dat in mijngangen werd aangetroffen zonder moeite verklaren. Het zijn stutten die mensen van vóór de zondvloed daar achterlieten.

De *vis plastica* die Theofrastos en Avicenna veronderstelden, handhaafde zich, alchemistisch gemoderniseerd. Mattioli (IV.18) liet door fermentatie uit vetelementen in de aarde fossielen ontstaan. Fallopio (V.12) tobde ook over vreemde bodemkrachten, die fossielen en zelfs in de bodem begraven Romeinse vazen schenen te kunnen maken.

Het is een vergissing te denken, zei B. Palissy (1510–1590), pottebakker uit Saintonge die zich in Parijs gevestigd had, tot de theologen aldaar, de meesters van de universitaire instellingen, dat fossielen, de schelpen en de visversteningen die voortdurend gevonden worden, aanspoelsels van de zondvloed zijn. Dat hield Palissy ook zijn hoorders voor tijdens openbare lessen over de natuur en natuurlijke historie in zijn Cabinet van fossielen uit Saintonge en de Ardennen. De schelpen zijn eens, ter plaatse waar ze gevonden worden, ontstaan en de overige resten stammen eveneens van in zee levende dieren (zoals Xenofanes had gedacht). Vanwege zijn uitlatingen en zijn boeken (1557, 1563, 1580) verdween Palissy in de Bastille waar hij stierf.

Nog in het begin van de 17e eeuw werden publikaties met dergelijke uitspraken in Parijs publiekelijk verbrand en toch kan Palissys werk hebben bijgedragen tot een wijziging van het kerkelijke beleid. De kolossale botten van een fossiele Mastodont, begin 17e eeuw gevonden, mocht men toch als een bewijs zien dat vóór de zondvloed reuzen op aarde geleefd hebben en in Franse kerken hingen dikwijls fossielen als muurdecoratie en als een memento aan de zondvloed. Het was niet in overeenstemming met Palissys opvattingen, maar het bevorderde de belangstelling: over zulke reuzen spreekt de bijbel niet.

Om goede redenen verwijs ik ook elders naar het belangrijke werk van Fabio Colonna (IV.19). Deze uitstekende bioloog schreef in 1616 een *Dissertatio de Glossopetris* en zette daarmee de eerste ferme stap op weg naar een moderne palaeontologie. Onzinnig is het te geloven aan een *vis plastica* zoals Avicenna en zijn geestverwanten te hulp riepen ter verklaring van de wonderlijke versteningen. Geen *natura formatrix* maakt pseudodierresten. Als ik de tongsteentjes hoog verhit verkolen ze en daarom zijn het geen metalen en ook geen mineralen. Colonna tekende tanden van *Carcharodon carcharias* en waarschijnlijk van *Isurus*, de Neushaai (p. 323). Drie pijlers, leerde hij, behoren natuuronderzoek te steunen: *experientia* (directe waarneming), *experimentum* (onderzoek) en de kritische beschouwing van voorgangers. Houd daarbij in het oog, merkte Colonna op, dat de natuur steeds op dezelfde manier werkzaam geweest is; natuurwetten wijzigden zich nimmer.

Wie zoals Colonna de versteningen zonder voorbehoud als resten van levende dieren beschouwt, kan met behulp van de zondvloed die de gehele aarde overdekte zo veel en zo wijd verspreide vindplaatsen verklaren. J. Cardan had het in zijn Traité de la Subtilité (1556) al toegelicht. Overigens, die zeedieren bleven liggen waar de alles overspoelende zondvloed ze, toen de wateren weken, achterliet en ze leefden niet op de vindplaatsen, zoals Palissy gezegd had.

Meer dan vijftig jaar later zette de Deen Steno (V.30) Colonna's initiatief voort, voornamelijk op basis van onderzoek te velde, in Toscane, tussen Arno en Tiber. Hij bestudeerde de dezelfde haaiesoort en koos voor zijn verhandeling over fossiele overblijfselen (1669) dezelfde naam, *Dissertatio* (zijn publikatie werd later gewoonlijk *De Solido* of ook wel *Prodromus* genoemd). Steno verschafte de studie van de fossielen en hun geologische betekenis, de definitieve wetenschappelijke basis, maar zijn werk werd vergeten en vond pas erkenning na 1831 toen Cuvier het betoog onder de aandacht bracht.

De methode om de relatieve ouderdom van sedimenten door middel van gevonden fossielen te bepalen, is door Steno voorgesteld. Hij legde uit dat de oudste sedimenten tijdens de schepping moeten zijn ontstaan; dat kan niet anders. Alle aardlagen werden in water afgezet, laag op laag, steeds jongere op de oudere, en alle horizontaal. Vuur (vulkanen, aardbevingen) en water kunnen holen in de aardkorst veroorzaken. Als die instorten zijn heuvels en dalen het gevolg en kantelen de sedimentlagen. Treft men fossielen in een bepaalde hogere laag aan die ook in een andere laag voorkomen, dan moet die tweede laag jonger zijn (en dus na de schepping ontstaan).

De mogelijke herkomst van fossielen overwoog Steno zorgvuldig. Zijn het resten van ter plaatse geleefd hebbende dieren of werden ze eertijds door water aangevoerd? Zeeschelpen bewijzen dat een laag in zee werd afgezet en als die schelpen met plant- of landdierresten vermengd zijn, dan spoelden ze met rivierwater de zee in.

De op Malta massaal aangetroffen gefossiliseerde haaietanden moeten met wetenschappelijke twijfel beoordeeld worden, maar haaietanden zijn het en geen spelingen der natuur. Zo staat het ook met andere versteende dierresten, vissewervels en 'hele vissen

van elke soort', horens, tanden, dijbenen en andere botten van landdieren die precies op de botten van de huidige dieren gelijken, soms echter van vorm afwijken en soms zelfs heel anders zijn. Dezelfde schelpdieren die drieduizend jaar geleden, pas geschapen, leefden, leven nu nog.

Om deze nieuwe inzichten voor hemzelf en voor anderen aanvaardbaar te maken, toetste Steno al zijn geologische en biologische gevolgtrekkingen aan de mededelingen van de Heilige Schrift en het bleek hem dat, zelfs in details, de natuur en de bijbel niet in botsing komen, ja elkaar zelfs gewoonlijk bevestigen. De zes scheppingsdagen lieten zich aflezen uit de geologische formaties van Toscane (*De Solido Intra Solidum Contento*; 1669).

Steno's uitvoerige geruststellende commentaar verraadt zijn religieuse onrust en dit kan hem de lust om zijn palaeontologisch onderzoek voort te zetten, ontnomen hebben.

Vallisnieri, zijn tijdgenoot, heeft die onrust gevoeld toen hij schreef dat het mengen van bijbelse argumenten in wetenschappelijke discussies wederzijds nadelig is. Overigens, de zondvloed moet de hele aarde bedekt hebben, want anders zouden geen aardlagen zo groot als Italië kunnen zijn achtergebleven.

24. 17e-eeuwse fossielen

In een overzicht van de historie van de fossielen in de 17e eeuw mag een aantekening over de gedachten van Robert Hooke, de wakkere secretaris van de Royal Society, niet ontbreken. In 1668 verklaarde hij dat dieren geleefd kunnen hebben die nu uitgestorven zijn. Op de vraag hoe dit te rijmen met de wijsheid en de almacht van de Schepper, antwoordde hij dat individuele dieren sterven en dat zodoende ook soorten kunnen uitsterven. Als bovendien de bijbel aankondigt dat de aarde te gronde zal gaan, dan zullen ook alle dieren uitsterven. Zo ongerijmd is het uitsterven van dieren dus kennelijk niet. In Dorset (Engeland) waren in kalkafzettingen (Boven Jura) fossiele waterschildpadden en grote ammonieten ontdekt. Hooke oordeelde dat daar ter plaatse eens, lang geleden, warmere klimaatomstandigheden geheerst moeten hebben, misschien wel door gewijzigde standen van de aardas.

Na Hooke's dood (1703) verschenen nagelaten manuscripten in druk (Posthumous Papers; 1705). In het artikel Earthquakes (p. 291) schreef Hooke: 'Heel veel soorten andere schepselen leefden in vroeger tijden die wij tegenwoordig niet meer aantreffen en het schijnt wel dat nu allerlei soorten leven die niet sinds het begin geleefd hebben.' En in een andere notitie vroeg hij zich af of uit de rangschikking van fossielen in de aarde misschien een datering voor de aardlagen af te leiden zou zijn.

Zulke suggesties gaven aanleiding tot hoogtheologische werken om de schepping van alle smetten vrij te houden. Zij interesseren ons hier niet, maar wel verdient de bewering van Martin Lister (p. 302) aandacht, die Hooke bestreed. In 1678 publiceerde Lister in *Historia Animalium Angliae* erg goede tekeningen van zowel fossielen als van levende (zee)dieren. Hij concludeerde dat de fossielen zo sterk van thans levende dieren verschillen, dat zij daar niets mee te maken kunnen hebben. Kortom, het zijn vormsels in de aarde ontstaan, zeer bijzondere stenen (*lapides sui generis*) en geen restanten van organismen.

In *Lithophylacii Britannici Iconographia* door Edward Lhuyd (Lhwyd, Lloyd, of Luidius; 1660–1709), Keeper van het Ashmolean Museum en een uitnemend kenner van de Britse flora, een geïllustreerd stenenboek dat in 1699 gedrukt werd, staan een paar onbeholpen

tekeningen van afdrukken van Varenachtigen. Het zouden de vroegste afbeeldingen van fossiele planten zijn en Luidius dacht dat zulke vormingen door een *aura seminalis* ontstonden.

John Woodward, de veelzijdige arts-bioloog (p. 395) sprak Lister en Luidius tegen. Fossielen zijn versteende resten van levende wezens, 'diluviale' aanspoelsels van de zondvloed (Fossils of all Kinds...; 1728). Einde 17e eeuw, had Leibniz (VII.1) de goede verklaring voor dierfossielen al gegeven (lang na zijn dood in *Protogaea* (1748) gepubliceerd).

> 'Als we nu eens zouden zeggen, dat een zee of meer met vissen door een aardbeving, door stortvloeden of door een andere overweldigende oorzaak door aarde volgestort zou worden, aarde die vervolgens tot steen zou verharden en de resten van de bedolven vissen zou omsluiten, die eerst als reliëfs in de zachte massa afgedrukt, als de organische overblijfselen al lang ontbonden zijn, met metaalachtige stoffen [van de koperhoudende leisteen bij Mansfeld] werden opgevuld?'

25. De zondvloed en Johann Jacob Scheuchzer

De versteningen zijn spelingen der natuur (*naturae ludibria*) zoals Avicenna verklaard had, verzekerde Scheuchzer in 1702 (*Lithographia Helvetica*), maar toen hij Woodwards Essay towards a Natural History of the Earth (1695) gelezen en in 1704 in het Latijn vertaald had doen verschijnen, en begreep dat de fossielen zondvloed-berichten schraagden, wijzigde hij zijn mening en schreef een schone allegorie. Fossiele vissen beklagen zich over en verdedigen zich tegen de mensen, omdat die ze voor fratsen van de natuur gehouden hebben terwijl zij niettemin getuigen van de zondvloed waren en tijdens die chaos te gronde zijn gegaan (*Piscium Querelae et Vindiceae*; 1708).

Het *Herbarium Diluvianum* (1708–1709) door de Zwitserse medicus-geoloog Johann Jacob Scheuchzer (1672–1733) werd een handboek voor de diluvialisten niet alleen, maar ook gedurende vele decennia voor al degenen die in fossiele planten geïntereseerd waren. In weerwil van zijn bioreligieuse buitelingen vond Scheuchzer, tijdens zijn leven een beroemde geograaf en natuurkundige, ook na zijn dood erkenning als een verdienstelijke en toegewijde palaeobioloog. Na studiejaren in Altdorf promoveerde hij te Utrecht in de medicijnen (1694) en hij werd stadsgeneesheer (Poliater) in Zürich (1696). In 1710 werd hij daar docent voor de wiskunde aan het Gymnasium.

Het Zondvloedherbarium bevat vele, bijzonder goede tekeningen, zo nauwkeurig dat de meeste afgebeelde voorwerpen met zekerheid identificeerbaar zijn. De plantfossielen staan op veertien platen bijeen en zijn van planten uit het Perm, Carboon en Tertiair afkomstig. Scheuchzer onderscheidt antediluviale, diluviale en postdiluviale planten. De zondvloed moet in mei hebben plaatsgehad, want soms dragen versteende plantestengels jonge uitspruitsels. Voor het eerst worden de dendrieten, chemische afzettingen die de vorm van vertakkende planten hebben, goed van de ware fossielen afgezonderd. Ze moeten *Pseudophyta* heten, schreef Scheuchzer, en het zijn 'figuren die de beweging van een vloeistof voortbracht toen deze tussen twee aardlagen (*solidae*) ingesloten werd en tussen de twee uitvloeide.

In de tweede editie van 1723 voegde hij een rangschikking van de fossiele planten toe volgens het systeem van De Tournefort (X.20), maar hij kan – hoe zou het ook anders – veel planten niet of niet met zekerheid plaatsen. Met meer dan honderd fossiele houtresten weet hij geen raad.

Het geraamte van een tijdens de zondvloed verdronken mens kreeg de naam *Homo diluvii testis et theoskopos* (de mens die van de zondvloed getuige was en God zag). Scheuchzer maakte een tekening van het skelet (Phil. Transact. Roy. Soc.; 1726) en berekende de ouderdom op 4032 jaar (1726 + 2306 (het jaar van de zondvloed)). Bij de plaat overwoog hij dichterlijk: 'Eens ouden zondaars droef gebeent, Maant dat G'uw zondig hart beweent.'

Een Kupferbibel (*Physica Sacra Iconibus Aeneis Illustrata*; 5 delen) gaf in 1731 een beeldverslag van alle natuurhistorische situaties in de bijbel. Adam, zo blijkt het, was een antediluviale reus van 37 meter lengte. Eva was, tot ieders tevredenheid wat kleiner gebleven, 36 meter.

Enige natuurwetenschappelijke steun voor Scheuchzers bijbelse maten was beschikbaar sinds zijn landgenoot Felix Pla(t)ter, de leermeester van G. Bauhin die bij Luzern fossiele botten gevonden had (mogelijk van een olifant-achtige) die hij aan reuzen in een ver verleden toeschreef (*Observationes*...; 1641).

Cuvier bezocht Teylers Museum in Haarlem (mei 1811) om de beroemde collectie fossielen te onderzoeken. Scheuchzers 'antropoliet' (steenmens) werd hem ter beschikking gesteld en Van Marum, de toenmalige directeur (p. 449), keek toe hoe Cuvier in de steen beitelend het raadsel oploste. Een skelettekening van een salamander diende als gids en Cuvier voorspelde, al beitelend, waar een botrest zou verschijnen. Het klopte precies. In zijn Recherches sur les Ossemens Fossiles (1823) vermeldt Cuvier het succes. Het geraamte van de zondvloedgetuige kreeg de naam *Ichthyosaurus* (*Andrias*) *scheuchzeri*.

De hoogleraar in de medicijnen te Würzburg, Johann Barthel Adam Behringer, bestudeerde fossielen en was een ijverige verzamelaar. Twee collega's (wiskunde en geografie), de bibliothecaris en twee studenten kneedden en bakten kleidiertjes. Ze versierden ze met Hebreeuwse letters, sterretjes en andere ornamenten en legden ze neer in de streek waar Behringer vaak verzamelde, op gemakkelijk toegankelijke plekken. Behringer vond de pseudo-fossielen en beschouwde ze als het bewijs dat de theorie van hun anorganische oorsprong – die hij geloofde – juist was. Hij maakte een boek over deze spelingen der natuur met afbeeldingen en beschrijvingen (*Lithographia Wireburgensis*; 1726). Als toppunt van grappigheid legde men kleidiertjes die Behringers naam droegen, te vondeling. Wanhopig probeerde Behringer daarna alle exemplaren van zijn boek te achterhalen om ze te vernietigen, hetgeen maar zeer ten dele gelukte. Hij pleegde zelfmoord.

Het geloof aan de anorganische herkomst van fossielen verdween geleidelijk. Talrijke theologen en deïstische (Verlichte) biologen bleven krachtig tegenspreken dat fossielen resten van verdwenen diersoorten zouden zijn.

Voltaire publiceerde in 1767 een reeks opstellen (La Défense de mon Oncle, Bibl. Pléiade; 1961) waarvan één een indruk geeft van palaeobiologische opvattingen in de tweede helft van de 18e eeuw (Des Montagnes et des Coquilles).

> 'Verlies deze grote waarheid nooit uit het oog: de natuur verloochent zichzelf nimmer [Newton; p. 462]. Alle soorten blijven altijd dezelfde. Dieren, planten, mineralen, metalen, alles blijft onveranderlijk in deze overvloed van verschillen...'
>
> 'Ik weet dat men veel over schelpen praat. Ik heb ze net als iedereen bekeken. De steile randen van veel rivieroevers of langs sommige meren zijn er mee bekleed, maar ik heb nooit gezien dat het resten van zeedieren (monstres marins) zouden zijn. Ze lijken veel meer op de gebroken mantels van mossels en andere kleine schaaldieren die in meren en rivieren leven. Sommige zijn kennelijk niets dan krijt (talc) dat in de aarde allerlei vormen heeft aangenomen...'

Ongetwijfeld is hier en daar zee geweest waar nu land is, maar:

'Evenals veel goede waarnemers heb ik gemeend dat de in zijn werkstukken onuitputtelijke natuur zeer wel vele fossielen heeft kunnen vormen die wij domweg voor zeeprodukten aanzien...'

'Ik heb op honderd mijlen van de zee enige versteende oesterschelpen gezien, maar ik heb ook onder twintig voet aarde Romeinse munten gezien, ringen van ridders, en dat op meer dan 900 mijl van Rome. Ik heb heus niet gezegd dat die ringen en die gouden en zilveren munten daar ter plaatse gemaakt waren. Ik heb evenmin gezegd dat die oesters daar ter plaatse opgegroeid zijn. Ik heb gezegd dat reizigers die ringen, dat geld en die oesters daar hebben gebracht.

Toen ik veertig jaar geleden [Dissertation sur les Changements...; 1746] las dat men in de Alpen schelpen uit Syrië had gevonden, heb ik op een tikje spottende toon, ik erken het, gezegd dat die schelpen naar het scheen door van Jeruzalem huiswaarts kerende pelgrims meegebracht waren. De heer de Buffon heeft mij dit in zijn Théorie de la Terre... zeer scherp verweten. Ik heb geen ruzie met hem willen maken vanwege een paar schelpen, maar ben niet van mening veranderd omdat mij de onmogelijkheid dat de zee bergen zou kunnen opwerpen, is gebleken. Al bezweert men mij bij hoog en laag dat [zwart] porfier ontstaat uit de [zwarte] stekels van zeeëgels, dan zal ik dat geloven zodra ik zie dat wit marmer uit de veren van struisvogels ontstaat.'

Vijfendertig jaar later wees Chateaubriand de opvatting dat fossielen dierresten zouden zijn af met een fraaie tirade in zijn succesboek Génie du Christianisme (1802).

Fossielen, zo vernamen zijn lezers, wekken de indruk van een ver verleden. God heeft die voorwerpen geschapen om de mensen aan zulke lang vervlogen tijden te laten denken, ofschoon dat verre verleden nooit werkelijkheid geweest is. Zij zijn dus aanleiding voor een zinsbegoocheling die bewerkt dat de mens zich bewust blijft van verleden, heden en toekomst, want dat is een volkomenheid, een volheid, een scheppingsprincipe.

Uit onze tegenwoordige wereld kan Chateaubriand een voorbeeld geven dat zijn uitleg bevestigt. De maretakken, *Viscum album*, die in de boomkruinen groeien zijn deel van de Schepping; iedereen houdt ze voor vogelnesten en dat zijn ze niet.

De versteende planten in het Carboon die in Silezië gevonden worden, zijn 'ongeboren plantembryo's in der aarde schoot', scheppingsafval, dacht de geoloog Carl von Raumer, in 1819. Hij kreeg steun.

Fossielen zijn organisch, verklaarde Hegel in 1847, maar geleefd hebben ze nooit, want het zijn restanten van mislukte dieren, afval uit de werkplaats van de Schepper. Velen die dit lazen moeten zich Empedokles (I.10) hebben herinnnerd.

Keren wij terug naar de tijd vóór Buffon, de eerste helft van de 18e eeuw, om daar een geestige samenvatting van de fossieltheorieën aan te treffen. Aanleiding gaf het verschijnen van een eiland (Mea Kaumen) in de Golf van Santorini in 1707–1711 na een aardbeving. Het eilandje werd enige honderden meters in omtrek en ongeveer acht meter hoog. Vóór het met vulkanisch materiaal bedekt werd was de bodem met allelei zeedieren bezaaid.

De Abbé A.L. Moro (1687–1764), een scherpzinnige geoloog, werd geboren en stierf in het Italiaanse Friuli, niet ver van Triest. Samen met de secretaris van de Académie, B. de Fontenelle schreef Moro, in 1718 een verhandeling die moest aantonen dat de zondvloed onmogelijk op het nieuwe eiland die fossiele oesterbedden en versteningen van tropische planten kon hebben achtergelaten. Moro zette het betoog in 1740 voort met een

fabel over het bezoek van vier natuuronderzoekers die van het ontstaan van het eiland niets weten. De eerste ziet de schelpen als een bewijs van de zondvloed, de tweede besluit dat de zee eens de bergen bedekt moet hebben, de derde beschouwt de vormsels als natuurspelingen en de vierde zegt dat de schelpen verschenen en groeiden in rotsspleten, waar door de hitte van het onderaardse vuur zoute dampen kristalliseerden. Daarbij dacht de vierde prater aan levenskiemen, die zoals zaden in de bodem door zoiets als een bevruchting van stenen organische vormingen in gang zouden zetten. Deze vierde opinie is een prik naar het hiervoor genoemde boek van E. Lhuyd (p. 1253) en naar de neo-Platonische biologie in Engeland. Hoe amusant ook, ik kan deze sprookjes niet verder vermelden en in beschouwing nemen. Van meer belang is dat Moro's studies de stratigrafie van de mariene afzettingen zozeer bevorderden, dat Cuvier en Brongniart, en in Engeland W. Smith, op zijn gegevens verder konden bouwen. Zijn werk werd uitvoerig door Lyell benut (XII.35).

26. Ontwikkeling van de evolutietheorie tot Buffon

Transformisme betekent dat nakomelingen anders gevormd zijn dan de ouders: de ouderlijke vormen en eigenschappen handhaven zich ten dele in het nageslacht. Het woord 'transmutatie' zou dit wijzigingsproces beter aanduiden en werd vooral in Engeland gebruikt, maar transformisme bleef een gewoonlijk benutte term totdat, tegen het einde van de 19e eeuw, de term 'evolutie' transformisme en transmutatie begon te verdringen.

Evolutie is letterlijk 'ontrolling', het loswikkelen van een rol. Cicero voerde het woord in voor het openen van boekrollen (*volumina*). Later wordt evolutie 'ontwikkeling'. Een kiem evolueert tot een plant. In de 18e eeuw is evolutie in de embryologie een geijkte term voor embryonale groei. Von Haller beschouwde de groei van de homunculi (p. 317) als evolutie. Darwin liet het woord 'evolved' pas toe in de tekst van zijn laatste (6e) editie van Origin of Species. Strikt genomen zou afstamming 'descent' mogen heten wanneer geen oordeel over het nageslacht wordt uitgesproken. Omdat Darwin 'descent' gebruikte in de betekenis van transformisme en ten slotte toch aan een term de voorkeur gaf die daarmee overeenstemde - zo schijnt het - voegde hij 'evolution' aan zijn terminologie toe; dit woord was in die betekenis al lang bij Spencer en andere Engelse auteurs in gebruik.

Gedachten over levensverschijnselen die evolutie benaderen hebben een plaats gehad in de vóór-christelijke biofilosofie, al beoordeelden de Grieken in de 6 eeuwen voor de jaartelling de kosmos als een statische samenhang van vormen. Het Zijn van de vormen der dingen, van de Ideeën, van materie verandert niet, nooit: wat Is was er altijd zoals het is, en het zal altijd zo blijven. Omdat de natuur steeds in beweging is, alle dingen in cirkelgang komen en gaan, gaat Worden aan Zijn vooraf en zal Zijn zelf weer in Worden veranderen. Bij voorbeeld de mens die van embryo volwassene wordt, mens is, en van wie ziel en materie na de dood de cirkelloop vervolgen tot een nieuwe ontmoeting; de mens-cyclus. In zo'n wereldbeeld past evolutie naar 19e-eeuwse opvattingen niet.

Individueel groeien, leven en sterven planten en dieren, maar de Grieken oordeelden *eidè* een veel voornamer houvast te zijn bij het overdenken van *fysis*. *Eidè*, het idee dat maakt dat levende wezens herkenbaar zijn als behorende tot een groep individuen, die door hun aard en vorm onderling overeenstemmen, verandert niet. Hond blijft hond, leeuw leeuw, vis vis. Alle eidè's zijn delen van het stabiele kosmische bestel. Gewoonlijk

menen historici dan ook dat elk vermoeden van evolutie (19e-eeuws begrepen) in de biologie van de Oudheid ontbreekt want evolutie betekent vernieuwing, het worden tot een veranderd zijn en het uitblijven of verdwijnen van wat geen bestaansgrond meer heeft.

De leer dat de natuur en de levende wezens aan natuurwetten onderworpen zijn formuleerde Anaximandros in de 6e eeuw v. Chr. Hij begeleidde dit eerste onmisbare uitgangspunt voor een evolutieleer met opmerkingen over het ontstaan van leven en de gebeurtenissen daarna die verrassend dicht aansluiten bij bestanddelen van het Darwinisme (p. 15, 16).

In het verslag van Empedokles' natuurfilosofie citeer ik zijn overbekende beschrijving van de ordeloze creativiteit van dode en levende stof (p. 27) en wijs op de aanloop naar de leer van de natuurlijke teeltkeus. Aandacht verdient ook dat de zielen in de loop van de tijd een hogere vervolmaking bereiken. Bij Platoon is deze opwaartse weg verlaten. De zielsverhuizing volgens Platoon volgt een dalende kwaliteit (p. 38–40), waarbij uiten inwendige invloeden geregeld door buitennatuurlijke wetgeving, een transformisme veroorzaken. Dit model keert bij o.a. Lamarck terug, echter in omgekeerde richting.

Een uitspraak van Anaxagoras zou luiden: 'De dieren ontstonden oorspronkelijk in het vochtige, maar later uit elkaar.' De opmerking past in Anaxagoras' mechanistische wereldbeeld: eerst *generatio spontanea* en daarna de gebruikelijke voortplanting. Met transformisme heeft dit niets te maken, maar als de bewering van latere auteurs juist is dat Anaxagoras een toenemende mate van organisatie van levende wezens verbond met een toenemende intelligentie, dan heeft hij een karaktertrek van 18e- en 19e-eeuwse evolutietheorieën als eerste aangewezen.

Omstreeks de 5e eeuw v. Chr. heerste de mening dat verworven eigenschappen tengevolge van invloeden van buiten erfelijk zijn. Het in VIII.1 gegeven citaat (of een verwijzing naar die tekst) uit het *Corpus Hippocraticum* komt in alle historische overzichten van de erfelijkheidsleer voor ter toelichting van het standpunt van de Hippokratische dokters.

Elders in hetzelfde opstel (*Peri Aëroon, Hydatoon, Topoon*) legt de auteur uit dat de verschillen tussen mensen, dieren en planten het gevolg zijn van klimaat, voedsel en geografische bijzonderheden. Hij geeft een aantal gedetailleerde voorbeelden.

Het Hippokratische betoog mag dan wat verward schijnen maar het maakt duidelijk dat uitwendige factoren wijzigingen in erfelijke eigenschappen veroorzaken en dat verworven eigenschappen na herhaling, enige generaties lang, erfelijk worden. Na het verdwijnen van de oorzaak zal de wijziging ook kunnen verdwijnen door de inbreng van ouders die ongewijzigd zijn gebleven. Het voorbeeld van de langschedeligheid (VIII.1) past zowel in het Lamarckisme als in het Darwinisme.

Aristoteles werd voorgesteld als de 'eerste evolutionist', want hij verdedigde voor het eerst een sluitende evolutietheorie, schreef Nordenskiöld in zijn geschiedenis van de biologie. Zijn vergissing komt voort uit een misverstand betreffende de *scala naturae* (X.15). Het tegengestelde is juist.

Onder de biologen van de Oudheid vertegenwoordigt Aristoteles bij uitstek de mening dat nimmer enige wijziging in de bestaande vormen, gevangen in de *eidè*, zal plaatsvinden. *Eidè* is de abstractie of het gemeenschappelijke van de zichtbare gedaanten van (essentieel) gelijkvormige dieren, planten en mensen die individueel door bijkomstigheden verschillen, incidenteel en accidenteel. De kosmos is geheel door alle dingen, levende en dode materie, die een plaats daarbinnen innemen, gevuld. Alles beweegt, verandert onophoudelijk, van vorm, van plaats, en wat het ene verlaat wordt zonder hiaat in ruimte of tijd, bezet door het andere, het volgende, en in een kosmische kringloop keert alles weer terug

naar het begin, een moment in de cirkelgang. Het natuurbestel is statisch, sluit aaneen in al zijn bewegende bestanddelen, de Natuur maakt geen sprong. Lamarck en Darwin nemen dit Aristotelische standpunt (via de *scala naturae*) over - zonder zich daarvan rekenschap te geven - maar zij brachten een wezenlijke vernieuwing aan. Organismen, individueel en in groepsverband beoordeeld, wijzigen zich door veranderde nakomelingen en door de natuurlijke, incidentele wijzigingen veranderen structuren en gedaanten in de organische wereld geleidelijk. Een *scale naturae* van mettertijd verschijnende, toenemend complex gebouwde, erfelijk verwante, organismen.

Met het voorbehoud, dat de beschikbare fragmenten Griekse tekst losse brokjes zijn, dikwijls onzeker van inhoud en van herkomst (citaten bij andere auteurs), schijnt het mij toe dat, ofschoon in de Griekse Oudheid een evolutietheorie volgens 19e-eeuwse begrippen uitbleef, toch zes eeuwen biofilosofisch nadenken geleid hebben tot een benadering van de voornaamste factoren die heden als oorzaken van evolutie worden erkend, tot althans de uitgangspunten van de moderne afstammingsleer. Een synthese bleef achterwege.

De opvattingen van Nicolaus Damascenus in de eerste eeuw van onze jaartelling, herhaalde Albertus Magnus in de dertiende (p. 131, 160, X.6) zonder bedenken, want sindsdien waren gedachten over transformisme wel wat kleuriger geworden maar niet veranderd. Nog in de 17e eeuw hechtte Ray (X.13,14) zijn goedkeuring aan de mening dat parasieten uit hout van de waardplant ontstaan, geen zelfstandige organismen zijn, en als afstammelingen van de gastheer beschouwd mogen worden. Al het waarlijk geschapene is onveranderlijk.

Hoezeer de gedachte aan afstamming met veranderingen in de vroege 18e eeuw al gemeengoed was, kan blijken uit twee terloopse opmerkingen van Ch. de Montesquieu (1689-1755), groot rechtsgeleerde, die zich ternauwernood met biologie bemoeide maar schreef 'dat in den beginne heel weinig soorten bestonden die daarna in aantal toenamen', en 'ik houd mij overtuigd dat de soorten veranderen en buiten mate variëren, en dat soorten verloren gaan en nieuwe gevormd worden.' (Pensées et Fragments Inédits; 1901).

In de jaren veertig van de 18e eeuw verschenen een aantal beschouwingen over transformisme. De *scala naturae* - van oudsher een tijdloos begrip - kreeg nu een historisch karakter, want in de loop der tijden zouden dieren lager in de reeks voorouders van hoger geplaatste kunnen zijn. De *scala* werd van een geleidelijk opklimmende gedifferentieerde volgorde van morfologisch in hoge mate overeenstemmende levende wezens een lineaire volgorde van genetisch verwante, van generatie op generatie gewijzigde vormen.

Pierre Moreau de Maupertuis (VIII.9) was creationist en accepteerde het oudtestamentische verslag van de schepping als feitelijke waarheid. Het Opperwezen schiep een geordend universum dat zich geleidelijk ontwikkelt gehoorzamend aan bij de aanvang vastgestelde natuurwetten, wetten die de details, de natuurverschijnselen, regelen. Om het Opperwezen te leren kennen moeten dan ook niet de details bestudeerd worden maar de wetten die de details oproepen, de causa's en niet hun gevolgen.

Fantasieën zoals een *natura plastica* of een preëxistentie zijn misleidend en nutteloos, want de schepping is de waarheid. Het geschapene verandert geleidelijk: de thans levende plant- en diersoorten zijn de geschapen soorten, maar zoals zij na eeuwen veranderd zijn.

Levende wezens bestaan uit 'particules vivantes', uiterst kleine levende korreltjes vergelijkbaar met kristalletjes, die in hoge mate met Leibniz' monaden overeenstemmen. Door een vorm van geheugen blijft het verleden van elk 'particule vivante' in herinnering en het hervat, zodra er aanleiding toe is, zijn vroegere deelneming aan de vorm en de functie

van organen, met name als het levende organisme ver genoeg ontwikkeld is.

Het betekent dat de ♂ en de ♀ zaadvloeistof – Maupertuis geloofde aan bestaan van beide zoals Hippokrates en velen na hem – alle elementen bevatten die het organisme voor zijn vorming en groei behoeft. Daarmee is de vererving van alle ouderlijke eigenschappen verzekerd en staat de soortconstantheid vast. Zou, incidenteel, een hapering in het regelmatig doorgeven van eigenschappen van generatie op generatie een onregelmatigheid, een wijziging, veroorzaken, dan blijft zo'n wijziging behouden.

> 'Zou men hiermee niet kunnen verklaren hoe uit twee ouderexemplaren een veelvoud van zeer sterk verschillende soorten kan voortkomen? Zulke soorten zouden hun begin te danken hebben aan enige toevallig gewijzigde nakomelingen, gevolgen van de ontregeling van de ordening der elementaire deeltjes in het vader- en moederdier: elke graad van voortgezette wanorde zou een nieuwe soort kunnen opleveren. Krachtens herhaalde ontsporingen zou de oneindige verscheidenheid van dieren tot stand kunnen komen die we heden zien, die zich nog verder kan ontplooien en die na verloop van eeuwen nog onmerkbaar geleidelijk kan toenemen.'

Het verzameld werk van Maupertuis verscheen in 1756 (2 delen), 103 jaar voor Origin of Species.

Zes dialogen van een Indische wijsgeer, Telliamed, met een Franse missionaris werden in 1748 gepubliceerd (in 1715–1716 geschreven en in 1735 gedrukt). De auteur was de Franse diplomatieke vertegenwoordiger in Egypte, Benoît de Maillet (1626–1738), die een anagram van zijn naam als titel voor het boek (en naam van de wijsgeer) gebruikte. De drie eerste dialogen behandelen geologie, de drie laatste het ontstaan der levende wezens.

Telliamed heeft de natuur doorvorst en de anatomie van de aarde, de materie, de verschijnselen, de verbindingen hebben hem de herkomst van de aarde onthuld en hoe de aarde zich vormde. Oorspronkelijk was de aarde door zee overdekt, langzamerhand verminderde het water, eilanden en continenten verschenen. De zondvloed is een sprookje en het Mozaïsche verhaal betreft een lokale overstroming.

Fossielen zijn ongetwijfeld versteende resten van dieren, verzekert Telliamed de missionaris. Al wat leeft begon eens in zee zijn levensloop. Toen de zee terugweek bleven dieren op het vochtige land achter. Ze pasten zich aan de drogere lucht aan en werden zodoende landdieren. Een vliegende vis valt op het strand, als gevolg van de droogte worden zijn schubben een franje van vezeltjes, daarna veren. En ten slotte worden zulke vissen vogels. Mensen leefden oorspronkelijk ook in zee, maar wenden aan het leven op het droge land: de poolstreken waren voor die overgang bijzonder geschikt. We treffen daar de eskimo's aan, het tussenstadium van zeemensen en (beschaafde) vastelandbewoners.

Het boek was bedoeld als een speels verhaal met een ernstige ondertoon. Het werd aan Cyrano de Bergerac opgedragen, de Zuidfranse roman-filosoof die een wonderbare avonturenreis naar de maan bedacht. Biologen namen De Maillets schrijverij niet au sérieux, maar dit neemt niet weg dat het een van de bewijzen is voor de levendige belangstelling in de 18e eeuw voor evolutievraagstukken. De dialogen verschenen een jaar voor Buffons Histoire Naturelle.

27. Buffon en de veranderende levende natuur

Een baanbrekend opstel staat in het eerste deel van Histoire Naturelle (1749) en is getiteld Histoire de la Terre. Jaren daarna nam Buffon hetzelfde onderwerp herhaaldelijk op-

nieuw ter hand (Époques de la Nature, Hist. Nat. XI, XIII, XXXIV (1764, 1765, 1778)). Het was de eerste poging de aardgeschiedenis te reconstrueren in samenhang met de ontwikkelingsgeschiedenis van de levende wezens.

Een goed doortekend overzicht van Buffons biologie laat zich nauwelijks samenstellen, want terwijl hij bijna een halve eeuw aan zijn monumentale boek werkte, wijzigde hij zijn standpunten herhaaldelijk en hij lichtte zijn nieuwe meningen niet toe met verwijzing naar vroegere en vergelijkenderwijs. Hier volgen gegevens over, en in verband met, het transformisme dat hij stevig fundeerde en pakkend omschreef.

Een veranderende dierenwereld veranderde afhankelijk van het begeleidende aardse milieu. Daarom een aardgeschiedenis.

Van Descartes vernamen wij dat de zon een vloeibare, gloeiende massa is. Buffon oppert de mogelijkheid dat een komeet met de zon botste. Losgeslagen flodders zonvloeistof balden zich samen en werden Aarde en andere planeten. Na afkoeling overdekte een wereldzee de Aarde. Waterbewegingen veroorzaakten allerlei groeven en stuwingen in de aardkorst, zodat, na terugwijken van het water, zeeschelpen in bergformaties achterbleven.

Door gloeiende bollen af te laten koelen en de hoeveelheid materiaal en het koeltempo te vergelijken berekende Buffon dat de Aarde omstreeks 65 000 jaar oud is en dat circa 15 000 jaar geleden vloeibaar water mogelijk geweest moet zijn, zodat de geschiedenis van de levende natuur 15 000 jaar ter beschikking stond.

Omdat de dieren in Egypte 4000 jaar geleden niet of nauwelijks van de huidige verschillen, is een tijdbestek van 15 000 jaar lang niet voldoende om de huidige diversiteit te bewerkstelligen. Het pleit voor Buffon dat hij toegeeft niet in staat te zijn dit raadsel op te lossen. Hij troost de lezers met de opmerking dat alles werkelijkheid wordt, want de tijd brengt het samentreffen van alle dingen tot stand (Tout s'opère parce qu'à force de temps tout se rencontre; Hist. Nat. III: 93). De stelling herinnert aan Buffons waarschijnlijkheidsrekening (IX.18) en aan Leibniz, die evenals Aristoteles, Lucretius, Descartes en Newton aan Buffons biofilosofische uitspraken bijgedragen heeft.

Onze dagen meegerekend laten zich in het verleden perioden onderscheiden (zes in 1749, zeven in 1765). De Aarde en de planeten raken los van de zon (a), de gebergten vormen zich (b), water bedekt het land (c), de zee trekt zich terug, vulkanisme begint (d), tropische flora en fauna (olifanten) in het poolgebied (e), de continenten wijken vaneen (f), de mens oefent invloed uit op de ontwikkeling van de levende natuur (g).

In periode e werd de mens in een gematigd klimaat geschapen, vermoedelijk in een Aziatisch bergland. Zijn verschijning moet vóór periode f hebben plaatsgevonden, want hij bewoont het vasteland van de Oude en de Nieuwe Wereld, zodat hij de Nieuwe Wereld bereikt moet hebben voordat de continenten uiteen gingen. Katastrofale gebeurtenissen van mondiale afmetingen waren oorzaken van afgronden waarin het water zich verzamelde. De afkoeling van de polen had de trek van de dieren naar de huidige tropen ten gevolge. In elke periode waren de woongebieden van de planten en dieren anders.

Buffons monumentale volzin die hier in vertaling volgt, heb ik intact gelaten en niet zoals de 20e-eeuwer verlangt in stukjes geknipt, want het leek beter de stijl, de gedachtegang en de visie die bij Buffon wezenlijk verbonden zijn, zoveel als doenlijk te behouden.

> 'De mens die zijn lichaam als maatstaf stelde voor de lichaamsbouw van alle levende wezens heeft, na ze gemeten, gepeild en onderling vergeleken te hebben – al hun lichaamsdelen – bemerkt dat de vorm van ieder ademend wezen hetzelfde is; dat het ontleden van een aap de anatomie van de mens aan het licht brengt; dat ieder

dier een zelfde bouwplan (fond d'organisation) blijkt te bezitten: dezelfde zintuigen, dezelfde ingewanden, dezelfde botten, hetzelfde vlees, dezelfde bewegingen van de vloeistoffen (fluïdes), hetzelfde samenwerken en dezelfde verrichtingen van de vaste lichaamsbestanddelen, en men vindt een hart in alle dieren, aderen en slagaderen, in alle dezelfde organen voor de bloedsomloop, de ademhaling, spijsvertering, voeding, uitscheiding, in alle een hechte doortimmering uit dezelfde onderdelen samengesteld en vrijwel hetzelfde gestructureerd; en steeds is dat bestel gelijk, altijd opgevolgd, gaande van de mens naar de aap, van de aap naar de viervoeters, van de viervoeters naar de walvisachtigen, naar de vogels, naar de vissen, naar de reptielen, dat bestel is - ik herhaal het - welbegrepen naar menselijk inzicht, een getrouwe afspiegeling van de levende natuur en het meest eenvoudige en meest algemene gezichtspunt van waaruit men de levende natuur kan beschouwen, ook wanneer men dat concept verder wil voortzetten en wil toepassen zowel op wat waarlijk leeft als op wat slechts vegeteert, want dan ontdekt men dat dit planmatige dat oorspronkelijk slechts in kleinigheden varieerde (par nuances) zich trapsgewijs in andere vormen aandient (se déformer par degrés), gaande van reptielen naar insekten, van insekten naar wormen (vers), van wormen naar Zoöfyten, van Zoöfyten naar planten en, ofschoon veranderd in alle uitwendige delen niettemin hetzelfde bouwplan (fond) zich handhaaft, dezelfde karakteristiek waarvan de voornaamste kenmerken voeding, ontwikkeling en voortplanting zijn: dat wil zeggen dat de voor alle geldende kenmerken aan elke tot organisme georganiseerde materie eigen zijn, eeuwigdurende en godgegeven kenmerken die de tijd in het minst niet verzwakt of wegvaagt, maar onophoudelijk vernieuwt en meer en meer herkenbaar maakt.'

Het is een bloeiende beschrijving van de *scala naturae*, die met de mens begint zoals Platoon deed en die verraadt dat Buffon met gewervelde dieren vertrouwd was en (terecht) doet vermoeden dat hij van ongewervelde dieren niets wist. Met aantekening dat de per groep gemeenschappelijke bouwplankaraktertrekken godgegeven (divins) zijn, is van doorslaggevende betekenis dat aan het slot van het tafereel Buffon de tijd invoert, de tijd die, niet alleen elk bouwplan in stand houdt, maar bovendien vernieuwt en daardoor zijn betekenis accentueert. De natuurreeks behoudt zijn aloude vorm en rangschikking, maar nu voltooit een verwijzing naar mettertijd optredende veranderingen de beschrijving. De tekst is de grondslag voor de transformatieleer.

De mens verliet na zijn ontstaan zijn geboortegrond waar een gematigd klimaat heerste, vernemen wij van Buffon, en trok naar streken met geheel andere klimaten. Na eeuwen, toen hij verder en verder ging, werden de kleine variaties in het land van herkomst, in de nieuwe landen groter en toen de mens in extreme omstandigheden kwam te leven, de zandwoestijnen in het Zuiden, de ijzige vlakten van het Noorden, veranderde hij zo verregaand dat men neger, aap en blanke voor verschillende soorten zou houden als niet met zekerheid vast zou staan dat slechts één mens geschapen werd en dat de neger, de aap en de blanke onderling vruchtbaar zijn, niet alleen onderling, maar ook met alle andere mensrassen.

Een soort is de nakomelingschap van één ouderpaar, leert Buffon, en de onderlinge vruchtbaarheid is voor die eenheid de proef op de som. Al brengen klimaat en voedsel een brede variabiliteit teweeg, deze beperkt zich wat mensen aangaat tot uiterlijkheden: huidskleur, haarvorm, gelaatstrekken en lichaamslengte.

De mens is beter in staat zich in alle verschillende milieus te schikken dan andere levende wezens, want planten en dieren zijn nagenoeg alle aan bepaalde bodems en klimaten ge-

bonden. Meer nog dan lichamelijke eigenschappen stelden geestelijke vermogens de mens in staat zich overal te vestigen.

Een terugkeer naar het klimaat in het land van zijn oorsprong zou een terugkeer naar de uitgangstoestand ten gevolge hebben. Kruis blanken en negers en het resultaat is minder zwart, steeds minder naarmate meer blank in de generaties gedaan wordt. Na 150–200 jaar zal een zwarte huid blank geworden zijn. Het klimaat als enige invloed zou ook tot dat resultaat leiden, maar waarschijnlijk pas na vele eeuwen. Om dit te onderzoeken zouden enige negers uit Senegal naar Denemarken, waar de inwoners over het algemeen blank, blond en blauwogig zijn, moeten worden overgebracht. Deze negers moeten zich - in het Deense klimaat - strikt tot de eigen negerinnen beperken terwijl elke kruising daarbuiten verhinderd wordt. Dit is de enige methode om vast te stellen hoeveel tijd de klimaatsinvloed nodig heeft om een neger in een blanke of een blanke in een neger te veranderen. Buffon voorziet dat het klimaat alleen niet voldoende zal blijken te zijn. De voeding zal tot de verandering moeten bijdragen, voorspelt hij.

Dieren, die veel directer aan klimaatsinvloeden blootstaan dan mensen, veranderen sneller, maar toch, in de natuur, weer minder snel omdat zij op de plaats blijven die hen het beste past. Als de mens of een natuurramp ze dwingt hun geboorteland te verlaten, veranderen zij zo veel dat zij onherkenbaar worden. De huisdieren zijn zo gewijzigd, door tirannie en door slavernij, dat hun voorouderlijke identiteit door experimenteren en 'analogie' opgespoord moet worden als dit nog mogelijk is. Klimaat- en temperatuurveranderingen, gewijzigd voedsel en de kwade gevolgen van slavernij zijn de drie oorzaken van de verandering en degeneratie van dieren.

Overtuigd van zijn privilege wetenschap te bedrijven naar eigen stijl en smaak behandelde Buffon steeds de mens het eerst, daarna het overige volgens menselijke belangstelling of belangen. Daarom kregen reeën, herten en schapen met voorrang zijn bijzondere aandacht, want in het Frankrijk van zijn dagen wilde iedereen horen over de jacht en de schapeteelt.

Vergelijk het stakkerige schaap met de fiere moeflon. Buffon constateert hoe alle cultuurschapen in verschillende klimaten bij de moeflons achtergebleven zijn door ze onderling te vergelijken. Hoe verder de schapen van de warmste klimaten in Afrika en Azië, waar de ware moeflons (denkt hij) huizen, verwijderd zijn, hoe meer zij ontaard zijn. Onze Vlaamse ooien moet men met moeflonrammen kruisen en voor onze geiten, die wat minder afgetakeld zijn, geldt dezelfde richtlijn.

Dieren die buiten bereik van de mens leven variëren meer naarmate meer dieren bij de voortplanting betrokken zijn. De ree, die met slechts één reebok pleegt te paren, varieert minder dan het hert, want hindes wisselen dikwijls van partner. Soorten waarvan de wijfjes drie of vier keer per jaar vijf of zes jongen werpen, variëren meer dan soorten met één jong jaarlijks. Die laatste zijn gewoonlijk grote dieren. Olifanten, neushoorns, nijlpaarden en giraffes zijn weinig variërende taxa en ze krijgen één jong per jaar. Afmeting is in de natuur een stabiliserende eigenschap.

Buffon probeerde honden en wolven te kruisen, maar bereikte geen resultaten. Isolatie, distributie en variaties in het nageslacht stelde Buffon alle aan de orde, maar hij wees (in de eerste delen van Histoire Naturelle) een transformisme leidend tot vooruitgang, tot 'verbeterde' organismen, af. Niet omdat 'verbetering' biologisch en theoretisch-wetenschappelijk een nauwelijks begrijpelijk woord is, maar omdat Gods geschapen natuur, perfect en constant, de beste is. De mens kan dieren verbeteren, de natuur niet.

In de jaren zestig verlegde Buffon zijn koers. In de Nieuwe Wereld zijn veel meer wilde

vormen van reeën, herten en schapen dan in de Oude, verzekerde hij.

> 'Men zou zich kunnen voorstellen dat die dieren daar van den beginne af inheems waren. Omdat in het algemeen beschouwd ongetwijfeld alle dieren in de Oude Wereld geschapen zijn, kan het niet anders of ze zijn van dit continent weggetrokken naar het andere. Bovendien hebben zij niet, zoals alle andere dieren, in de Nieuwe Wereld aan aard en uiterlijk ingeboet (dégénéré), maar zij hebben zich daar vervolmaakt (perfectionnés). Door het voordeel en de gunst van het klimaat verhoogden zij hun aanvankelijke aard en uiterlijk (nature).'

Een koerswijziging ook bij de beoordeling van de invloeden van klimaat en voedsel op transformatie. Klimaat verliest aan overwicht, voedsel overheerst, zij het dat voedselsoorten van klimaat afhankelijk zijn.

> 'De mens ondergaat de invloed van het land waar hij verblijft hoofdzakelijk door het voedsel. Invloeden van de lucht en de hemel beperken zich voornamelijk tot uiterlijkheden. Zij wijzigen (altère) de meest oppervlakkig gelegen laag door de huidskleur te veranderen, het voedsel echter heeft zijn uitwerking op de inwendige toestand door zijn eigenschappen die steeds verband houden met de eigenschappen van de bodem die het voedsel voortbrengt. In hetzelfde land verschillen de mensen die het hoogland bewonen duidelijk van de laaglanders. De bergbewoners zijn steeds beter gebouwd, levendiger en mooier dan die in de dalen huizen. Dit blijkt met nog meer nadruk in de klimaten die ver van het oorspronkelijke (scheppings)klimaat verwijderd zijn, klimaten waar de kruiden, de vruchten, de granen en het vlees der dieren van verschillende kwaliteit en zelfs van samenstelling zijn, zodat de mensen die zich daarmee voeden anders moeten worden. Deze gevolgen treden niet plotseling aan de dag en zelfs niet binnen enige jaren. Tijd is noodzakelijk om de mens de kleur te geven die de hemel oproept en nog meer tijd vergt het opdat de aarde zijn eigenschappen op hem kan overbrengen. Eeuwen aaneen van ononderbroken verbruik van dezelfde voedselsoorten zijn vereist om de vorm van de gelaatstrekken, de maten van het lichaam en de haarsamenstelling te beïnvloeden en die inwendige wijzigingen te bewerkstelligen die vervolgens door de voortplanting (ensuite perpétuées par la génération) vastgelegde, constante en algemene kenmerken werden waardoor de rassen en zelfs de verschillende naties die het mensengeslacht vormen, zich onderscheiden.'

De redenering heeft geen toelichting nodig, zij het dat het historisch interessant is om de romantische babbel over bergland- en laaglandmensen bij Rousseau terug te vinden in zijn beoordeling van berg- en tuinplanten (VII.14).

> 'In het algemeen is de invloed van het voedsel het grootst. De dieren die zich met planten of vruchten voeden veranderen het meest door de uitwerking van voedsel. Degenen die daarentegen uitsluitend van prooi moeten leven, wijzigen zich door voedsel minder dan door klimaatsinvloeden, want vlees is een voedsel dat voorbereid is en reeds past bij de lichamelijkheid (nature) van de vleeseter die het verslindt. Een plant echter is het eerste voortbrengsel van de aarde en heeft daarom alle bodemeigenschappen behouden. Zonder omwegen brengen planten deze over op het dier dat zich met planten voedt.'

In de hiervoor gegeven citaten heeft Buffon zich beperkt tot:

- uitwendige invloeden wijzigen (planten en) dieren, uiterlijk en innerlijk, maar het bouwplan blijft onberoerd;
- oorzaken en gevolgen zijn fysische, mechano-causale materieverplaatsingen;

- verworven eigenschappen (wijzigingen van reeds bestaande) worden na aanhoudende beïnvloeding op den duur erfelijk;
- soort blijft soort en variaties, klein of groot, blijven binnen de soortgrenzen.

Hij zette de volgende, beslissende stap met:

> 'Echter, nadat we zojuist die variabiliteit in vogelvlucht bezien hebben, variëteiten die ons leren met welke verschijningsvormen een soort zich kan aandienen, meldt zich een belangrijke gedachte met een veel grotere reikwijdte: de gedachte aan de verandering van de soorten zelf. De verandering van opvolgende generaties (dégénération), die sinds overoude tijden de meest oorspronkelijke is, heeft zich klaarblijkelijk in iedere groepering (famille) van verwante diervormen voltrokken of, zo men wil, binnen elk genus met (buur)soorten die weinig onderling verschillen. Slechts weinige soorten van alle landbewoners zijn geïsoleerd (isolées) die, zoals de mens, tegelijkertijd genus en soort vertegenwoordigen. De olifant, neushoorn, het nijlpaard en de giraffe zijn zowel genus als soort, éénsoortige genera, die zich uitsluitend in rechte lijn voortplanten en samengaand zijdelings nageslacht missen (n'ont aucune branche collatérale). Alle andere soorten schijnen gevormd te zijn binnen families die gewoonlijk voor alle daartoe behorende dieren een gezamenlijke stamvorm bezitten (souche principale et commune), een stamvorm waar verschillende takken (tiges) uit voortsproten. Het aantal takken is groter naarmate de dieren van elke soort afzonderlijk kleiner en vruchtbaarder zijn.'

De weigering soorten te erkennen trok Buffon in 1765 in. Hij besloot dat stamvormen het begin van een toenemende diversificatie waren. Grote dieren met weinig nakomelingen geraakten in een isolement, kleine met talrijke nakomelingen volgden talrijke afstammingsreeksen, want de soorten zelf wijzigden zich en werden op hun beurt uitgangspunt voor toenemende verscheidenheid. In 1766 voltooide hij zijn theorie:

> 'Als we aanvaarden dat de ezel paardachtig is en slechts van het paard verschilt omdat hij vergeleken met de stamvorm achteruit is gegaan (dégénéré), zouden we evenzeer gerechtigd zijn te zeggen dat de mensaap mensachtig is (famille de l'homme) en dat hij een achteruit gegane (dégénéré) mens is en dat de mens en de aap een zelfde stamouder hebben zoals het paard en de ezel. In feite, dat elke plant- en dierfamilie van één oervorm (seule souche) afkomstig is en zelfs dat alle dieren nakomelingen van een enkel dier zijn waaruit in de loop der tijden als gevolg van vooruit- en achteruitgang alle dierrassen voortkwamen. Indien het eens zou worden aangetoond dat we op goede gronden zulke familiegroeperingen omgrenzen, en we gezamenlijk mogen besluiten dat in het dieren- en plantenrijk slechts één enkele soort bestond – ik zeg niet vele soorten – die ontstond als een nakomeling van een andere soort... dan zou de kracht van de natuur geen grenzen meer kennen en zouden we op goede gronden kunnen veronderstellen dat, als voldoende tijd beschikbaar is, de natuur in staat was alle organismen uit één enkel levend wezen voort te brengen.'

De retorische danspas die Buffon aan het slot van zijn beschouwing maakt, waardeer ik met begrip voor de auteur. Buffon woonde en werkte ver van Parijs en vermeed bij voorkeur de hoofdstad. Hij wilde geen opschudding en probeerde de blaffers te ontwijken. Zijn beleid gaat parallel met dat van Darwin, een eeuw later. Zijn romantiek van de mystieke, éne levensbron leidt de aandacht af van de eerste sluitende evolutietheorie in de geschiedenis der natuurwetenschappen. Wie het begrijpen wilde stond het vrij de levende natuur dynamisch en evoluerend zoals Buffon te zien en wie de schouders wilde

ophalen over zoveel onbewezen overpeinzingen vond daarvoor voldoende aanleiding. Hoe dan ook:

> 'Na alle dieren vergelijkenderwijs en onderling in beschouwing te hebben genomen en na elkeen naar zijn eigen genus verwezen te hebben, zullen we besluiten dat de tweehonderd diersoorten die we beschreven, herleid kunnen worden tot een verrassend gering aantal families of stamvormen (souches principales) en het is mogelijk dat alle andere daaruit voortkwamen.'

28. Ter inleiding van Lamarcks Philosophie Zoologique

Alle hoofdzaken van het Lamarckisme zijn bij Buffon te vinden, met uitzondering van de leer van het streven en de behoefte waar Buffon niet meer dan de aanzet van formuleerde. Als volgt.

> 'De invloed van de dingen in de omgeving op de zintuigen wekken de begeerte (désir) en dit veroorzaakt dat het dier zich beweegt... Natuurlijke behoeften (besoins naturels), zoals de voedselopname, roepen inwendige bewegingen op en die weer neigingen, wensen en zelfs begeerten en deze inwendige bewegingen kunnen dieren ook uitwendig doen bewegen.'

Rädl, die dit citeerde (1913: 275), vond bij De Condillac een eerder gepubliceerde stelling die, naar zijn mening, als grondslag voor Lamarcks leer diende.

> Traité des Animaux 1755: 79: 'De behoeften herhalen zich en de verrichtingen der dieren zijn zo dikwijls opnieuw nodig, dat het lichaam niet meer zoekend zal trachten de vereiste bewegingen uit te voeren en ook de ziel zijn twijfelingen verliest. Dan zijn de bewegingen en de oordelen gewoonten geworden. Enerzijds brengen behoeften een reeks van begrippen (idées) teweeg en anderzijds een reeks van daarbij passende bewegingen.'

Ik kan Rädls mening niet steunen. De Condillac deed een vitalistische uitspraak over beïnvloeding door het milieu resulterend in een passief verworven zowel fysisch als psychisch automatisme van dierlijke organismen (Locke). Buffon deed een holistische uitspraak van beïnvloeding door het milieu resulterend in een activering van zowel fysische als psychische potenties van het levende organisme en die visie was de aanzet voor Lamarcks 'désirs' en 'besoins' en hun gevolgen.

Een voortdurende warme aandacht voor de biologie hield in de 18e en ook nog wel in de 19e eeuw theologen, literatoren en filosofen bezig. Buffons transformisme lokte allerlei reacties uit. Als voorbeeld het volgende.

Indien de aardse levende natuur zich hervormt, heeft dat dan ook zo en gelijktijdig plaats op andere bewoonde sterren? In de 15e en 16e eeuw hadden enige auteurs over die sterresamenlevingen geschreven (Cusanus ca. 1440; p. 360), Benedetti (1585), Bruno (1586)) en in de 17e eeuw publiceerde Fontanelle een Europese best seller (Entretiens sur la Pluralité des Mondes; 1686) over de bewoners van de maan en van andere planeten. De natuur heeft geen reden zich tot onze aarde te beperken, verklaarde Fontanelle, maar de bewoners van andere planeten verschillen van ons omdat de natuur zichzelf niet herhaalt. De verschillen zijn groter naarmate de afstand groter is (vgl. Kant, VII.15). Aard- en maanbewoners komen onderling meer overeen dan met bewoners van Saturnus. Nu volgt een klein citaat uit Diderots werk, dat samen met Buffons betogen het Lamarckisme avant-la-lettre completeert. De tekst werd in 1769 op papier gezet maar verscheen pas in

1830 in druk. Diderot kende de biologische collectie (Cabinet de Roi) die Lamarck bewerkte, goed. Hebben zij met elkaar gepraat? En waarover?

Dokter De Bordeu uit Montpellier (VII.36) bezoekt op verzoek van Mejuffer de l'Espinasse zijn patiënt D'Alembert. Een gesprek volgt over D'Alemberts koortsige vragen. Wie zou weten welke dierrassen ons vooraf gegaan zijn en wie weet welke rassen na ons zullen komen? En hoe is de situatie op andere planeten?

Rève, ed. Pléiade, 1951: 898:

'D'Alembert: Wie weet wat dat denkende en voelende wezen op Saturnus is?... Zouden er gedachten en gevoelens op Saturnus zijn?... Waarom niet?... Dat voelende en denkende wezen op Saturnus, zou het meer inzicht bezitten dan ik... Als dat zo is, ach, dan is die Saturnijn er slecht aan toe... Meer verstand, meer behoeften.'

Bordeu: 'Hij heeft gelijk; de organen roepen behoeften op en omgekeerd verwekken de behoeften organen'.

Mej. de l'Esp.: 'Dokter, ijlt u ook?'

Bordeu: 'Waarom denkt u dat dit niet kan? Ik heb gezien hoe op den duur twee stompjes twee armen werden.'

Mej. de l'Esp.: 'U maakt grapjes.'

Bordeu: 'Het is heus waar. Toen twee armen ontbraken heb ik gezien dat twee schouderbladen zich verlengden, zich beide versmalden en twee armstompjes werden.'

Mej. de l'Esp.: 'Wat een onzin.'

Bordeu: 'Het is een feit. Laat ons een lange reeks generaties met armknobbels onderstellen en laat ons onderstellen dat onophoudelijk pogingen gedaan worden en u zult zien hoe de twee helften van die knobbeltang zich verlengen, zich meer en meer verlengen, zich... misschien aan de uiteinden als vingers zullen splitsen en armen en handen zullen vormen.'

Later vervolgt de Bordeu: 'We lopen zo weinig, verrichten zo weinig handenarbeid en we denken zoveel dat ik bepaald verwacht dat de mens ten slotte niet meer dan een hoofd zal zijn', en Mej. de l'Espinasse antwoordt, olijk glimlachend: 'Een hoofd? een hoofd? Dat is warempel niet veel... ik hoop toch dat brandende liefde... U brengt mij op erg ondeugende gedachten...'

29. Palaeozoölogie: Cuvier

De biologie van het verre verleden begon toen een logische ordening van geologische gegevens en versteningen en de reconstructie van lang verdwenen dieren en planten werd ondernomen. Met Recherches sur les Ossemens Fossiles (4 delen) opende Cuvier in 1812 een nieuw terrein voor biologisch onderzoek, de palaeozoölogie. Hij voltooide de grondslagen met Discours sur les Révolutions de la Surface du Globe (1815, 1826).

Parijs ligt bijzonder gunstig voor de bestudering van fossielen in situ. De Krijtafzettingen bij de stad, die voor bouwstenen geëxploiteerd werden, zijn rijk aan fossielen en nieuwe vondsten verrijkten de collecties in het Muséum voortdurend.

Biologen die het scheppingsverhaal letterlijk aanvaardden waren niet of nauwelijks in de identiteit van fossielen geïnteresseerd (Linnaeus, Bonnet). Buffon bracht ze echter met nadruk onder de aandacht en Cuvier begon met zijn vriend A.-T. Brongniart (1801–1876), docent aan de medische faculteit die plantfossielen als studieonderwerp (X.29) koos (Histoire des Végétaux Fossiles; 1828), een reeks opgravingen in het Parijse bekken.

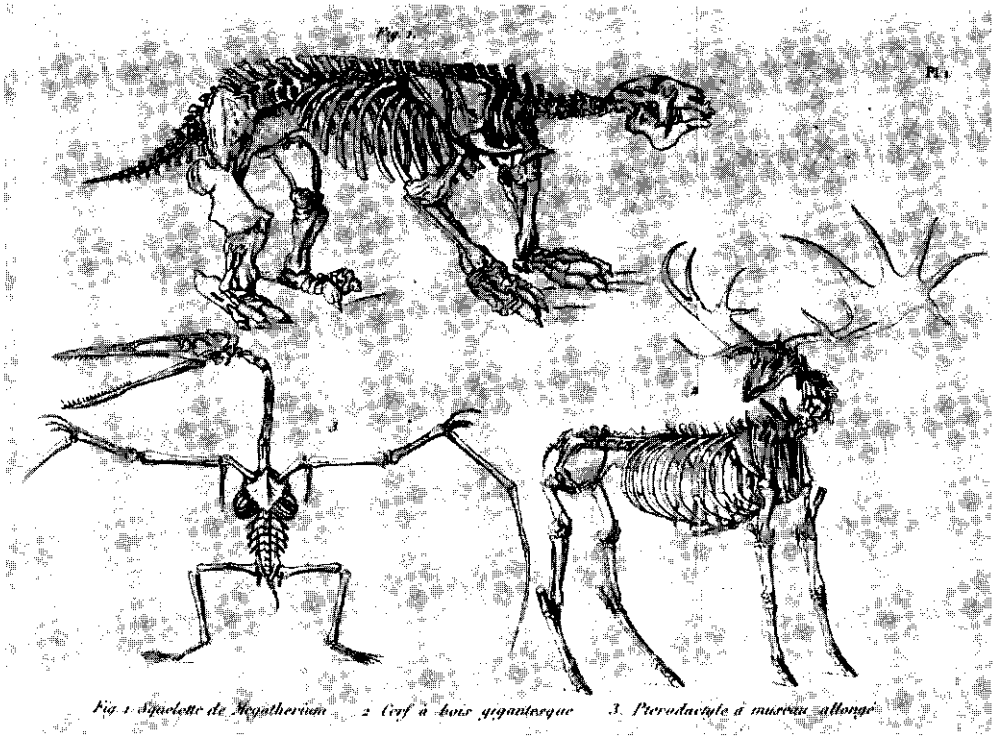


Fig. 94. Eerste plaat in Discours sur les Révolutions... (1858).

Cuvier had in Parijs onovertroffen zoölogische collecties ter beschikking bij zijn studies voor een rangschikking van het dierenrijk. Grondslag was de discontinuïteit van de van nature onveranderlijke groepen, niet alleen de omvangrijke (hoofd)groepen, maar ook de soorten. Soorten zijn verzamelingen van gelijk gevormde individuen, erfelijk duurzaam en stabiel; fossielen die op de huidige soorten lijken mogen, omdat ze verschillend zijn, niet als voorouders van de meest overeenstemmende soort beschouwd worden, hoewel ze vormverwant zijn.

Elk levend wezen is een bestel van organen die binnen nauwe grenzen moeten samenwerken, hetgeen meebrengt dat de wijziging van één orgaan steeds met gewijzigde organen moet samengaan om een levensvatbaar organisme te kunnen zijn (Cuviers correlatie-wet; 1800 – 1805). Vorm en functie van één orgaan vereisen de vormen en functies van alle andere organen van de dieren die tot de soort in kwestie behoren.

Hij verklaarde dat de onuitputtelijke natuur die alles vermag als vormer van organismen, de talloze combinaties van organen en orgaanfuncties gestalte gaf. Alle combinaties die niet strijdig zijn (incoherent) werden werkelijkheid en alle tegenstrijdige bleven uit, ontbreken, en daardoor scheiden hiaten de natuurlijke groepen. Er moeten dus ruimten, afstanden zijn tussen de begrenzingen van de taxa. De correlatiewet bracht de natuurlijke 'embranchements' teweeg, klassen, orden en families (Leçons d'Anatomie Comparée, 2e ed., I, 1835: 64).

Op soortniveau variëren vormen en eigenschappen, echter strikt binnen nauwe grenzen. Het zijn variaties die het bouwplan ongemoeid laten. De soort blijft onveranderd, altijd en overal zichzelf gelijk, evenals de hogere taxa.

Gefossiliseerde skeletresten zijn daarom voldoende om het eertijds levende dier te reconstrueren. Cuvier legde de grondslag voor de palaezoölogie, zowel in theorie als in de praktijk. Hij reconstrueerde met verbazende bekwaamheid uitgaande van enige bescheiden fossiele brokstukken het hele skelet en kon lang verdwenen dieren tot hun vroegere gedaante herleiden.

Door katastrofen ('cataclysmes' zei Cuvier) werd hier en daar en van tijd tot tijd de dierenwereld vernietigd. Uit ongeschonden gebieden had, dacht Cuvier, daarna migratie plaats naar de 'lege streken' (migratie-theorie). Dit verklaart de afwezigheid van tussenvormen die men zou verwachten: zij verdwenen ter plaatse, maar konden eventueel elders overleven (XII.41).

Na de ontdekking van een fossiel moest de naaste omgeving zorgvuldig doorzocht worden naar meer skeletdelen. Als zoveel mogelijk resten bijeen gebracht waren werd daarmee de gedaante van het hele dier bepaald om vervolgens de ontbrekende skeletstukken, met behulp van de correlatietheorie (VII.27, IX.33) te ontwerpen. Ten slotte volgde een reconstructie van de zachte lichaamsdelen. Men ging vergelijkend te werk, vergelijkend met de resten van dieren uit dezelfde aardlaag en met anatomische gegevens betreffende nog levende dieren. Nauwkeurige waarnemingen van de ligging der aardlagen, hun identiteit op grond van het voorkomen van dezelfde fossielen, completeerden het werk. Een fossiele fauna herrees.

Vooral door zijn olifant-studies ruimde Cuvier twijfelingen over zijn methode en conclusies uit de weg. De gebitten en de geraamten van de Indische en Afrikaanse olifanten bewijzen dat zij twee verschillende soorten zijn. De uitgestorven Mammoet staat de Indische olifant nader dan de Indische de Afrikaanse. Fossielen die Buffon als 'olifant' gedetermineerd had, gevoegd bij materiaal uit Amerika, leidden tot de identificatie en reconstructie van een andere, verdwenen olifantachtige: de Mastodont. Zijn grote kop, korte hals en lange poten wijzen uit dat Mastodonten slurfdieren waren, terwijl de bijbehorende knobbelkiezen de veronderstelling wettigen dat zij sappige planten graasden, zoals de tegenwoordige nijlpaarden. De Dikhuidigen (*Pachydermata*) onderzocht Cuvier uitvoerig en vergelijkende studies van neushoorn, nijlpaard en tapir met fossiele resten voerde tot de ontdekking van vele uitgestorven grote zoogdieren (zoals *Palaeotherium* en *Dinotherium*). Het genus *Hyrax* (boomklipdassen) dat steeds tot de Knaagdieren gerekend was, lijfde Cuvier bij de olifantachtigen in vanwege hun anatomie, hoezeer die kleine bosdieren ook in uiterlijk met hun reusachtige groepsgenoten verschillen.

Hij reconstrueerde de reuze-luiaard (*Megatherium*), een 'dier dat op geen ander lijkt' (1796) en beschreef uitgestorven vogels en reptielen. Lamarck had de planten uit Egyptische koningsgraven onderzocht en Cuvier bestudeerde de gemummificeerde vogels. Planten en vogels verschillen niet van de huidige (fig. 94).

Een kaakskelet gevonden in de Sint Pietersberg (1780) liet de Franse militaire gezaghebber in 1795 naar het Muséum in Parijs overbrengen. In 1799 beschreef B. Faujas de Saint-Fond de versteende rest als een overblijfsel van een reusachtige uitgestorven krokodil, maar Cuvier deelde in 1824 mee dat het een kolossaal hagedisachtig zeereptiel betrof. En het roemruchte, al genoemde skelet van de zondvloeddrenkeling, dat Scheuchzer beschreven had: 'gebeente van een goddeloos mensenkind wiens zonde de oorzaak geweest moet zijn van de rampspoed die de wereld overviel' is het skelet van een reuzensalamander.

Het bleek Cuvier, uit zijn fossielenonderzoek, dat massaal uitsterven dikwijls plaatsgreep. De opeengehoopte versteningen, talloze duizenden bijeen, tonen een plotselinge dood van de dieren aan. De aardlagen die de fossielen bevatten zijn dikwijls gekromd, gebroken, gekanteld en Cuvier schreef deze feiten toe aan immense krachten (vulkanische erupties, aardbevingen) met verwoestende gevolgen. Elke laag heeft de eigen fossielen, soorten die in andere lagen geheel, of vrijwel, ontbreken. De fauna die eens zo'n aardlaag bevolkte verdween opeens, totaal en voorgoed, door een katastrofe (cataclysme).

De voorhistorische reuzen – voor zover zij landdieren waren – verdwenen alle en hun verdwijning was snel (dat kunnen mensen niet gedaan hebben, zoals Lamarck suggereerde). Rampen van wereldwijde omvang die de dood van hele fauna's veroorzaakten, moeten zijn voorgevallen. De zondvloed wordt in Cuviers redeneringen overigens nauwelijks genoemd.

Na zo'n groot sterven betrokken andere, immigrerende dieren, andere soorten, het ver-

laten land waar, na verloop van tijd, een nieuwe katastrofe ze vernietigde. Olifanten, beren, leeuwen zijn soorten van onze periode in de aardgeschiedenis en daarom zijn van deze recente zoogdiersoorten geen versteningen in voorafgaande lagen te vinden, evenmin trouwens als van de mens (l'homme fossile n'existe pas).

In 1815 besloot Cuvier de zes perioden die Buffon in 1749 had onderscheiden, te aanvaarden als scherp getrokken grenslijnen in de natuurlijke historie van de dierenwereld.

Het leven begon op aarde, want in de oudste gesteenten ontbreken overblijfselen van organismen. Eerst verschenen koralen, schelp- en schaaldieren. Daarna planten. Vervolgens vissen en reptielen, voorts vogels en zoogdieren en ten slotte, 5000–6000 jaar geleden, de mens. De zes perioden die bij Steno met Genesis min of meer samenstemmen, vallen bij Cuvier anders uit.

Hoe ontstonden die dieren en waar kwamen de dierimmigranten na een katastrofe vandaan? Hoewel Cuvier de schepping van de diersoorten niet betwijfelde, gaf hij zijn mening nooit met enige duidelijkheid te kennen. Hij vermeed angstvallig elk argument van religieuze aard in zijn biologiestudies. Herhaalde scheppingen heeft hij nooit bepleit zoals wel beweerd werd.

Uit het weinige dat in Cuviers werk hierover te vinden is, zou men kunnen vermoeden dat hij zich een algemene schepping aan het begin voorstelde en dat de plaatselijk nieuwe organismen verschenen nadat zij de plek verlieten waar zij ergens buiten bereik van de katastrofe kans hadden te overleven. Versteende resten van die dieren en van de scheppingsmens zouden dan, misschien wel, in aardlagen die nu door de zee bedolven zijn, of die nog niet onderzocht werden, kunnen rusten.

De Blainville, steeds paraat om Cuviers meningen te bestrijden (VII.27), hield zich overtuigd dat de versteende mens wel degelijk gevonden zou worden en volgde Lamarcks ideeën in zoverre dat hij de huidige fauna beschouwde als voortgekomen uit de fossiele diergroepen. Dat bestreed Cuvier: de opvolgende fauna's hebben geen genetische relaties met elkaar en de interkatastrofale perioden zijn kort. Voor een transformisme zoals Buffon voorstelde, om van Lamarck niet te spreken, ontbreekt de tijd en bovendien, soorten zijn en bleven ongewijzigd.

De katastrofenleer die in de biologie door Cuvier op de voorgrond kwam – nog heden zijn katastrofen in een ver verleden een factor in evolutionaire studies – sluit aan bij wereldwijde overleveringen, afgezien van het zondvloedbericht. Griekse sagen bij voorbeeld vermelden wisselende perioden van vernieuwing en vernietiging die meer dan 100 000 jaar duurden (*Orpheus*) of wel driemaal zo lang (*Kassandra*). Lang voor onze jaartelling berekenden de Gerbanieten – die de astronomie beoefenden – dat elke 36 420 jaar een paar van iedere diersoort geschapen werd ter herbevolking van de leeg achtergebleven aarde, en elke schepping betrof nieuwe dieren (Lotsy maakte mij op dit interessante gegeven opmerkzaam; 1906: 336).

Een geloof van de Egyptenaren, dat vuur en water beurtelings de mensen en talloze andere dingen verwoestten, wordt in *Timaios* vermeld (22b–c). De Stoïcijnen noemden de verwoestende watervloeden kataklysmen en de dodende vuurgloeden ekpyrosen; al wat op aarde leefde ging periodiek te gronde. *Panspermie* herstelde de levende natuur (VIII.3,5).

De bijbelse zondvloed nam in de Westerse biologie de plaats van de klassieke katastrofen in en pas nadat de zondvloedgevolgen ter discussie kwamen en palaeobiologen niet meer bevredigden, kregen de mogelijke uitwerkingen van enorme natuurrampen weer aandacht. Cuviers katastrofenleer had in de eerste helft van de 19e eeuw veel aanhangers.

Zes katastrofen waren al spoedig niet genoeg. De eerste katastrofe heeft in het Siluur plaatsgehad (primaire tijdperk), liet A. d'Orbigny (1802–1857) zijn lezers weten. Hij had sinds 1826 de Andes bereisd en schreef een monumentale Paléontologie Française in 8 delen (1840–1860). De tweede voltrok zich in het Devoon (secundair), enzovoorts, en op elke volkomen vernietiging van al wat op aarde leefde volgde een nieuwe schepping. Zevenentwintig maal. De feiten hadden het D'Orbigny aangetoond, de fossielen en de aardkorststructuur, en men moet ze aanvaarden, ook al schijnen ze ons onbegrijpelijk (Cours élémentaire de Paléontologie . . . ; 1849). D'Orbigny was een der palaeontologen die de microscoop hanteerden ter bestudering van fossielen en bevorderde daarmee de ontwikkeling van de micropalaeontologie; een 'grondlegger' was hij overigens niet.

J.B.A.L.L. Elie de Beaumont (1798–1874), geoloog, maakte de eerste grootschalige geologische kaart van Frankrijk en schreef veel over mijnbouw en mineralogie. Hij berekende als resultaat van zijn geologisch onderzoek van gebergten, dat met zekerheid zeven katastrofen zich hebben afgespeeld (1852). Later verhoogde hij dit aantal tot zestig en ten slotte, na ampele overweging, achtte hij honderd katastrofen mogelijk.

30. Palaeobotanie: Brongniart

Het palaeozoölogisch onderzoek van Cuvier ging nauw samen met het opsporen van de lagen in de aardkorst door Alexandre Brongniart, hoogleraar in de mineralogie aan het Muséum, tussen 1822 en 1847. Diens zoon, Adolphe Théodore (1801, Parijs–1876, ibid.), kreeg lessen van zijn vader in palaeobiologie (samen met De Candolle). Na zijn medicijnenstudie (1824) ontwikkelde Adolphe zich snel tot een met ongewone scherpzinnigheid ijverig publicerende bioloog. Hij werd lid van het Institut de France (1834) voor de botanie, bereisde heel Europa voor wetenschappelijke doeleinden en bekleedde hoge posten (1843 directeur van de Jardin des Plantes, 1846 président van de Académie, 1852 inspecteur-général van de natuurfilosofische faculteiten). Brongniart begon of droeg bij aan een breed spectrum van disciplines binnen de plantkunde, zoals beschrijvende botanie, taxonomie, vergelijkende anatomie, fysiologie, bevruchtingsbiologie en vooral palaeobotanie.

Prodrome d'une Histoire des Végétaux Fossiles verscheen in 1822. Voortbouwend volgens richtlijnen die Von Schlotheim en Von Sternberg in 1820 hadden gegeven (p. 1273) schreef Brongniart een samenvatting van de taxonomie en de verbreiding van fossiele planten die een fundament voor verder onderzoek werd. De inventaris van de tot dusverre gevonden taxa was, van commentaren en beschrijvingen voorzien, een betrouwbaar baken geworden voor het onderzoek van de flora's in het Onder-Carboon tot in het Quartair.

De beloofde Histoire des Végétaux Fossiles (2 delen, 1828–1837) werd een geïllustreerd handboek over versteende Algen, Paardestaartachtigen, Varenachtigen en enige Wolfsklauwen. Mägdefrau (1973: 238–239) vroeg zich af waarom Brongniart zijn Histoire – die standaardliteratuur bleef – nooit voltooid heeft. De tekst breekt midden in een volzin af en Brongniart gaf de reden daarvoor nimmer op, ofschoon hij nog meer dan dertig jaar veel en goed bleef publiceren.

Samen met A. Trécul werkte Brongniart over secundaire diktegroei en de architectuur van houtige gewassen (1852–1881) en bracht hij de vergelijkende plantenanatomie in verband met de geografie. Toen het gelukt was dunne, doorschijnende doorsneden van plantfossielen te maken konden meer en beter details waargenomen worden (zoals fossiele cel-

wanden, bouw van vruchten en zaden, vezels) dan tevoren mogelijk was. Brongniart werd de ontdekker van de pollenkamer in het zaadbeginsel van *Cycas*-achtigen (VIII.16).

De uitgave van Tableaux van fossiele planten begon hij in 1849.

De methode om uitgestorven flora's en plantegroepen met de huidige te vergelijken heeft Brongniart sterk bepleit en ontwikkeld. 'Door zulke studies kunnen we, wellicht, enige hoofdzaken ophelderen over de geschiedenis van de Aarde en theorieën die tegenwoordig nog slechts als hypothesen opgevat worden, waarschijnlijker maken.' Als oorzaken voor het uitsterven van talrijke Cryptogamen die plaats moesten inruimen voor Fanerogamen, wees Brongniart een daling van de temperatuur en van het koolzuurgehalte in de atmosfeer aan.

Omstreeks 1830 voerde Brongniart het woord palaeontologie in; zijn collecties bleven in het Muséum d'Histoire naturelle bewaard.

In deze geschiedenis van de ontwikkeling der biologie moet het bij de beginperiode van de palaeobiologie blijven. Uit het ruime overzicht dat E. Boureau samenstelde (Hist. Bot. France, ed. De Virville; 1954: 331–343) van Franse onderzoekers, licht ik nog de werkzaamheden van markies G. de Saporta (1823–1895), die krachtig door Brongniart gesteund, grote fossielen-collecties bijeenbracht en meer dan 200 verhandelingen schreef. Saporta begon de studie van de fossiele flora van Portugal. In 1879 reconstrueerde hij de levende natuur van voor het Pleistoceen (Le Monde des Plantes avant l'Apparition de l'Homme) – een titel waarmee hij zijn sympathie voor het Darwinisme wilde kenbaar maken – en hij behandelde de fylogenie in l'Evolution du Règne Végétal (Cryptogames, 1881; Phanérogames, 1885). Saporta ontdekte de Proangiospermen in afzettingen in Frankrijk (Jura-tijdperk), voorbestemd om zowel in de taxonomie als in afstammingstheorieën een grote rol te spelen (X.31).

Een van Brongniarts meest vooraanstaande leerlingen was B. Renault (1836–1904), die samen met vrienden de technieken bedacht om dunne doorsneden te vervaardigen of oppervlakken te polijsten en deze werkwijze vervolmaakte. In Engeland had W. Nicol (1768–1851), een Schot, de methode uitgevonden om met uiterst dunne slijpplaatjes plantenanatomisch onderzoek bij fossielen te verrichten (1827), hetgeen hij pas in 1834 publiceerde (Observations on Recent and Fossil Coniferae). H.T.M. Witham (1779–1844), geboortig uit dezelfde landstreek als Nicol, wachtte de publikatie van de ruim zestigjarige niet af, benutte de toegang tot het inwendige van versteende planten met de microscoop al in 1831 (Observations on Fossil Vegetables) en vergeleek eveneens de anatomie van uitgestorven met die van recente gewassen.

Met behulp van gepolijste oppervlakken vooral kon Renault uitgaande van de fossielen die hij gevonden had, talrijke uitgestorven taxa beschrijven, uiterlijk en ook anatomisch (Structure... Flore Carbonique; 1879) en zijn Cours de Botanique Fossile (4 delen; 1881–1885) bewees zowel voor onderzoek als onderwijs ook in de 20e eeuw zijn blijvende waarde.

31. Palaeobiologie in Duitsland

Behalve degenen die elders genoemd worden in verband met 18e-eeuws fossielenonderzoek (XII.28), behoort J.E.I. Walch (1725–1778), amateur-geoloog van bijzondere verdienste, in herinnering te blijven. Zijn ambt – hoogleraar in de logika en wijsbegeerte (1755), daarna in welsprekendheid en poëzie (1759) te Jena – liet hem voldoende vrijheid

om Steinreich (1762–1764) te schrijven als voorloper van een monumentale Naturgeschichte der Versteinerungen (1768–1773), een 5-delige foliant met 275 handgekleurde afbeeldingen (planten in deel III, 1771). De tekst is niet alleen een goede beschrijving van de gevonden of afgebeelde voorwerpen, maar ook een vaak geraadpleegde samenvatting van de literatuur. Walch maakte zich los van de fossiliserende zondvloed en zegt kort en goed - zoals Buffon en anderen - dat de planten en dieren daar waar de versteningen gevonden worden ook geleefd hebben. Waar zeedierresten liggen was eens zee. Mägdefrau, auteur van Paläobiologie der Pflanzen (4e druk, 1968), beschouwt echter Von Schlotheim en Von Sternberg als de ware grondleggers van de palaeobotanie in Duitsland (1973: 236).

Ernst F. Freiherr von Schlotheim (1765–1832) hield zich sinds zijn jongensjaren met palaeobiologie bezig. Zijn geologische scholing kreeg hij grotendeels van G.A. Werner (XII.35), die betoogde dat steenkool ontstaan was uit de gemineraliseerde resten van planten en dieren die door rivieren en overstromingen opeengehoopt ergens terecht waren gekomen (allochthone steenkoolvorming). Von Schlotheim volgde een politieke carriere (Minister en Oberhofmarschall) en nam in Gotha een positie in die met die van Goethe in Weimar vergelijkbaar was.

Het actualisme zoals K.E.A. von Hoff dat verdedigde (XII.35), en dat de katastrofentheorie van Cuvier bestreed, werd door Von Schlotheim overgenomen. Later waren Lyell en Darwin dezelfde mening toegedaan.

In Beschreibung Merkwürdiger Kräuterabdrucke und Pflanzenversteinerungen wijst Von Schlotheim op de verwantschap van de meeste in Duitsland gefossiliseerde planten van het Carboon en nog daarna met planten in de huidige warmere klimaten (Produkte eines Südlichen Himmelstrichs). Echter: wel een duidelijke benadering maar geen identiteit. De weelderige Europese flora tijdens het Carboon van op boomvarens gelijkende gewassen bestond uit planten die tegenwoordig alle, of bijna alle, uitgestorven zijn.

De methode om geleid door gidsfossielen de relatieve ouderdom van aardlagen te bepalen werd door Von Schlotheim in Duitsland ingevoerd (1813), met zijn Beiträge zur Naturgeschichte der Versteinerungen, terwijl W. Smith dezelfde werkwijze in Engeland korte tijd later bekend maakte (1816; XII.35).

Von Schlotheim paste de naamgeving volgens Linnaeus' voorschriften toe op alle bekende gidsfossielen (Petrefaktenkunde auf ihrem Jetzigen Standpunkte; 1820). Dit was een technische verbetering met grote consequenties, want de palaeontologie verwierf daardoor een namenarsenaal dat in bekwame handen voortgezet onderzoek een degelijk fundament aanbood.

Als theoloog in Rome geschoold werd Kaspar M. Graf Von Sternberg (1761–1838) Domherr von Passau und Regensburg, maar het ondermaanse trok hem meer aan dan het bovenaardse en in 1809 verliet hij de Kerk. Hij werd een hoog gewaardeerde vriend van Goethe die in zijn werk een höhere Ansicht en gründliche Forschung aantrof. Een fossiel, een *Lepidodendron*-stam (Lepidodendron was zijn eerste systematische onderzoek) siert zijn graf in Bohemen.

Von Sternberg bundelde zijn verhandelingen in 8 afleveringen, met de titel Versuch einer Geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt (1820–1838). Daarvan betitelde hij als *Tentamen* de reeks beschrijvingen van meer dan 200 fossiele plante-'soorten', die van 60 fraaie platen vergezeld gaan en bovendien systematisch geordend en van Latijnse diagnosen voorzien zijn. De namen volgen de Linneaanse voorschriften (1820–1825).

De internationaal erkende wetenschappelijke naamgeving voor fossielen (botanisch) begint met Von Schlotheims Petrefaktenkunde en Von Sternbergs Flora der Vorwelt (eer-

ste stuk). Beide publikaties worden geacht op 31 december 1820 verschenen te zijn.

H.R. Goeppert (1800–1884), eerst apotheker, daarna medicus, werd hoogleraar voor de plantkunde in Breslau (1839). Hij specialiseerde zich in de Carboonfossielen van Silezië. Over fossiele Farrenkräuter (1836) en fossiele Coniferen (1850) schreef hij standaardmonografieën.

De vergelijking van uitgestorven met recente planten hield hem voornamelijk bezig (Gattungen der Fossilen Pflanzen ...).

Een in die jaren brandend vraagstuk was de ontstaanswijze van steenkool, uit planten die al dan niet (autochtoon of allochtoon) ter plaatse groeiden. Werner had verdedigd dat de van elders aangevoerde plant- en dierresten ontbonden min of meer oplosten en daarna mineraliseerden. Goeppert verdedigde dat ter plaatse groeiende planten in steenkool veranderd waren en verwierf met dit betoog twee prijzen uitgeloofd door de Leidse universiteit. Steenkool ontstond uit boomachtige gewassen en ter plaatse (1848).

Goepperts publikaties zijn steeds gericht op een begrensd onderwerp, maar zijn brede belangstelling maakt dat de oogst van een halve eeuw (1834–1884) vrijwel alle palaeobiologische terreinen van onderzoek omvat. Zijn steenkooltheorie werd de algemeen aanvaarde, maar had uitbreidingen nodig zoals van B. Renault en C.E. Bertrand (1851–1917) hoogleraar te Lille, die veronderstelden dat steenkool voornamelijk uit zoetwateralgen en andere micro-organismen (pelagochtonie; 1892–1893) zou zijn ontwikkeld.

Goeppert kon experimenteel overtuigend laten zien hoe hout in steenkool verandert en hij besteedde zeer veel zorg aan microscopisch onderzoek van de in barnsteen aangetroffen planteresten.

A. Sprengel (?–1851) maakte in *Commentatio de Psarolithis* (1828) de anatomische opbouw van versteende boomvarens bekend zoals die uit gepolijste oppervlakken afgeleid kan worden, een methode die B. Cotta (1808–1879) het publiceren van een hoog geprezen anatomische verhandeling mogelijk maakte (Die Dendrolithen...; 1832). Zijn vader, H. Cotta, had meer dan 500 fossiele boomstammen (Varenachtigen (*Psaronius, Tubicaulis*), Zaadvarens (Pteridospermen), en *Calamites*) in Midden-Duitsland verzameld die Bernhard bewerkte.

Het kwalitatief beste onderzoek van Corda betreft fossiele planten. Hij schreef in Von Sternbergs Flora der Vorwelt de artikels over de fossielenanatomie (1845) en vervaardigde daarbij 60 goede illustraties van steenkoolvormers. Na degelijk microscopisch onderzoek kon Corda aantonen dat Sprengels *Psaronius* tot de tropische varens gerekend moest worden (*Marattiaceae*) en hij slaagde met de identificatie van andere groepen, zoals Mägdefrau (1973: 242) in zijn lovend overzicht van Corda's leven en werk vermeldt. Een tropisch klimaat moet tijdens het steenkooltijdperk in Midden-Europa hebben geheerst, besloot Corda, wiens naam door Unger een blijvende plaats kreeg met *Cordaites*, een genus dat de *Cordaitales* zou gaan vertegenwoordigen. Zij zijn in groten getale in het Carboon te vinden, maar leefden van Devoon tot Perm. Fylogenetisch-historisch zijn zij van zeer grote betekenis, hetzij als voorlopers van de huidige Coniferen, hetzij van de *Cycas*-achtigen of van beide (X.31). B. Renault publiceerde de eerste nauwkeurige beschrijving van het in- en uitwendige der *Cordaitales* in zijn Cours (p. 1272).

Vijftien jaar onderzoek gingen aan Ungers belangrijkste werk Versuch einer Geschichte der Pflanzen, dat in 1852 verscheen, vooraf.

F. Unger (1800, Leutschach (Steiermark) – 1870, Graz) werkte als plantenfysioloog, fytopatholoog, numismatoloog en palaeontoloog. Hij was de oudste zoon van een kinderrijke

landeigenaar, studeerde rechten, maar een medestudent overtuigde hem dat de studie van de levende natuur toch te verkiezen was, zodat hij in Wenen medicijnen ging studeren en na 1830 als stadsgeneesheer in Kitzbühel werkzaam was. Niettemin publiceerde Unger weldra een boek over planteziekten (Die Exantheme der Pflanzen; 1833), waarin hij graanroest en -brand en meeldauw als gevolgen van storingen van het evenwicht in plantesappen beschouwde, een misvatting voortvloeiend uit de toenmalige Humoralpathologie, een sappenleer die dokters hanteerden (en die min of meer aansloot bij Hippokrates). Het was een onfortuinlijk begin van een leven dat aan wetenschappelijk onderzoek gewijd was. In 1840 werd het er niet beter op toen de Naturphilosophie Unger van de harde feiten had losgeweekt. Met Beiträge zur Vergleichenden Pathologie legde Unger uit dat de Exantheme 'Physiologische Individuen' zijn, door een hen eigen Bildungsprinzip uit het plantelichaam afgescheiden.

Deze missers – verder mis dan de wetenschap van zijn tijd aannemelijk kan maken – worden door belangrijke vondsten enigermate goedgemaakt: Unger ontdekte de antherozoïden van *Sphagnum* (Veenmos), verklaarde het lichtgevend vermogen van het protonema van Leuchtmoos, en nam waar dat in stengeltoppen nieuwe cellen uit oudere ontstaan (zodat hij Schleidens celvormingtheorie ontzenuwde; VII.24,34).

Unger kreeg een docentschap voor de plantkunde in Graz (1836) en botanisch onderzoek behoorde nu tot zijn taak. Hij aanvaardde vervolgens een benoeming in Wenen (1849) en bleef daar tot 1866 in functie.

Ungers voornaamste bijdragen aan de palaeobiologie betreffen vooral de flora van het Tertiair zoals die gefossiliseerd op talrijke plaatsen in het Oostenrijks-Hongaarse koninkrijk werd aangetroffen, in natura en in musea, en hij deed nasporingen over nog oudere vegetaties.

Hij begon zijn resultaten bekend te maken in *Chloris Protogaea* (1841–1847). Zijn inventaris van alle plantaardige fossielen (*Synopsis Plantarum Fossilium*) dateert van 1845. *Genera et Species Plantarum Fossilium* (1850) is nog altijd geraadpleegde literatuur.

De romantiek liet Unger niet los en geholpen door een kunstschilder maakte hij veertien landschaptekeningen, veertien vegetaties in beeld, opeenvolgend van het Onder-Carboon tot de huidige flora (Die Urwelt in ihren Verschiedenen Bildungsperioden; 1851). Zulke proefworpen vinden altijd een brede waardering, maar zijn nauwelijks bereikbaar voor wetenschappelijke kritiek of bijval; ieder kan ervan denken wat hij wil en niemand oordeelt ten onrechte.

De laatste grote publikatie van Unger, Versuch einer Geschichte der Planzenwelt (1852) is tevens de meest belangrijke (herdruk in 1972). De samenstelling van de fossiele flora's, zegt Unger, verandert in opvolgende tijdperken. Hoger georganiseerde planten ontbreken in de vroegste formaties, zij verschijnen later en in steeds toenemende mate tot hun overheersende positie in de recente flora bereikt is. In 'overeenstemming met een of andere hoofdwet, een ontwikkelingswet die heden ten dage nog slechts vaag bevroed wordt' verschenen de nieuwe vormen door transformisme. In deze wetmatige ontwikkelingsgang van de plantenwereld is niets aan de dag getreden dat niet tevoren voorzien en als het ware aangeduid was. De oorzaak van het tot stand komen van zoveel verscheidenheid is zeker geen uitwendige, maar moet een inwendige zijn. Die inwendige veranderingsdrift schuilt dus in de planten zelf, in de individuen en dus in de soorten. Kortom: elke plantesoort moet uit een andere soort ontstaan zijn.

Mägdefrau (1973: 245) wees Unger aan als een voorloper van Darwin, maar onmiskenbaar is de causa van transformisme volgens Unger endogeen en dus identiek met La-

marcks theorie, dat wil zeggen, wezenlijk van de evolutie volgens Darwin verschillend.

In het jaar van Origin (1859) publiceerde Naegeli een uitspraak die, daarentegen, voor zover het transformisme betreft, aan Darwins leer voorafging:

> 'Uitwendige oorzaken - zoals blijkt uit de vergelijkende studie van flora's in opeenvolgende tijdperken - en inwendige oorzaken als gevolg van de wetten die de fysiologie en de morfologie van ontwikkelende organismen beheersen en van de variabiliteit van soorten, laten weinig ruimte voor twijfel of soorten uit elkaar ontstaan zijn.'

32. Palaeobiologie in Zwitserland en Groot-Brittannië (19e eeuw)

De Zwitserse bijdrage aan de beginnende palaeobiologie kwam van Oswald Heer (1809-1883). De levende natuur van de bergen maakte hem bioloog en hoewel hij theologie gestudeerd had, werd hij conservator van een grote, privé-insektencollectie in Zürich in afwachting van de opening van de Züricher universiteit. Daar haalde hij zijn graad en werd hij dadelijk hoogleraar voor de botanie en de entomologie (1835). Een leerstoel aan de Eidgenössische Technische Hochschule met dezelfde opdracht aanvaardde hij bovendien in 1855. Heer bleef zo werkzaam tot 1882.

Met een poging de plantengeografie van de Alpen te verklaren door klimaat- en bodeminvloeden begon Heer zijn onderzoekingen (Die Vegetationsverhältnisse...; 1835). De zeehoogte veroorzaakt een geleding in het plantendek en Heer onderscheidde vijf hoogtegordels. Verder is de moederrots, kalk of leisteen van doorslaggevende invloed. Met voorliefde heeft Heer de flora van de hoogste (nivale) gordel bestudeerd, waar sneeuw elk jaar langdurig de planten bedekt (Schneetälchen). In deze gordel onderscheidde Heer endemische alpiene soorten en ijstijdrelicten.

Twee boeken maakte Heer over de kevers van Zwitserland en hij schreef vele artikels over tertiaire insekten in de streek van de Bodensee. Hij werd een grondlegger van de palaeo-entomologie door de studie van gefossiliseerde dekschilden van kevers.

Van 1855-1859 publiceerde hij een driedelige *Flora Tertiaria Helvetiae*. Heer bestudeerde de op de afdrukken van de bladeren zichtbare nervatuur om daardoor tot een systematische rangschikking te kunnen besluiten. De reden was, dat van tertiaire planten gewoonlijk slechts alleen bladafdrukken worden gevonden.

Dit onderzoek verrichtte Heer in samenwerking met C.L. von Buch (1774-1853), student van Werner. Zijn familievermogen stelde Von Buch in staat levenslang ongehinderd bioloog te zijn, zodat hij waardevolle plantencollecties en plantengeografische gegevens bijeenbracht (Alpen, Lapland). Werners Neptunisme wees Von Buch resoluut van de hand en hij wendde zich tot het Vulcanisme. Het verleidde hem tot zijn foute Alpentheorie: Alpvorming door opwaartse druk in de aardkorst. Von Buch verwierf een plaats in de historie van de paleobiologie, vooral door zijn werk over fossiele wervelloze dieren.

De aanvaarding van fossiele bladafdrukken als gidsen voor een systematische opstelling - waartoe men zich door het ontbreken van bijbehorende andere plantorganen dikwijls gedwongen voelt - leidt met zekerheid tot conclusies die later - na nieuwe vondsten - onhoudbaar zijn. Een praktisch bezwaar van de bladafdrukken-methode was en bleef een tekort aan kennis van de plantensystematiek, die palaeobotanici vooral bedreigt wanneer zij de fossiele flora vergelijken met de huidige. Zij zijn gewoonlijk van de recente tropische flora slechts zeer fragmentarisch op de hoogte, omdat zij hun plantenkennis in gematigde klimaten hebben opgedaan.

Zorgvuldig vergeleek Heer uitgestorven planten en insekten met de huidige verwante vormen en op zijn bevindingen baseerde hij palaeoklimaten ter plaatse van de gevonden fossielen. Verwanten van insekten die in onze tijd op bepaalde waardplanten gespecialiseerd zijn, zullen in het Tertiair dezelfde waardplanten nodig hebben gehad, dacht Heer, een redelijke veronderstelling die door optimisme gekenmerkt is. Zulke waardplanten moeten daar dan geleefd hebben. Zo ontwierp hij met behulp van zoveel feitelijke details als hij bijeen kon brengen, en aangespoord door vertrouwen in het actualisme, een Urwelt der Schweiz (1865), dat zowel enige malen vertaald als in 1948 (verkorte editie) herdrukt werd. Zeven delen *Flora Fossilis Arctica* (1868–1883) bevatten 23 verzamelde verhandelingen over fossielen van het Noordelijk Halfrond op hoge breedte gevonden.

Een bijzondere verdienste van Heer is zijn volhardend proberen om palaeoklimaten te reconstrueren door de milieuvoorwaarden van recente vormen als dezelfde te beschouwen van fossiele, verwante vormen. De uitkomsten zijn waarschijnlijker naarmate vegetaties van overeenkomstige samenstelling, recent en fossiel, in beschouwing worden genomen. Gemiddelde jaartemperaturen (in het Oligoceen) berekende Heer voor vele streken tussen Groenland en Noord-Italië. Nader onderzoek heeft Heers resultaten over het algemeen vrijwel bevestigd.

A. Schenk (1815–1891), de grote kenner van het Mesozoicum, hoogleraar in Würzburg en Leipzig (1868–1891), zag zich genoodzaakt in zijn bijdrage aan K.A. Zittel, Handbuch der Paläontologie (4 delen, 1876–1893), met de titel Palaeophytologie (1879–1890) veel fouten te corrigeren (de meeste weliswaar niet van Heer) en veel gerechtvaardigde twijfels uit te spreken. Zittels standaardwerk verscheen als Geschichte der Geologie und Paläontologie in 1899 en werd in 1964 herdrukt.

Ter afsluiting van dit overzicht van hoofdzaken uit de 19e-eeuwse palaeobiologie op het vasteland nog enige gegevens. W.P. Schimper (1808–1880), een Elzasser, studeerde en doceerde als hoogleraar in Straatsburg, waar hij als directeur (sinds 1866) het natuurhistorische museum tot een der beste van West-Europa maakte. Zijn *Bryologia Europaea* (zes delen; 1836–1866) verschafte hem een wereldnaam als bladmosspecialist, maar hij deed tevens uitstekend werk met zijn Traité de Paléontologie Végétale (drie delen; 1869–1874), een geïllustreerde samenvatting, systematisch gerangschikt, van de fossiele Cryptogamen tot en met de *Cycas*-achtigen. Schenk, zojuist genoemd, auteur van standaardwerken van de fossiele flora's vóór het Carboon, zette Schimpers werk voort met de bewerking van de bloemdragende planten en toonde tegelijkertijd aan hoe wankel Von Ettinghausens conclusies waren (p. 1344).

De ontwikkeling van palaeontologie en geologie in Engeland tijdens de eerste helft van de 19e eeuw krijgt elders enige aandacht (XII.35). Ter aanvulling hier nog een verwijzing naar het werk van W.C. Williamson (1816–1895) en D.H. Scott.

Nadat E.W. Binney (1812–1881) op de in Yorkshire en Lancashire uitzonderlijk gaaf geconserveerde Carboonfossielen opmerkzaam had gemaakt (Fossil Plants...; 1868–1875), begon Williamson de studie van de resten van de vroegere flora in zijn geboortestreek. Hij werd als apotheker opgeleid, studeerde medicijnen en vestigde zich als geneesheer. Van 1851 tot 1892 vervulde hij het professoraat in natuurlijke historie te Manchester, nadat hij in 1835 de medische praktijk vaarwel gezegd had om als Curator de collecties van de Manchester Natural History Society te gaan verzorgen.

Zijn vader, John Williamson (1774–1877), Curator van het Scarborough Museum en vinder van veel belangrijke fossielen, werkte samen met W. Smith die de stratigrafische

geologie met behulp van gidsfossielen in Engeland begonnen was (XII.35), zodat de zoon al in zijn jeugd met de palaeontologie vertrouwd raakte. Hij legde zich op de micropalaeontologie toe door studies over *Foraminiferae* (pre-Carbonische Krijtdiertjes waarvan de gefossiliseerde kalkskeletjes het middel zijn om ze als gidsfossielen te herkennen). Na Binneys eerste publikaties verschenen weldra Williamsons artikels over de bouw van de steenkoolvormende planten in de Philosophical Transactions, negentien monografische studies, geïllustreerd door 122 platen die Williamson zelf tekende, verschenen van 1871 tot 1893. Het bewijsmateriaal voor de beschrijvingen en tekeningen van de microscopisch waarneembare anatomie is meer dan 1800 meesterlijk vervaardigde slijpplaatjes en wordt bewaard in het Brits Museum (Natural History, Williamson Collection).

D.H. Scott (1854–1934) ontving zijn scholing als plantkundige in Duitsland bij J. Sachs. Daarom was Scott veel beter met Duits vertrouwd dan de meeste van zijn landgenoten, zodat de lectuur van Einleitung in die Paläophytologie door H. Graf zu Solms-Laubach (1887) hem rechtstreeks tot de studie van de fossiele botanie kon overhalen. Na Williamsons dood – Scott werkte enige jaren met hem samen – zette Scott diens werk in het Jodrell Laboratorium te Kew voort.

D.R.J. Stur (1827–1893), een Hongaarse geoloog die in Wenen werkzaam was, had (in 1883) fossiele, op varenblad gelijkende resten toch niet als ware varens willen beschouwen en Williamson steunde in 1887 die mening. Het zijn schakels tussen Varens en *Cycas*-achtigen, en *Lyginodendron* waarvan hij de steriele resten in 1873 beschreven en benaamd had is, zei Williamson, een vertegenwoordiger van die middengroep. Scott ontdekte dat fossiele zaden die als Lagenostoma bekend stonden, zaden van *Lyginodendron* zijn (1903). Veel meer palaeozoïsche varenachtige planten bleken zulke zaaddragers te zijn, en in 1904 stelden F.W. Oliver, hoogleraar te Londen, en Scott voor die Zaadvarens de naam *Pteridospermae* voor (X.31).

Een middengroep tussen Varens en *Cycas*-achtigen die Renault ontdekt en *Botryopteris* genoemd had (en als een varen behorend tot *Marattiaceae* classificeerde) werd het uitgangspunt voor de *Cycadofilices*, Scotts specialiteit. Zijn Studies in Fossil Botany wekte door zijn levendige, aanschouwelijke stijl de belangstelling van vak- en amateurgeologen en stimuleerde de belangstelling voor de palaeontologie.

33. Jean Baptiste, Chevalier de Lamarck

Talrijke studies zijn over Jean-Baptiste-Pierre de Monet-Antoine, Chevalier de Lamarck (1744, Bazentin-le-Petit (Bapaume) – Parijs, 1829) verschenen; veel ben ik aan Lotsy (1900), Radl (1909; literatuur!), Nordenskiöld (1928), Stafleu (1971) en Smit (1979) verschuldigd.

Geboren als het 11e kind van een schraal bedeelde dorpsedelman werd Jean-Baptiste heel jong aan de jezuïeten te Amiens toevertrouwd. Naar behoren in opleiding voor de theologie ging hij, dadelijk na zijn vaders dood, zijn voorkeur en de familietraditie volgend, 17 jaar oud ten oorlog (1761). Hij meldde zich bij een Frans legerkamp in Westphalen, bij Lippstadt, vocht de volgende dag mee in een fel treffen en werd daarna meteen als officier aangesteld. Deze gegevens zijn van belang, want de eigenschappen die hem toen onderscheidden zijn, zo schijnt het, geheel in overeenstemming met de karaktertrekken van zijn latere werk en leven. Zeven jaar bleef hij militair, nam aan campagnes in Duitsland deel en lag daarna in garnizoen in Toulon en Monaco. De levende natuur in

de kuststrook wekte zijn ware belangstelling. Medisch ongeschikt voor de krijgsdienst geworden, kreeg hij ontslag en 400 francs sjaars pensioen. Een kleine baan bij een bank in Parijs verschafte hem de aanvullende middelen voor een heel bescheiden bestaan (1768) en de vrije tijd om te studeren. Hij volgde colleges van Bernard de Jussieu (X.20) en leerde plantkunde terwijl de lectuur en het gezelschap van Rousseau (VII.14), in wiens vriendenkring hij botanische wandelingen deed, hem republikein maakten.

Na tien jaar bank en studie verscheen zijn Flore Françoyse (1779; 3 delen), die hem dadelijk de steun van Buffon en een aanstelling bij de Jardin du Roy bezorgde. Zijn boek was bijzonder welkom. Het bevatte niet alleen korte en duidelijke Franse beschrijvingen van alle soorten wilde planten van Frankrijk maar bovendien een belangrijke vernieuwing, namelijk 'sleutels' om de planten op naam te brengen.

Zoveel als dienstig zijn de sleutels 'dichotoom', dat wil zeggen getrapte en gevorkte rangschikkingen van gidskenmerken, die de gebruiker telkens voor de keus van òf het een òf het ander stellen, en hem zo tot een conclusie voeren over de identiteit van een plant terwijl hij het op naam te brengen exemplaar aan de hand van de sleutelkenmerken inspecteert. Het is een metafysische methode die van Platoon stamt, maar Lamarck was de eerste die hem consequent in de biologie toepaste.

Op voorspraak van Buffon benoemde de koning Lamarck zonder uitstel als lid (2e klasse) van de Académie (1779). Tevens kreeg hij een schone gelegenheid voor een studiereis naar Holland, Duitsland en Oostenrijk-Hongarije als mentor van Buffons zoon die zich dermate misdroeg dat de reis bekort moest worden. Begin 1782 hervatte Lamarck zijn werk in Frankrijk.

Reeds in 1783 (begin december) kwam het tweede stuk van de tweede band van de Encyclopédie Méthodique van de pers (de 6e aflevering van het geheel), waarmee Lamarck het meest omvangrijke werk gewijd aan beschrijvende plantkunde begon dat nog ooit ondernomen was. De Encyclopédie bevatte ten slotte 8 delen plantkunde (1783–1808), waarin Lamarck alle artikels van A–P (4 delen) schreef. Het 5e deel in samenwerking met J.L.M. Poiret (1755–1834) en anderen. Poiret schreef daarna een Supplément (5 delen; 1810–1817). Lamarck verzorgde samen met Poiret de bij 2000 genera behorende illustraties, diagnostische tekeningen en beschrijvingen op 900 platen (Tableau Encyclopédique 3 delen, en Recueil des Planches, 4 delen; 1791–1823). Intussen bracht hij in vrije tijd omvangrijke collecties bijeen, schelpen en planten.

Waardering voor zijn werk bleek uit zijn benoeming als 's Konings Botanicus, belast met de zorg voor en de bewaking van de Herbaria (1788). Op het nippertje ontsnapte Lamarck aan het revolutionair élan van zijn dagen; hij redde zijn baan door de betekenis van de Botanische Tuin in twee Mémoires aan de machthebbers uit te leggen. Een kenmerk van de botanische tuinen in het Westen is, dat zij door de eeuwen heen voortdurend door de politiek bedreigd worden ('bezuiniging'). Lamarck verving de naam Jardin du Roy door Jardin des Plantes.

In Juni 1793 werd het Muséum d'Histoire naturelle gesticht, Daubenton directeur (VII.27), Lamarck en Fourcroy belast met het vormen van een bibliotheek, De Jussieu en Desfontaines met het bijeenbrengen van een Herbarium. Men had zich de bibliotheken van de aristocraten toegeëigend, de kloosterbibliotheken genationaliseerd, en de boekenbuit moest onderdak gebracht en geordend worden. Talrijke collecties natuurhistorische voorwerpen, herbariums, geconfisqueerd door de revolutionaire bevrijdingslegers kwamen naar Parijs. Lamarck, botanicus en 49 jaar oud, werd tot hoogleraar in de zoölogie benoemd, belast met de studie van de insekten, wormen en microscopische dieren (Geof-

froy St. Hilaire kreeg de Gewervelde Dieren).

Na 1793 zette Lamarck de plantkunde voorlopig opzij en bestormde de dode natuur. Het betekende het keerpunt in zijn reputatie als geleerde. Al in 1794 liet Lamarck het Franse volk weten dat hij door zijn volkomen nieuwe zienswijze op fysica en chemie, de geneeskunde en de fysiologie ongehoord zou doen vooruitgaan. Voor Lavoisier kwam die beloofde ontwikkeling te laat, want hij werd in dat zelfde jaar onthoofd. Lamarcks boek (Recherches sur les Causes des Principaux Faits Physiques) was een frontale aanval op 'philosophie chimique', waarmee zijn collega in de scheikunde, Fourcroy, Lavoisiers nieuwe scheikunde had gesteund en uitgewerkt. Details blijven hier achterwege. Het is voldoende te weten dat Lamarcks scheikunde op vijf grondelementen rustte: de vier welbekende Griekse en als vijfde het licht. Vuur was het voornaamste element en daarom heette Lamarcks chemie 'chimie pyrotique', terwijl de Lavoisier-chemie de 'pneumatique' was. Lamarck verdedigde een soort flogiston-fantasie en wilde van geen oxidatieprocessen weten. Zuurstof kan onmogelijk zowel een bestanddeel van lucht als van water zijn. Hij herhaalde, meer gedetailleerd in 1796 en 1797 uitgegeven boeken, zijn onbewezen en onbewijsbare beweringen (die hij na 20 jaar deels introk). Natuurlijk vond zijn kritiek op Lavoisiers bevindingen geen gehoor.

Zijn Annuaires Météorologiques (1800–1803) waren van dezelfde snit als zijn pyrotische studies. De geologische artikels over fossielen in de omstreken van Parijs (33 Mémoires tussen 1802 en 1806) weinig beter. Duizend en meer pagina's druk getuigen van zijn bovenmenselijke werkkracht en zijn rechtlijnig, onbreekbaar en agressief enthousiasme. Zij beschadigden de reputatie van een uitzonderlijke goede taxonoom, een der belangrijkste auteurs over transformisme, een groot bioloog.

Een manuscript van een geofysisch werk in drie delen, Hydrogéologie, kwam in 1801 gereed. Het deel over het zich in de loop der tijden wijzigende aardoppervlak haalde de drukpers, en wel op zijn eigen kosten. Hij verkocht heel weinig exemplaren en het boek is nu een hoge zeldzaamheid. Het tweede deel, over meteorologie, bleef om goede redenen ongepubliceerd. Het derde deel met de théorie der levende wezens, de 'biologie', evenzo; het bevatte een verhandeling over transformisme, afstamming met wijzigingen. Dit manuscript zag, hervormd, samen met zijn Recherches sur l'Organisation des Corps Vivans (1802), eveneens herzien, onder de titel Philosophie Zoologique het licht in 1809. Lamarck was 65 jaar. De museumstafleden plachten jaarlijks, elk met de eigen publikaties van het afgelopen jaar, zich bij het staatshoofd te presenteren en een exemplaar te overhandigen. Napoléon dacht dat Lamarck hem een van zijn beruchte meteorologisch jaarboeken (Annuaire Météorologique) kwam aanbieden, pakte de Philosophie Zoologique aan, keek er niet in, gaf het boek aan een adjudant met een zure opmerking en negeerde Lamarck. Deze brak in tranen uit. Later publiceerde Cuvier het officiële verslag van alle biologische publikaties in 1809 verschenen, zette zelfs de kleinste krabbels op de lijst en vermeldde de Philosophie Zoologique niet.

Lamarck overleefde vier echtgenotes die hem zeven kinderen nalieten. Hij leefde vereenzaamd, vermeed alle bijeenkomsten en leidde een uiterst karig bestaan en nadat men hem zijn laatste spaargeld ontfutseld had, verviel hij in armoede, blind in de laatste tien jaar van zijn leven. Zijn dochter Cornélie verzorgde hem en nam in 1822 het zesde deel van zijn klassieke Natuurlijke Historie der Ongewervelden (Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres; 1815–1822), dat in 1815 was begonnen te verschijnen, in dictaat op. Zij voorspelde, troostend, dat latere generaties hem heel anders zouden beoordelen dan de vakbroeders, die hem doodzwegen. Dat is uitgekomen, maar toen hij in 1829 stierf moest

men hem van de armen begraven en zijn graf werd al spoedig geschud.

Lamarcks bijdragen aan de taxonomie blijven hier onbesproken; nu volgt een overzicht van het 'Lamarckisme', een blijvende factor in de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie.

34. Lamarckisme (transformisme)

Om de gedachtengang waar het Lamarckisme op steunt te doorzien, is enige kennis van Lamarcks fysisch-chemische betogen vereist. In de voorafgaande paragraaf heb ik die dan ook genoemd. De Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle, établis sur des Bases de Raisonnement Indépendantes de Toute Théorie (p. 1280) bevatten gegevens die hier van belang zijn. De titel valt al dadelijk op door zijn innerlijke tegenspraak, want een redenering die zichzelf vrij van elke theorie verklaart, belijdt een theorie.

Materieaggregaten, 'verbindingen', zijn nooit standvastig. Zij vallen steeds uiteen tot de eenvoudigste samenstellende elementen. Bloed is de hoogst samengestelde stof en via allerlei processen ontstaan daaruit achtereenvolgens gal, urine, botmaterie, schelpkalk, marmer, gips, edelstenen, metalen en mineralen om ten slotte de reeks transformaties te beëindigen met de allerzuiverste en eenvoudigste stof: bergkristal, in feite de onvermengde vertegenwoordiger van het element aarde. Alle dode stof van onze aardkorst is dan ook niets anders dan de ontbonden resten van levende organismen. De ganse natuur, levend en dood, is doortrokken van een vorm van vuur, een vuur-fluïdum, gewoonlijk passief, maar soms in een warme, vochtige omgeving (bloed) geactiveerd. Dan kan als richtende factor een 'algemene gravitatie' optreden, want alle dingen trekken elkaar van nature aan. Het vuurelement is niet alleen werkzaam als fluïdum, maar ook als magnetisme, elektriciteit en warmte en het beheerst alle levensprocessen.

In warme vochtige milieus ontstaan slijmconcentraties, minuscule, uiterst eenvoudige drupjes die weldra door in- en uitwendige fluidale invloeden structuur verkrijgen. Een schuimmassa, een 'cellig weefsel' ontstaat, vloeistof doorzeefd met kanaaltjes en buizen. Allerlei *fluïda* bewegen zich, nu eens langzaam dan weer snel, door het zich vormende organisme, een levende massa, want kenmerk van alle leven is beweging, verandering, georganiseerd toenemende differentiatie. Het zenuwstelsel verschijnt, een concentratie van hoger gestructureerd slijm.

Eenmaal verschenen als lichaamseigenschap van dieren die een voldoende hoge plaats innemen in de reeks, de *scala naturae*, verschaft het zenuwstelsel reactievermogen, prikkelgevoeligheid. Natuurlijk blijft het daar niet bij en hoger in de geleidelijk opklimmende reeks zullen dieren door middel van het zenuwstelsel gevoelens ondervinden. Zij bemerken een neiging zich zo goed mogelijk bij de bestaande omgeving aan te passen of een zich wijzigende omgeving te volgen door zich progressief te verbeteren. De behoefte om organen steeds doelmatiger met milieueisen te doen samengaan, laat zich gelden. Aanwezige organen veranderen, meer en meer in opvolgende geslachten, en nieuwe organen kunnen dank zij die drang in het organisme verschijnen. Dieren reageren en hun wensen en willen brengen vormveranderingen teweeg.

Bij dieren zonder gevoelens (die toch wel prikkelgevoelig zijn) ontbreekt die wilsinvloed, bij planten ook, maar zij wijzigen zich niettemin door een 'pouvoir de la vie' en een 'cause modifiante' (hier had Lamarck desgewenst naar Aristoteles mogen verwijzen).

Zou men het linkeroog van kinderen bedekken, dan zou het na vele generaties verdwe-

nen zijn en het rechteroog zich in het midden van het gelaat van de veranderde kinderen bevinden. Regressie en progressie spelen bij deze gang van zaken beide een rol. Hoeveel dieren door experimenterende vivisectionneurs als gevolg van deze suggestie verminkt zijn, waag ik niet te schatten.

Rudimentaire organen blijven over door een reducerende invloed van het milieu, dat echter toch passende eigenschappen oproept die het nadeel weer compenseren. Als een reptiel verkiest vele generaties lang in holen te kruipen zal het zijn poten verliezen en slang worden.

Lamarck geloofde in progressie, vooruitgang en verbetering, in overeenstemming met zijn geloof aan de doelstellingen van de Franse Revolutie. Misschien dat Lamarck daarom, in latere jaren van ontnuchtering, gaandeweg meer aandacht aan de dag legde voor achteruitgaand transformisme, verlies van differentiatie, regressie.

Al in 1802 had Lamarck opgemerkt (Recherches... Corps Vivans) dat het bloed een heel bijzonder vuurfluïdum bezit dat, afgescheiden en geconcentreerd door de zenuwen, door zijn werkzaamheid het hele lichaam in een spanningstoestand (*tonus*) brengt. Dit fluïdum coördineert en lokaliseert alle moleculaire bewegingen van de lichaamsmaterie. Deze chemofantasie kwam vermoedelijk voort uit de wens te voorkomen dat men zijn mechanistisch-materialistische fysiologie zou verwarren met de zielbiologie van vroeger of van zijn eigen tijd, omdat zonder het miraculeuze fluïdum de overeenstemming met het vitalisme wel erg groot schijnt te zijn.

Tijdgenoten hebben Lamarcks plenipotentiaire fysio-chemische concept niet overdacht of overwogen, omdat de tekorten van het feitenmateriaal dat het betoog moest schragen onaanvaardbaar groot waren.

Kort en krachtig kwamen Lamarcks inzichten naar voren op 21 Floréal, an VIII (11 mei 1800), toen hij zijn toespraak hield ter gelegenheid van het begin van de zoölogiecursus in het Muséum. De titel was Système des Animaux sans Vertèbres; de toespraak verscheen in 1801 in druk. Hij verdedigde daarin bovendien een vorm van *panspermie* (VIII.3) die op Buffons transformisme stoelde. De aardkorst, het wateroppervlak, de atmosfeer wemelen van talloze diertjes (animalcules), zei hij, van levende, zich organiserende moleculen die zich tot organismen zullen rangschikken. Dat onderwerp kwam in zijn openingstoespraken (Discours d'Ouverture) nog dikwijls aan de orde (tot 1806).

Transformisme was in Parijs, vooral in de universitaire wereld, allerminst populair. Cuvier was de onbetwiste leider van de Franse zoölogie en de voorvechter van geloof aan volstrekt stabiele taxa. Daubenton, Cuviers medewerker en Lamarcks chef, wilde er niet van horen. Stafleu (1971) legt een verband tussen Daubentons overlijden op 1 januari 1800, Lamarcks geloofsbelijdenis in mei daaropvolgend, en de toevoeging van een transformistisch Voorbericht aan het 2e deel van Histoire Naturelle des Poissons (1800) door de auteur Lacépède (alias B.G.E. de la Ville), die evenals Lamarck professeur in de zoölogie aan het Muséum was.

De comte de Lacépède (1756–1825), zowel bekwaam als bioloog en als politicus, was een groot vriend van Buffon en hij werd enige jaren later in de adelstand verheven door Napoléon (en door Lodewijk XVIII). Hij nam Darwin de woorden uit de mond:

> Discours... Durée... Espèces: 'Een steeds nauwkeuriger kennis van het verleden zal de opeenvolgende wijzigingen aan het licht brengen van de levende organismen en daarmee onze opvattingen van de huidige levende natuur aanvullen. Een soort kan zoveel veranderingen ondergaan dat hij ten slotte meer van zijn oorspronkelijke vorm verschilt dan van andere soorten thans. Het is een nieuwe soort geworden.'

Welbeschouwd was Lacépède's uitspraak niet anders dan de formulering van Buffons overwegingen van 1751, waarvoor deze gekapitteld werd (X.22). Zij waren trouwens ook al door Georges Cabanis (1757–1808), Parijs medicus, filosoof, atheïst, in 12 artikels tussen 1790 en 1796 uitgewerkt (gebundeld verschenen zij in 1802 als Rapports du Physique et du Moral). Onder invloed van klimaat- en andere milieufactoren, schreef Cabanis, ontwikkelen zich uit de simpelste organismen die onophoudelijk door spontane generatie uit dode stof ontstaan, steeds hoger gestructureerde dieren. Wat de mens aangaat, door de samenleving worden nieuwe eigenschappen, lichamelijk en geestelijk (dispositions acquises), voortdurend opgeroepen, die van moeder op kind overgaan en zich handhaven ook al zijn de oorzaken van eertijds verdwenen. Levensomstandigheden kunnen een orgaan versterken of verzwakken en deze veranderingen zullen nu en dan erfelijk zijn. Om de volstrekte binding tussen materie en geest te verduidelijken gaf Cababnis een treffende toelichting. De hersenfunctie en de maagfunctie zijn vergelijkbaar. Waarnemingen zijn voedsel voor de hersenen zoals spijzen voor de maag. Als resultaten enerzijds gedachten en anderzijds excrementen; gedachtevorming in de hersenen en galvorming in de lever.

Na dit overzicht van de invloed van milieuomstandigheden onder de mensen en in de levende natuur voorafgaand aan de verschijning van Philosophie Zoologique kan een samenvatting van hoofzaken uit dat tekstboek van het Lamarckisme volgen.

Plantesoorten kunnen nieuw ontstaan, zoals Lacépède's diersoorten. Lamarck gaf een voorbeeld (1809).

> 'Als bij voorbeeld de zaden van een gras, of van een andere plant die thuis hoort op een vochtige weide, om welke reden dan ook die standplaats verlaten, eerst op de helling van een naburige heuvel terecht komen waar de bodem, ofschoon hoger gelegen toch nog vochtig genoeg is, zodat zo'n plant zich staande kan houden en indien later, nadat de plant daar talrijke generaties geleefd heeft en gaandeweg een droge, zelfs heel droge, standplaats op een berghelling bereikt heeft, en indien de plant daar weer talrijke generaties voortleeft, dan zal hij ten slotte zozeer gewijzigd zijn dat de plantkundigen hem als een eigen soort beschouwen.'

Planten wijzigen hun vorm door gewijzigde levensomstandigheden in de loop van vele generaties dus sterk. Er is nog een andere oorzaak voor soortvorming, schreef Lamarck.

Als soorten waarlijk constant zijn, dan zouden uit soortkruisingen geen vruchtbare bastaarden mogen ontstaan, maar dit is dikwijls toch het geval.

> 'Toegegeven dat zulke uitzonderlijke paringen dikwijls geen gevolg hebben, vooral als ouders zeer verschillend zijn. Indien er nakomelingen zijn, zijn ze in de regel steriel. Als het verschil echter minder groot is dan leert de ervaring dat zulke tekorten uitblijven. Deze mogelijkheid alleen al is voldoende om stap voor stap variëteiten te laten verschijnen die rassen worden en die, na verloop van tijd, zó zijn dat we ze soorten noemen.'

Twee 'onwrikbare' wetten zijn de volgende.

1e wet. 'Elk orgaan van een dier dat de grens van zijn vermogen tot evolutie nog niet overschreden heeft, zal door een veelvuldiger en volgehouden gebruik zich allengs versterken, ontwikkelen en vergroten, en krachtiger worden in overeenstemming met de tijdsduur van dat toegenomen gebruik, terwijl het achterwege blijven van het gebruiken van een orgaan het onmerkbaar zwakker maakt, veroorzaakt dat het vermindert en in afnemende mate functioneert, waarna het ten slotte verdwijnt.

2e wet. Alles wat de natuur aan een individu toevoegt of ontneemt door de invloed van

de levensomstandigheden waar het taxon gedurende lange tijd aan bleef blootgesteld, en bijgevolg door het overheersende (predominant) gebruik of het blijvende onbruik van zo'n orgaan, bewaart het individu door erfelijkheid (génération), en het wordt overgebracht naar de nieuwe individuen die ervan afstammen indien althans de veranderingen die zo tot stand kwamen door beide seksen verworven werden, dus door degenen die de nieuwe individuen lieten ontstaan.'

De Verlichting en de Revolutie hadden de schepping naar de mythologie verbannen. Lamarck, allerminst een creationist, wees de natuur als scheppend agens aan, zij het dat hij die natuur toch dank zij een Maker (Auteur) in staat gesteld achtte om te doen wat hij meende dat zij deed, gehoorzaam aan de wetten die hijzelf bekend had gemaakt.

Uit de onafgebroken zich vormende stroom van nieuwe levende slijm- of geleidruppels ontwikkelen zich, generatie na generatie, steeds hoger bewerktuigde levende wezens, planten en dieren. Alle generaties van levende wezens zijn telkens een beetje gewijzigd, passend in de wijzigende milieus en klimaten, overal ter wereld en zolang de aarde bestaat. De som van de verschillen voert tot soortvorming. De soorten zijn zodoende minder oud dan de natuur zelf. Veel, veel tijd is vereist: de planten die Napoléon in duizenden jaren oude koningsgraven in Egypte vond, verschillen nog niet zichtbaar van de tegenwoordige.

Tot dusverre gold algemeen, verzekerde Lamarck sterk generaliserend, dat de natuur of diens Maker toen de dieren geschapen werden, voorzieningen trof voor alle mogelijke levensomstandigheden, dat iedere soort een duurzame lichaamsbouw verkreeg, een welomschreven en onveranderlijke vorm van al zijn lichaamsdelen. Deze dwongen elke soort om te leven op de plaatsen en in de klimaten waarin wij hen aantreffen want zij moesten hun levensgewoonten handhaven. De organen hebben de dieren echter hun levensloop niet opgelegd, maar omgekeerd in de loop van de aardgeschiedenis hebben het milieu en de daarmee verbonden levensvoorwaarden de vorm van het dierenlichaam, uit- en inwendig, mede en met voorrang bepaald. Lamarck heeft voorbeelden genoeg bij de hand, de kangeroe, de giraffe met zijn lange hals, de steltlopers die hun voedsel in ondiep water moeten zoeken en dus lange poten nodig hebben en tegelijkertijd een lange nek en snavel om de bodem te kunnen bereiken.

Het zou voorzichtiger zijn geweest als Lamarck het bij dit pleidooi voor zijn twee transformatiewetten had gelaten, maar hij merkte vervolgens op dat zijn wetgeving slechts in de wind geslagen zou kunnen worden door degenen die 'de natuur nimmer opmerkzaam beschouwden of haar daden overwogen.' Cuviers meningen waren tegengesteld aan die van Lamarck, dat was iedereen bekend, en de honende toespeling was een onrechtvaardigheid die Cuvier niet accepteerde. Lamarck betoogde:

Om de gang van zaken tijdens de evolutie vast te stellen, opkomst en verval van organen in de natuurreeks van de dieren, volge men het spoor terug. Kies een fase in de dierreeks ter hoogte van de volkomen ontwikkeling van een orgaan, of van een volkomen afwezigheid. Daal nu de natuurlijke trap trede na trede af (dégradation) en vergelijk het orgaan op iedere trede van ontwikkeling met de voorafgaande toestand, de hogere ontwikkeling. Nu komt aan het licht dat beginnend bij de mens tot en met de insekten, organen voor sexuele voortplanting aanwezig zijn, steeds veranderend (en verzwakkend). Beneden de insekten treffen we de wormen aan, zonder genitalia, die zich door knopvorming, *gemmae*, voortplanten. Wel bezitten zij nog, zoals de hoger staande organismen, een zenuwstelsel en gezichtsorganen. Nu volgen de Straaldieren (*Radiata*): deze hebben geen gezichtvermogen meer maar wel genitalia, echter in een geheel andere, onvergelijkbare staat. Ten slotte zijn er, geheel onder aan de reeks, de *Polypi*, die geen organen hebben

en daarom het begin van al het dierlijke zijn. Beneden de *Polypi* de planten. Zij evolueren sneller dan dieren, ofschoon zij de transformerende 'besoins' en 'désirs' van de dieren missen. De levenskracht (pouvoir de la vie) die ze wijzigt werd zoëven al genoemd. Het gemeenschappelijk ontstaan met de dieren blijkt nog uit de kanalen in het plantelichaam, de overgeschoten oerkanaaltjes in het primigene slijm.

De natuurreeks (*scala naturae*), vervolgt Lamarck, is echter oneffen. Een bijzondere structuur een algemeen lichaamsbouwpatroon kenmerkt alle leden van een der hoofdgroepen. Lager in de reeks is het aantal organen in de organismen minder groot, maar de aanwezige organen hebben meer functies. Lamarcks nieuwe rangschikking van het dierenrijk is een fylogenetische reeks, een dynamische *scala naturae* die knooppunten bezit ten gevolge van de 'mouvement vital', wel lineair bleef maar plaatselijk meersporig werd: Lamarcks systematiek werd de toepassing van zijn transformatieleer.

Organismen die onderling vruchtbaar zijn en zich door een gelijkvormig nageslacht voortplanten behoren tot één soort. Volstrekt gelijkvormig zijn de planten en dieren van één soort echter niet. Zij variëren min of meer terwijl in niet veranderende milieus de variabiliteit het kleinste is. Variabiliteit is een aanwijzing voor de veranderlijkheid van soorten.

Niet alle soorten werden tegelijk geschapen. Zij komen na elkaar en dit is niet in strijd met de religie, met het geloof aan een almachtige 'Auteur de toutes choses'. Lamarck, deïstisch bioloog, verklaarde dat de 'Auteur suprême' de natuurwetten maakte en de natuurgrondwet is diversificatie waardoor nieuwe soorten gevormd worden. Ware die wet niet door de Auteur ingesteld, dan zouden steeds nieuwe scheppingsdaden vereist zijn. Overigens heeft voortdurend *generatio spontanea* plaats, leven uit dode materie, en vervolgens regeren de natuurwetten. Gewijzigde milieus beantwoorden de organismen met actieve adaptatie.

Hoe ontstond de mens, de climax van de natuurreeks? Lamarck schaarde zich aan de zijde van Buffon door toe te geven dat als rechtop lopen en een hogere geestelijke ontwikkeling de enige verschillen met mensapen zijn, de mens wel van apen moet afstammen. Hij besloot, wel een tikje slapjes voor een oud-officier: 'Het zouden dusdanige overwegingen kunnen zijn als de mens, die we ter discussie hebben gesteld, slechts door eigenschappen van lichaam en geest (organisation) van dieren zou verschillen, en indien zijn oorsprong niet verschillend zou zijn van die van dieren.' De jezuïeten van Amiens hadden hem toch niet tevergeefs onderwezen.

Toen Lamarck gestorven was, belastte de Académie Cuvier met de taak de lovende herdenkingsrede (éloge) te schrijven, gebruikelijk bij het overlijden van een medelid. Het werd een oordeel dat Lamarcks verdienste als taxonoom erkende, maar tegelijkertijd een vlijmende aanval op het transformisme. 'Al wie de uiterst fijne bouw van een vogelveer onderzocht en overwogen heeft, en de gedachten van Lamarck over het potenverlies van de slang en het verschijnen van sprieten op de slakkekop als gevolg van slakkewensen overdacht, wijst de besoin-désir-theorie zonder aarzeling af.' Terwijl hij Lamarcks 'conceptions fantastiques' genadeloos aan de kaak stelde, herkende Cuvier zonder zich daar rekenschap van te geven, Lamarck als een Franse vertegenwoordiger van de romantische biologie toen hij glimlachend gewaagde van diens 'kolossale kastelen op gedroomde fundamenten die op betoverde paleizen gelijken zoals in onze oude romans.' Men was over Cuviers lofrede (26 november 1832) danig ontsticht – meer, wil ik vermoeden, vanwege de 'esprit de corps' die gedeukt werd dan om wetenschappelijke bezwaren – en besloot de rede niet af te drukken in de Mémoires. Gekuist verscheen hij toch nog, in 1835, na Cuviers dood.

Een samenvatting van Lamarcks afstammingsleer kan de volgende zijn. De continue opklimmende reeks der natuurvoortbrengsels begint bij bergkristal waar zich vier andere grondelementen (lucht, vuur, water en licht) bijvoegen. Door interne en externe krachten bewogen en beïnvloed vormen de vijf levende materie die zich onverwijld organiseert. De eerstelingen evolueren voortdurend naar hoger en naar toenemende diversiteit, totdat de mens als hoogst ontwikkeld organisme de reeks afsluit. Alle levensverschijnselen zijn fysisch-chemische processen die mechanistisch causaal verlopen. Organen wijzigen zich tijdens het leven door gebruik of door onbruik, van geslacht op geslacht, en dit betekent een wijziging van de nakomelingen. Verworven eigenschappen zijn erfelijk. Als antwoord op milieuomstandigheden ontstaat behoefte (besoin) en dit roept in het levende organisme een drang tot orgaanvorming op (désir): endogene, actieve adaptaties zijn de gevolgen. Een stabiel milieu gaat samen met een minimum aan variabiliteit. Vooruitgang kenmerkt het natuurleven. Levende wezens beletten de entropie, dode ontbinden totdat de lichaamsmaterie terug is gekeerd tot de ongeordende beginelementen. Het omschreven tranformisme is empirisch waarneembaar en volgt uit de rede, is daarom zonneklaar juist zodat experimenten eigenlijk overbodig en wetenschappelijke twijfels tijdverlies zijn.

Het Lamarckisme is een synthese van gedachten die terug te vinden zijn bij Aristoteles (geleidelijkheid en continuïteit), Leibniz (de Maker en zijn natuurwetten), Buffon (tranformisme in algemene zin), Hippokrates, Maupertuis en Cabanis (erfelijkheid van door uitwendige factoren verworven eigenschappen), C.F. Wolff en Von Haller (vorming organisme, slijmig-'cellig' netwerk), Condillac (waarnemende empirie), Rousseau (progressie naar hoger en beter), Newton (algemene gravitatie), Herakleitos en Empedokles (bloedleer, vuur, aanpassing aan het milieu, voegzame elementen), en ten slotte alchemistische dromen (*fluida*, chimie pyrotique).

Lamarck ontwierp een holistische biologie, de tegenvoeter van het Darwinisme. Hij was een romantische bioloog vanwege zijn aandacht voor diversiteit, gepaard aan een weigering van vaste grenzen en zijn emotionele, onbedachtzame interpreteren van feiten. Uiterlijk naderen gedachten van Goethe soms die van Lamarck, waardoor misverstanden ontstonden, want op hun ware inhoud getoetst verschillen zij diepgaand.

Toen Lamarck de biologie verrrijkte met een theorie die nog heden grote invloed uitoefent vlocht hij het werk van voorgangers samen met zijn eigen onderzoek. De fouten die hij maakte passen bij het formaat van zijn leer en tasten de kern daarvan niet aan.

35. Geologie en biologie kort voor Darwin

De voorbereiding en het schrijven van On the Origin of Species, Darwins meest opzienbarende werk, vergde omstreeks twintig jaar (1837-1859), een periode van voornamelijk literatuurstudie. Engelse teksten vormden de ruime meerderheid, Frans en Duits las Darwin ongaarne, andere talen, klassieke of moderne, las hij nauwelijks en daarom komt de oude literatuur bij Darwins overwegingen zelden in het geding. Een overzicht van de geologie en biologie met nadruk op het Engelse taalbereik in de laat-18e en vroeg-19e eeuw geeft een indruk van de papieren wereld die Darwin, in verband met de levende natuur, bestudeerde.

Hoe aan het eind van de 17e eeuw fossielen vrijwel algemeen als dierresten herkend waren en hoe zij van nature tot geologische theorieën voerden, wordt vermeld in XII.24.

Een geheiligde aardgeschiedenis (*Telluris Theoria Sacra...*) door Th. Burnet (1632-1715) dateert van 1681 en 1689 (2 delen). Na een studie en docentschap in Cambridge bereisde Burnet Europa en maakte na zijn terugkeer zijn geologische meningen bekend.

De aarde begon als een ongeordend mengsel van vloeistoffen. Een harde kern ontstond doordat zwaardere bestanddelen zich in het centrum ophoopten; een watermantel omhulde deze kern. De lichtere bestanddelen van de waterlaag kwamen naar de oppervlakte, werden een olieachtige schil, en daarboven zweefde weer een gaslaag: lucht. Het element lucht kleefde aanvankelijk aan materiestofjes. Nadat deze hadden losgelaten, verzamelden ze zich boven op die olieachtige laag, zodat een vaste, vlakke aardkorst tot stand kwam. Door de zonnehitte scheurde de bodem en nadat de zondige mens de stortregens en zondvloed had veroorzaakt, spoelden de waterstromen de dalen uit en wierpen bergen op, eerst onder water. Zoals de bijbel leert was er één zondvloed.

John Woodward (1665-1728), die in Cambridge medicijnen studeerde, hoogleraar in Londen werd maar na 1709 als geneesheer een praktijk begon, deed ook plantenfysiologisch onderzoek (p. 395). Hij bevorderde het verzamelen van biologisch materiaal (vooral fossielen) en ontwikkelde in 1695 de diluviaal-theorie (Essay Towards a Natural History of the Earth), die hij in 1714 nader uitwerkte (*Naturalis Historia Telluris*).

Tijdens de zondvloed welden uit de diepten der aarde waterstromen op (Gen. 7, vs. 11). Het vasteland spoelde weg en de schelpen bleven op de bodem van de wereldzee liggen. Vervolgens bezonken de aarde en de stenen, de zwaarste rotsen het eerst, daarna de lichtere en zo bleef ten slotte een brij van fossielen en modder op het weer drooggevallen land achter, in lagen samengekoekt en versteend.

Deze visie inspireerde W. Whiston (1667-1752) tot een toelichting. Hij studeerde theologie in Cambridge en na enige functies als geestelijke werd hij Newtons opvolger (1703-1710) als docent voor wiskunde in Cambridge. Wegens Arianisme (ontkenning van de Godgelijkheid van het Woord en het bepleiten van logische studie van de bijbelinhoud, een leer die in de 3e-4e eeuw ontstond) werd hij in 1710 ontslagen. Maar hij bleef Ariaan. In 1696 verscheen Whistons A New Theory of the Earth. Het was hem gebleken dat de draaiing van de aarde begonnen was nadat Adam en Eva uit de Hof van Eden verjaagd waren en vervolgens begon de zondvloed op 18 november 2349 v. Chr. Whiston kon Newtons en John Rays stelling (Wisdom of God), dat alle dode en levende dingen in de natuur in dezelfde staat en toestand (condition) gebleven waren als toen zij geschapen werden bevestigen. De bijbelse gegevens verklaarden tevens waarom gewoonlijk fossielen weinig of niet van de huidige dieren verschilden. Die zekerheid zou een pijler worden van Lyells geologie (p. 1289).

In 1708 had Whiston uitgerekend dat een rakelings passerende komeet de Aarde twee uur lang met de damp van zijn staart omgeven had en daardoor openden de hemelse sluizen zich met het bekende gevolg. De aantrekkingskracht van de komeet had bovendien de vloeistofwatermantel van de aarde zo heftig omhoog gesleurd, dat de aardkorst scheurde en de waterbronnen des afgronds omhoog kwamen. Whiston kon nog nadere bijzonderheden berichten. Vóór de zondvloed gaf de hete aardkern zoveel warmte af, dat mens en dier tienmaal langer leefden dan tegenwoordig. Bovendien waren er tienmaal zoveel mensen en was de vruchtbaarheid tien maal groter. Bovendien ontstonden door die warmte talrijke bovenmatig levenskrachtige wezens. Zij gingen ten onder, want de warmte steeg naar het hoofd en verwekte bij mens en dier hartstochten en gewelddaden zodat ten slotte, als bestraffing, de zondvloed volgde.

Uit de gegevens die elders te vinden zijn (XII.24,25) blijkt dat de Britse geologen van de 17e en 18e eeuw met dezelfde problemen worstelden als de geleerden op het vasteland, die overigens de vraagstukken al veel eerder aangepakt hadden. Als grondlegger van de moderne, wetenschappelijke geologie in Groot-Brittannië verdient William Smith (1769–1839) erkenning, een kind uit een arm gezin en een geboren geoloog. Na een slechte opleiding mocht hij een landmeter gaan helpen en al doende leerde hij het vak zo goed dat hij in de volgende jaren met vrucht zelfstandig werkzaam kon zijn.

Hij gaf zijn ogen de kost en demonstreerde in 1790 de opeenvolging van verschillende fossielen in samenhang met verschillende aardlagen. In 1795 rangschikte hij, op verzoek van zijn vrienden, zijn veldwaarnemingen tabellarisch, hetgeen een historische opbouw van de aardkorst liet zien, op een blad papier uitgeschreven.

Smith had goed begrepen dat als de gelaagde aardkorst zich op de zeebodem gevormd zou hebben, achtereenvolgens lagen die onder meer verschilden door andere, versteende dierresten moeten zijn afgezet. Dan moet tijdens de afzetting van iedere laag ook een verschillende fauna moest hebben geleefd. De fossielen karakteriseren elke laag afzonderlijk en omgekeerd maakt dit identificatie mogelijk indien een laag geïsoleerd of in een andere geologische entourage ligt. De oorspronkelijke volgorde van de sedimentlagen in Engeland van Carboon tot Krijt kon Smith bepalen, afgaande op gidsfossielen. Twee geestelijken uit zijn geboortestreek (Oxfordshire), B. Richardson en J. Townsend, die fossielen als hobby verzamelden, determineerden de gidsfossielen van Smith.

De tabel die Smith samenstelde bestond uit een serie van 23 volksnamen van de opvolgende lagen, de gemiddelde dikte, de gidsfossielen en de plaatsen waar zij het best ontwikkeld en benaderbaar waren. De volgorde in de afzettingen bleek samen te gaan met opeenvolgende flora's en fauna's. De leeftijd van de Aarde zou wel tussen 100 en 300 miljoen jaar moeten zijn.

De groeiende belangstelling voor de aardegeschiedenis in Engeland (1807, oprichting van Geological Society) leidde tot vermenigvuldiging en verbreiding van het manuscript. Vier jaar later publiceerde Smith een grote geologische kaart van Engeland (1799), hetgeen hem zijn laatste cent kostte, en in 1815 verscheen zijn stratigrafie in druk. (A Delineation of the Strata...). Een kleine toelage van staatswege behoedde hem voor de uiterste armoede.

Smith volgde zonder zich rekenschap te geven, en als vanzelfsprekend, de grondwet van het uniformitarisme. Uniformitarisme is de 'invariant' dat overal in het universum – en dus ook op de Aarde – dezelfde natuurwetten onverkort van kracht zijn. De wet past zowel op de statische kosmosstructuur van de Oudheid als op de christelijke (en andere) theologische kosmogoniën.

In de biologie begeleidt uniformitarisme bij voorbeeld de theorie van de constante soorten in harmonie met een constante wereld, en in onze jaartelling de leer van een voltooide en volkomen schepping. Een leidende religieuze uniformitarist in het 18e-eeuwse Engeland was bij voorbeeld John Ray.

Het fysisch-chemische 18e-eeuwse materialisme bevestigde het aloude uniformitarisme zowel voor de dode als voor de levende natuur. Eenvormige, onveranderlijke natuurwetten, dezelfde causa's, overal en sinds het begin der tijden. Naarmate belangstelling en inzicht groeiden inzake ontwikkelingen in het verleden, transformisme van levende wezens, de historie van de aardkorst, vereiste de tijdcomponent van het uniformitarisme meer aandacht. Algemeen aanvaardde men het uniformitarisme voor plaats zowel als voor tijd en het werd een goede gewoonte de tijdcomponent van het uniformitarisme te

onderscheiden als actualisme. Dit leverde een grotere nauwkeurigheid op bij discussies over evolutie. Huttons werk toont dit al dadelijk aan.

Na een klein artikel in 1788, publiceerde de Schotse geoloog James Hutton (1726–1797) in 1795 Theory of the Earth. Hij gaf de geologie dezelfde methode die Buffon en Cuvier in Frankrijk voor de biologie ontwikkeld hadden: de morfologie van het heden is het instrument om het verleden te begrijpen. Hij schreef 'in examining things present we have data to reason with regard to what has been'. Daarmee werd het uniformitarisme actualisme. Zo'n vernieuwing is een bewustwording, een vanouds bestaande traditie die tot een formule komt en nieuwe greep geeft op natuuronderzoek. Toen Scheuchzer (in 1708) de zondvloed in 'mei' liet plaatshebben vanwege versteende uitspruitsels en J. Parsons (1705–1770) 'augustus' verkoos nadat hij bij Sheppy vele fossiele gerijpte tropische vruchten gevonden had (1757), pasten zij, gewoontegetrouw, de wet van het actualisme toe, die echter pas tot leven kwam na onder woorden te zijn gebracht. Daarna was actualisme een werktuig bij verder onderzoek; een schoolvoorbeeld is de werkhypothese bij de onderzoekingen over *generatio spontanea* (XII.18–20). Hutton formuleerde het actualisme.

De kern van de aarde, verklaarde hij, is een gloeiende, vloeibare massa. De aardkorst is de afgekoelde buitenlaag die dan ook dezelfde samenstelling heeft als de aardkern. Vulkanen zijn blaasgaten van de inwendige vuurhaard. De aardoppervlakte bestaat uit stollingsgesteenten, zoals bazalt, en afzettingen door de werking van water (zeebodem). Eens is de aarde door zee overdekt geweest en het water spoelde de oneffenheden van de gestolde aardkorst weg, zodat de sedimentlagen ontstonden.

De inwendige krachten die het centrale vuur uitoefent brachten de bouw en het uiterlijk van de aardkorst tot stand, processen die nu in gang zijn en die zich altijd hebben voltrokken. De vulkanische ventielen verhinderden ontploffingen en katastrofale, al te heftige aardbevingen. De immense wijzigingen die de oorspronkelijk horizontaal liggende sedimentlagen ondergingen, kwamen voort uit kleine veranderingen die elkaar opvolgden en voortzetten, geleidelijke wijzigingen die zeer veel tijd vergden. Samen zorgden zij ervoor dat de lagen kantelden en braken.

Huttons geologie is een combinatie van de aardvuurleer (plutonisme) en het neptunisme geïnterpreteerd volgens de leer der geleidelijkheid. Volgens het neptunisme is de aardkorst het resultaat van wateractiviteiten, een leer door A.G. Werner (1750–1817) verdedigd. Lyell nam in zijn standaardwerk Principles of Geology (3 delen, 1830–1833) de stratigrafie volgens Smith en Huttons beschouwingen over. Darwin volgde Lyell bij zijn verklaring van de ontwikkelingsgeschiedenis van de levende natuur.

36. Lyell maakt uniformitarisme de grondwet voor het verleden

Charles Lyell (1797, Angus, Schotland–1875, Londen) studeerde rechten, werd advocaat, maar een oogziekte belette hem het uitoefenen van een rechtspraktijk. Zijn vader, een vermogende Schotse landeigenaar, had hem weten te interesseren in natuurstudie en Charles, vrij van financiële druk, besloot zich aan de geologie te wijden. Zijn visuele moeilijkheden zouden dit verhinderd hebben, maar zijn vrouw stond hem zolang zij leefde onafgebroken ter zijde. Hij stierf blind, enige jaren na haar dood.

In Principles komt het zondvloedprobleem uitvoerig aan de orde. Overal ter wereld vertellen sinds de geschiedenis begon, overleveringen van rampen, van verwoesting en op-

bouw van het aardoppervlak, door vuur, door water; aldus Lyell. Steeds betreft het lokaal onheil, voor zover ze op werkelijkheid berusten. Zó behoort men de zondvloed te begrijpen. Vooral voor Stratoon (opvolger van Theofrastos, 2e eeuw v. Chr.) had Lyell onder de oude auteurs veel waardering, omdat hij het stijgen en dalen van de aardkorst onderkend en de gevolgen daarvan (zeeverplaatsingen) beschreven had. Vulkanen zijn een beveiliging en verstopt zijn ze gevaarlijk, leerde Stratoon.

Tot onze jaartelling had men ingezien, overwoog Lyell, dat het aardoppervlak voortdurend veranderde, maar zich nooit afgevraagd wanneer de mens en ook de plant- en diersoorten verschenen. Zijn boek nu wilde het verleden en de ontwikkelingsgang behandelen van de dode en de levende natuur, anorganische en organische veranderingen tezamen, een dynamische geologie. In 1838 nam Lyell de term 'palaeontologie' van Brongniart over.

Het uniformitarisme in wijde zin werd door Lyell verheven tot een wet die hij tot het uiterste ging toepassen. Een tweede natuurwet (invariant) is die der geleidelijkheid, traag veranderen door achtereenvolgende heel kleine wijzigingen door de eeuwen heen. Als werkmethode zal Lyell alle beschikbare feiten en onderzoekingen bestuderen en met die gegevens, de wetten van heden en verleden als gidsen, de geschiedenis van de aarde uiteenzetten.

Veel nadrukkelijker dan Hutton (wiens woord 'reason' Lyell in de formule 'principle of reasoning' omzette) voerde Lyell het actualisme in. Hij schreef: 'Geen andere causa's dan de huidige, welke dan ook, hebben ooit invloed op de aardgeschiedenis gehad en bovendien verschilde hun vermogen (degree of energy) nimmer met hun tegenwoordige vermogen.'

De aarde, besloot Lyell, is nu wat zij altijd was, nooit een gloeiende massa vloeistof. Van den beginne waren alle bouwplannen van de diergroepen in de levende wezens aanwezig en leefden dus zoogdieren en vogels.

Sinds 1828 had Lyell zich over transformisme beraden en nu deelde hij mee, dat Lamarcks bewering dat eens geheel andere dieren geleefd zouden hebben, als een fase van een voortgaande ontwikkeling, onjuist is. Ook heeft Lamarck zijn theorie over het ontstaan van organen nooit met enig bewijs gesteund, want hij bemoeide zich slechts met wijzigingen van datgene wat er al was. Lamarck moet men niet euvel duiden dat hij geen voorbeeld gaf van de verandering van de ene soort in een volgende want, overwoog Lyell, dat is tot nog toe nooit gelukt. Kortom, de Philosophie Zoologique is 'een roman, rijk aan fantasie.'

De katastrofenleer van Cuvier – sympathisanten in Engeland (de zgn. convulsionisten) waren o.a. Agassiz en Darwins leermeester in de geologie Sedgwick – werd door Lyell verworpen. Lokaal kan een vulkaan of een aardbeving wel een katastrofe veroorzaken, maar in Europa hebben water en wind het land gevormd, tijdens een koud 'diluvium', dat slechts enige duizenden jaren duurde. Gletschers waren er wel, maar destijds kwam op aarde niet meer ijs voor dan tegenwoordig. In later jaren aanvaardde Lyell schoorvoetend een ijstijdtheorie.

Hoe ontstonden soorten? Lyell gaf, althans voorlopig, de voorkeur aan een scheppende kracht (creative force) en was niet geneigd aan transformisme (transmutation) te denken. Ofschoon hij een vroeger bestaan van goed onderscheiden fauna's en flora's niet ontkende omzeilde hij dit feit, schreef er niet over en kende aan dat bestaan geen betekenis toe. Evenals Cuvier vermeed hij scheppingsproblemen bij zijn biologische overdenkingen. Wel discussieerde Lyell uitvoerig en tot in detail over factoren die de verbreiding van soorten beheersen, waarom dieren in aantal toenemen en soms uitsterven. Men zou zijn betoog

een vervolg kunnen noemen van Cuviers verklaring in 1826 (Discours).

> 'Voor het overige, ofschoon ik staande houd dat de rotsige afzettingen de beenderen van talrijke soorten bevatten die niet meer bestaan, beweer ik niet dat om de tegenwoordige soorten te doen verschijnen een nieuwe schepping noodzakelijk was. Ik zeg dat die dieren niet leefden op de plaats waar men ze nu als fossielen aantreft, en dat zij van elders gekomen moeten zijn.'

Elke soort werd geschapen, dacht Lyell, op de plek die voor hem geschikt was en vandaar, onder invloed van klimaat, voedselaanbod en het gedrag van andere dieren verbreidde de soort zich. Een wijziging van de klimaatfactoren of andere milieuveranderingen zullen sommige soorten bevoorrechten boven andere en de laatste zullen dan geen gelegenheid krijgen zich aan te passen, zoals Lamarck verklaarde. Als een meer in een moeras verandert staan moerasplanten gereed om het terrein dadelijk te overdekken en de tevoren aanwezige waterplanten sterven. Ze verdwijnen zonder een kans te hebben zich aan het nieuwe milieu, het moerasmilieu aan te passen.

Binnen een vaststaande grens kunnen soorten variëren en die grens is spoedig bereikt. Indien we proberen om dierlijke organismen over die grens heen te dwingen, dan sterft het dier en Lyell wees op de beperkte mogelijkheden van dieren om verschillende klimaten te verdragen. De huisdieren van nature voegzaam, waren geschikt om tam, om huisdier te worden, andere die even intelligent of nog intelligenter waren, bleven ongetemd, bewoners van de vrije natuur.

Vastliggende soortgrenzen bewijst het zeldzaam voorkomen van bastaarden en als een hybride vorm tot leven komt zijn zulke dieren steriel. De overeenkomstige vormen van embryonen van verschillende diergroepen bewijzen dat voor de gehele verzameling een gemeenschappelijk bouwplan geldt en bewijst niet dat de daartoe behorende dieren dezelfde oorsprong hebben, van dezelfde voorouders afstammen.

Onveranderlijke soorten zijn, voor wie straf uniformitaristisch denkt, de natuur eigen. Lyell, die in 1830 tot soortconstantie besloot, had echter de kwaliteit voor een degelijke feitelijke contra-argumentatie te zwichten en zijn mening te herzien. Na verloop van jaren en vele contacten met zijn vriend Darwin gaf hij, na verschijning van On the Origin of Species te kennen dat hij Darwins conclusies steunde. Hij bleef niettemin het uniformitarisme trouw en ik denk dat dit om de volgende redenen mogelijk was.

Lyells concept van de aardgeschiedenis was identiek met de *fysis* van de kosmos in de Griekse Oudheid: gelijkvormig (= statisch) en cyclisch. Hij koos als formule een Homerische taalfiguur toen hij het geheel der fossiele archieven karakteriseerde als een episode in een 'groots jaar' (great year), dat zich (cyclisch) herhaalt als eens 'de kolossale *Iguanodon* opnieuw in de bossen verschijnen zou, en de *Ichthyosaurus* in de zee, terwijl de *Pterodactyle* dan wellicht zou fladderen door de schaduwrijke boomvarenbossages.'

Dit concept van een stabiele wereld die zich tijdens de rondwentelende jaren wijzigt en herhaalt, laat transformisme (progressie en regressie, vice versa) als mogelijkheid toe. Variabiliteit binnen de soorten had Lyell al geconstateerd. Darwin – bioloog – overtuigde Lyell – geoloog met een levenslange belangstelling voor levende organismen – dat de variabiliteit soortgrenzen zou kunnen overschrijden en dat die, afgezien van de onzekerheid van soortgrenzen, nieuwe soorten zou doen ontstaan, opvolgers van de oude, terwijl toch de Lyellse wereldorde geen geweld werd aangedaan. Door gewijzigde eigenschappen onderscheiden de nieuwe soorten zich van de ouderlijke soorten, maar de geleidelijke voortzetting van de opbouw door kleine verschillen leidt in de organische wereld evenmin tot iets wezenlijk nieuws als in de anorganische. Het zijn kwantitatieve veranderingen die

niets anders laten zien dan wat vroeger, in gewijzigde gedaante, aanwezig was. Zo geïnterpreteerd steunde - naar mijn mening - Lyell het Darwinisme waarvan hij de consequenties niet doorzag. Het leidde niet, zei hij, tot materialisme en hij bedoelde daarmee te zeggen dat hij geen materialist geworden was.

De rechtenstudie had Lyell als rapporteur geschoold. Zijn rustige, duidelijk en uitvoerig toegelichte synthese van de geologie, voerend tot voorzichtige en stevig gefundeerde conclusies, maakte een diepe indruk. Hij werd in het Westen misschien wel de meest gezaghebbende 19e-eeuwse geoloog.

Vier jaar na de publikatie van Darwins Origin verscheen een verhandeling van Lyell over de geologie van de mens (Geological Evidence... Man; 1863). Variaties binnen soorten kunnen het begin van andere soorten zijn. Voorbeelden zijn voor Lyell fossiele insekten, tertiaire *Proboscoidea* (slurfdieren) en *Archaeopteryx*, het in de kalksteen van Solnhofen ontdekte, eerste fossiel van een vogelachtig reptiel (1861). Hij oordeelt ook dat de graad van intelligentie van opvolgende diergroepen door natuurlijke teeltkeus vergroot wordt. De overeenstemming tussen de anatomie van apen en van de mens, die Huxley bewezen had (XII.42), wilde Lyell zeker niet ontkennen. Er was een ijstijd en al vóór die periode leefden er mensen.

37. Erasmus Darwin en het levende filament

De grootvader van Charles Robert Darwin (en van Francis Galton, de statisticus) was de arts Erasmus Darwin (1731-1801), een inventief en lustig heer die volijverig aan Bacchus en aan Venus offerde totdat zijn leeftijd hem verplichtte zijn offervaardigheid tot een der twee genoemde godheden te beperken. Erasmus was dichterlijk biofilosoof en vertolkte zijn gedachten naar goed 18e-eeuwse stijl en gebruik op rijm en maat. Zijn boeken werden gaarne gelezen (bij voorbeeld The Botanic Gardens en The Loves of Plants; 1791 en 1789 en Zoonomia or the Laws of Organic Life, 2 delen; 1794 en 1796). Een manuscript The Temple of Nature, or, the Origin of Society verscheen in 1803 in druk, na zijn dood. Erasmische biopoëtische rijmelarij kreeg al tijdens zijn leven de bijnaam 'Darwinistisch'.

Charles bestudeerde als jongeman zijn grootvaders oeuvre. Het beviel hem niet - te veel vaagheden en te weinig feiten - en hij nam er, naar hij geloofde, niets uit over. Erasmus was een slordige denker, een zorgeloze stilist en schreef eigenlijk een overzicht van de 18e-eeuwse biologische opvattingen, op Frankrijk georiënteerd en aansluitend op de Engelse en Hollandse literatuur. Ook was Erasmus erudiet, breder belezen dan zijn kleinzoon. Omdat in de 20e eeuw vermoedens rezen dat zijn verdienste verdrongen zou zijn door de glorie van Charles en omdat door zijn nevelige uitingen bij sommigen de mening postvatte dat hij veel latere ontwikkelingen in de biologie voorvoelde, heb ik hem hierna wat plaats ingeruimd.

De natuur bestaat deels uit geest en deels uit materie, verzekert Erasmus. Van levende wezens bewerkstelligt geest de bewegingen. Spieren en zintuigen zijn uit contractiele vezels opgebouwd en de geest, die in hersenen en zenuwen verblijft, doet de vezels samenkrimpen. Geest is, direct of indirect, oorzaak van elke beweging van levende organismen. Deze ontstaan als volgt:

> '... alle dieren komen uit een overeenkomstig begin voort: slechts één levend filament. Hun verschillende gedaanten en vermogens zijn niets anders dan de gevolgen van verschillen in de prikkelgevoeligheid (ontvankelijkheid), of van het gedrag, of

van de neigingen van dit oorspronkelijke levende filament. Misschien hebben de vormen van de verschillende vloeistofdeeltjes die het filament in eerste aanzet tot activiteit opwekken ook enige invloed...'

De gedachte dat Erasmus' 'levende filament' een voorloper zou mogen heten van het 20e-eeuwse DNA is een welgezinde misvatting. Erasmus had van Willis' irritabele vezels gehoord en van Van Leeuwenhoeks spermatozoïden, en dit voerde tot een dichterlijk uitgangspunt voor alle levende wezens.

Elk dier heeft een eigen filament, karakteristiek voor elke grote diergroep. Het is mogelijk dat de grote diversiteit van diersoorten die nu de aarde bevolken berust op de vermenging van een klein aantal natuurlijke groepen (natural orders) zoals, voor wat de plantenwereld betreft, Linnaeus ook verondersteld heeft, maar, vervolgt Erasmus, een stabiliteit bleef niettemin bestaan. Dierlijke en plantaardige bastaarden (mules) die in staat waren zich te handhaven zijn de voorouders van de dieren- en plantenfamilies die nu leven. De bastaarden (mules) die met ondoelmatige geslachtsorganen ter wereld kwamen, gingen zonder nakomelingen te gronde, zoals Aristoteles heeft opgemerkt. Wij noemen die dieren tegenwoordig muilezels. Erasmus besluit:

'... als we overwegen hoezeer de bouw van alle warmbloedige dieren overeenkomt, viervoeters, vogels en amfibieën, en ook de mens, van muis en vleermuis tot olifant en walvis, moet men wel besluiten dat zij alle uit een overeenkomstig levend filament (a similar living filament) zijn voortgekomen.'

Na het statische bestel van de dieren- en plantenwereld geschetst te hebben, wijst Erasmus op de talloze, sinds onheugelijke tijden gekweekte, paarde-, honde- en huisdierrassen, die tot een bepaald doel gevormd werden en die soms zo veranderden dat de wilde soort waar zij van afstammen onherkenbaar is. Deze veelvormigheid, ontsproten aan een voor alle dieren gelijkvormig begin, is voor Erasmus een doorslaand bewijs dat embryonale groei door epigenese beheerst wordt en preformatie een denkfout is. Bedenk dat na verloop van tijd sommige dieren handen en vingers krijgen met een fijne tastzin: mensen. Tijgers en arenden echter krijgen klauwen, enzovoorts, de een dit en de ander dat. Het vereist epigenese. '... bovendien is het ook dagelijks aan de gedaanteverwisselingen (transmutations) van het kikkervisje te zien, dat poten en longen verkrijgt als het die wenst en zijn staart verliest als die niet langer dienstig is.'

Deze laatste aantekening past bij Diderot (XII.28; Lamarcks Philosophie was nog niet verschenen). Erasmus verhaalt ook van de tijdens het leven verworven eigenschappen, andere dan de normale, die aan het nageslacht worden doorgegeven.

'... allerlei vormen die mensen verkregen (forms of mankind) door de manier waarop zij zich eertijds inspanden of door de ziekten die door hun levensgewoonten ontstonden. De twee soorten vervormingen werden erfelijk als ze vele generaties lang voortduurden. Diegenen die met het aambeeld werken, met de roeiriemen, of die draagstoelen torsen, of die als koorddanser opgeleid werden, kunnen aan de vorm van hun ledematen herkend worden. De ziekten die dronkenschap veroorzaakt, misvormen het gelaat door zwerende bulten, of het lichaam door gezwollen ingewanden, of gewrichten door knobbels en vergroeiingen.' Kortom:

'... na hun eerste begin, of primordium, tot het einde van hun leven, ondergaan alle dieren voortdurend vormwijzigingen (transformations). Ten dele zijn deze het gevolg van eigen inspanningen, veroorzaakt door hun begeerten of afkeer, door hun genoegens of door pijn, of door gewaarwordingen of toeleg. Een groot aantal van deze verworven vormen of neigingen (propensities) worden aan hun nageslacht

doorgegeven...'

Gelijkheid van alle warmbloedigen en tevens verandering in de loop van de aardgeschiedenis brengen Erasmus tot het vermoeden dat misschien wel millioenen eeuwen vóór de mens verscheen, alle dieren uit één levend filament zijn voortgekomen. Dat oerfilament kreeg de dierachtige bezieling (endued with animality) door toedoen van de grootse eerste oorzaak ('GREAT FIRST CAUSE'). Deze gaf het filament het vermogen nieuwe lichaamsbestanddelen te vormen, samen met nieuwe neigingen, gewaarwordingen, wil en ontvankelijkheden, zodat het zich voortdurend verbeterde dank zij innerlijke werkzaamheid, en de verbeteringen aan nakomelingen kon doorgeven in de eindeloze loop der tijden.

Het geleidelijke evolueren van de soorten en genera der dieren werd toch door het tegendeel begeleid: gevolgen door grote veranderingen in het milieu. Als borstbeelden en medailles herinneren versteningen (petrifactions) van schelpen en planten ons aan het verre verleden. Al die resten verschillen van de tegenwoordige organismen, een bewijs voor de veranderingen. Amerika verscheen later dan het overige droge deel van de aardbol uit de oceaan en daarom zijn de tijgers en alligators in Amerika zoveel kleiner en minder sterk dan die dieren in Afrika en Azië, terwijl ook de inwoners van de Nieuwe Wereld door gebrek aan tijd geestelijk minder ver konden vorderen als gevolg van de inspanningen van de wil.

Waarschijnlijk heeft Platoon - zo vervolgt Erasmus zijn meditatie - de wederzijdse voortplanting (reciprocal generation) van lagere dieren waargenomen. Hij dacht daarom dat de mens en alle andere dieren in de eerste fasen van het bestaan van de wereld hermafrodiet waren en dat zij in de loop van de tijd in ♂ en ♀ gescheiden werden. Misschien zouden de borsten en tepels van alle ♂ viervoeters, die tegenwoordig als nutteloos beschouwd worden, die mening een beetje kunnen steunen (some shadow of probability). Linnaeus heeft de hengst van alle getepelde viervoeters uitgezonderd hetgeen zijn vroegere oorsprong zou betekenen, maar de heer J. Hunter (VII.29) heeft bij hengsten toch sporen van tepels gevonden. Dezelfde heer constateerde dat ♂ en ♀ duiven in de krop, die opzwelt, een melkachtige vloeistof afscheiden waarmee zij de jongen ten dele voeren. Dat lijkt toch wel heel sterk op ♀ viervoeters die jongen zogen want de doffer geeft melk zoals de duif.

Wijsgerige steun voor zijn visie ontdekte Erasmus bij David Hume (p. 461). Deze had generatie (voortbrengingsvermogen) van veel meer betekenis geoordeeld dan ratiocinatie (redeneervermogen) (Dialogues Concerning Natural Religion; 1779). Redelijk verstand (reason) kan een klok of een schip construeren, maar de voortplanting (power of generation) maakt de klokkemaker en de scheepsbouwer, zodat Hume als de voornaamste oorzaak van de totstandkoming van het universum 'generatie' aanwees en niet 'creatie'. Het scheen Erasmus heel goed mogelijk toe dat Hume, toen hij geconstateerd had dat het grootste deel van de aarde uit dierlijke resten bestaat - de kolossale lagen krijt, kalksteen, marmer zijn het residu van schelpen (shells of fish) en de uitgestrekte gebieden die uit klei, zandsteen, ijzererts en steenkool bestaan zijn plantenresten - tot zijn conclusie kwam.

Hume's leer, zoals Erasmus Darwin hem begreep, bevestigde zijn visioen. Al het leven op aarde 'zou dan van heel kleine primordia (beginnings) langzamerhand zich ontplooid hebben door de uitwerking van immanente eigenschappen (inherent principles), en niet door een plotselinge ontwikkeling (evolution) ten gevolge van een Almachtig *fiat*'.

Erasmus is verrukt. Een veel hogere macht is immers noodzakelijk om de oorzaak van

de oorzaken met hun gevolgen op te roepen dan zo maar aanwijsbare oorzaken met hun gevolgen. Hij ontwaart een overeenstemming (analogous) met de wassende voortreffelijkheid die in ieder deel van de schepping waarneembaar is. Denk aan de toeneming aan omvang van de aan het water ontworstelde grond, het bewoonbare deel van de aarde, en aan de toenemende mate van wijsheid en geluk der aardbewoners.

Een analyse van Erasmus' betoog - Buffon had hij zeer aandachtig gelezen en Hume niet begrepen - is voor ons onderwerp niet nodig. Van belang is dat hij omschrijft hoe aan het eind van de 18e eeuw de evolutieleer in brede kring leefde, dat die evolutie de hele natuur, dood en levend, beter, hoger, mooier maakt. Materialisme en deïsme waren door Erasmus' kijk op zaken verzoend.

Charles wilde niets van Erasmus' toonzetting weten, maar kon niet vermijden dat nu en dan zijn uitlatingen met die van zijn grootvader overeenstemmen. Het leidde zelfs tot verwarring. Het fameuze voorbeeld van de kwispelstaartende hond werd aan Charles toegeschreven, maar Erasmus had het zelf bedacht en verteld.

De reden waarom honden kwispelstaarten is de volgende. Hondevoorouders kwispelden niet, maar een van de voorouderlijke honden, meer intelligent dan de andere, bemerkte dat bij het ontlasten van de einddarm kwispelen met de staart een aangenaam gevoel teweegbrengt. Hij maakte van het kwispelen een gewoonte en het hondegeslacht dat de gewoonte van hem afkeek, kwispelstaart nu, heden ten dage, bij alle plezierige ervaringen.

Bij enig nadenken over Erasmus' theorie wordt al spoedig duidelijk waarom later de vergissing ontstond deze vondst aan Charles toe te schrijven (p. 1306).

38. Op de drempel van Charles Darwins synthese

Toen de 19e eeuw aanbrak had het evolutievraagstuk onder Westerse biologen de belangstelling van velen. Zestig jaar voor het verschijnen van het On the Origin of Species probeerden voor- en tegenstanders van vastliggende (geschapen) soortgrenzen met meer aandrang dan ooit tevoren, elkaar te overtuigen, zo ook in Duitsland. Het kan hier bij één voorbeeld blijven omdat Darwin slechts bij uitzondering van Duitse literatuur gebruik maakte.

Een dokter in Bremen, groot kenner van ongewervelde dieren, G.R. Treviranus, schreef een Biologie oder Philosophie der Lebenden Natur (6 delen; 1802–1822). Hij verklaarde (in 1802): 'In elk levend wezen schuilt de mogelijkheid talloze verschillende vormen aan te nemen. Elk organisme bezit het vermogen zijn bouw aan de wijzigingen van het milieu aan te passen. Soorten ontwikkelen zich zoals een individueel organisme en kunnen ook uitsterven.' Dit past zowel bij Lamarcks als bij Darwins overwegingen en het citaat introduceert de soort gezien als een populatie in de afstammingsleer.

Treviranus' uitlating was een reactie op een recent boek (1800) over biologische terminologie geschreven door een in Göttingen werkzame, zeer bekwame entomoloog, J.K.W. Illiger (1775–1815) die in 1810 directeur werd van het zoölogische museum in Berlijn. Illiger verklaarde dat: 'Hoezeer men er ook toe neigt te geloven dat de soorten van één genus uit een gemeenschappelijke voorouder zijn voortgekomen en door die voorouder aan elkaar verwant zijn, toch moeten wij dit standpunt als een onbewijsbare, ja, met het soorteigene strijdige stelling beschouwen totdat in de toekomst meer waarnemingen ons de sleutel tot het geheim van de natuur zullen leveren: hoe de natuur de soorten voortbrengt en hoe deze toevallig ontstane, en door inwerking van het milieu opgeroepen wijzigingen van

nature tot erfelijk constante nieuwe vormingen leiden.' Kennelijk wachtte men in Duitsland op Darwin.

We keren terug naar Engeland voor meer gegevens omtrent de voorgeschiedenis van het Darwinisme. W. Paley (1743–1805) studeerde in Cambridge (Christ's College) theologie en bracht het - in relatie met Cambridge - tot hoge functies in de Anglicaanse kerk. In 1802 verscheen zijn Natural Theology or Evidence of the Existence and Attributes of Deity. Het boek behoorde tot de theobiologie-literatuur (XI.33) die op het vasteland al lauweren geoogst had. Paleys fysico-theologie bleef niet achter bij zijn voorgangers. De 20e herdruk kwam in 1820 van de pers, voorzien van aanhangsels door geleerden van enig aanzien. Charles Darwin was met Paleys boek ten zeerste ingenomen. De gedetailleerde bewijsvoering beviel hem erg goed; hij kan er het model van zijn latere vertogen in herkend hebben. Darwin bevrijdde zich, dank zij zijn reis met de Beagle, van Paleys argumentaties. Paley wees op het voortbestaan van overschotten in de levende natuur. Talloze levende wezens gaan te gronde, ten nutte van de overlevenden, zodat een evenwichtige natuurlijke samenhang gaande blijft. Paley had het niet zelf bedacht maar het steunde allerlei theologische overwegingen. Malthus' gedachtengang sluit aan in 1803, en Darwins leer in 1859.

Van Leeuwenhoek had al heel lang geleden (in Engeland) de aanzienlijke overschotten in de produktie van de levende natuur ter sprake gebracht (p. 317) en Linnaeus had ook uitgelegd dat verkwistend natuurgedrag tot stabilisatie leidt (*Politia naturae*). Erasmus Darwin bezong in 1803 hetzelfde thema (The Temple of Nature) en Lyell stemde in.

Halverwege de 19e eeuw hadden biologen het dikwijls nodig geoordeeld het overschot, het te veel aan nieuwkomers in de levende natuur te verklaren. Zij voelden dat overschot als strijdig met een volmaakte schepping, een volmaakte natuur naar maat en getal.

Bezwaren tegen deze religieuze natuurbeschouwing waren al lang geleden geuit, zoals door G. Botero (1542–1617), een der eersten die bevolkingsstatistiek begreep en hanteerde, maar zijn theorieën bleven in omvangrijke Italiaanse folianten begraven. Misschien heeft Darwin Paleys vertogen begrepen als een aanzet van zijn eigen overlevingstheorie die weliswaar zoals Paley steeds opnieuw optredende overschotten constateerde maar tegelijk overleven aan selectie onderwierp.

Thomas Robert Malthus (1766–1834) schreef in 1798 anoniem, in 1803 grondig herzien en onder zijn eigen naam, een opzienbarende maatschappijleer die in 1817 al zijn vijfde druk beleefde: An Essay on the Principle of Population.

Thomas' vader was een leerling van Rousseau en dacht dat een gelijke verdeling van alle aardse goederen alle aardse mensen gelukkig zou maken. Zijn zoon studeerde theologie en vervolgens economie en deelde daarna dat optimisme niet meer. Mensen zijn zorgeloos, handelen onverantwoordelijk en verkwisten. Indien men zich zou weten te beheersen en onder meer nimmer een gezin zou stichten alvorens de financiële behoeften voor de toekomst verzekerd te hebben, zou de maatschappij een samenleving van gelukkige mensen kunnen worden. Daar moet men echter maar niet op hopen.

De mens, evenals de planten en de dieren, vermeerdert zich teugelloos. In de natuur sterft het teveel aan nakroost, door voedselgebrek of om andere redenen. In de menselijke samenleving blijven de nakomelingen daarentegen in leven, zodat een bevolking nagenoeg meetkundig in aantal toeneemt (2, 4, 8, 16 enz.). De voedselproduktie neemt echter bij benadering rekenkundig in omvang toe (2, 4, 6, 8 enz.). Overbevolking en voedselschaarste zijn de gevolgen die corrigerend werken. Een minimale populatie zal, na correctie, overleven. Honger, ziekte, ontucht, oorlog en te zware arbeid kenmerken en stabilizeren de men-

selijke samenleving en geen theorie of voorlichting zal het kunnen veranderen.

Darwin las Malthus in 1838 'bij wijze van tijdverdrijf' en werd gegrepen door diens berekening en conclusies. Wetmatig beslissen kwantiteiten over de kwantiteit van tot één soort behorende levende organismen. Door voedseltekorten overleeft slechts een gedeelte van de gewoonlijk excessief grote hoeveelheden nakomelingschap. Verhongerd sterven machteloze zieken en onbeholpen zwakkeren in de strijd om het bestaan. De besten blijven over, 'het beste' biologisch bemeten.

Adam Smith liet in 1776 (Inquiry into the Nature of the Wealth of Nations) de Britten weten dat wie op eigen voordeel gebrand is - en wie zou dat niet zijn? - zijn bezigheden zo zal sturen dat zijn produkten de hoogst mogelijke waarde zullen verkrijgen. In dit opzicht, en in veel andere opzichten, leidt een onzichtbare hand de producent tot het bevorderen van een doel dat hij oorspronkelijk zeker niet als oogmerk gekozen had. Smith legde het uit. Mensen die hun eigen voordeel najagen zijn, ongewild maar ongetwijfeld, van meer nut voor de samenleving zijn dan degenen die zich toeleggen, zo maar, op de verbetering daarvan. Een harmonieuze voorspoedige samenleving ontstaat gaandeweg, vooral indien de deelnemers slechts hun eigenbelang behartigen. Zichzelf van nut zijn heeft, als het algemeen tot leidend beginsel wordt, een evenwichtige welvaart als gevolg.

Deze theorie verbond Darwin aan Malthus' maatschappijleer en tezamen, zo besloot hij, doen zij zich gelden niet alleen in de menselijke samenleving maar ook in de levende natuur. In Ehrenbergs Die Infusionsthierchen (1838), waarin de verbluffende vermeerdering van de kleine organismen en de begeleidende vernietiging uiteen gezet werd, vond Darwin overtuigende voorbeelden.

Een klein boek dat in 1844 anoniem verscheen, Vestiges of the Natural History of Creation trok veel belangstelling. Om Darwins reactie op het boek te begrijpen is een uittreksel van de inhoud onontbeerlijk.

De auteur verdedigde het transformisme van levende wezens met behulp van vier soorten biologische gegevens: vergelijkend anatomische, embryologische, palaeontologische en biogeografische.

Levensverschijnselen waren vermoedelijk het gevolg van elektrochemische processen, in een ver verleden. Kiemen ontstonden die door zeer eenvoudige organismen, min of meer gelijkend op *Infusoria*, gevolgd werden en daarna kwamen diergroepen die opeenvolgend in steeds toenemende mate meer gestructureerd waren. Weekdieren, stekelhuidigen, schaaldieren, kraakbeenvissen, beenvissen, amfibieën, reptielen, vogels, buideldieren, zoogdieren; een aansluitende reeks. Groeperingen van verwante dieren herkent men aan hun gemeenschappelijk bouwplan. Het skelet van paarde- en mensebeen, de vogelvleugel, de zwempoten van zeehond en walvis, zegt de schrijver, zijn uit overeenkomstige botten samengesteld, een opbouw die bij alle zoogdieren dezelfde is. Evenzo de zes halswervels van giraffe, olifant en varken. Als de overeenkomstige delen schijnen te ontbreken zijn ze als rudimenten aanwezig (de slangepootrestjes, het bekkenbeen van de walvis enzovoorts).

Soms komen rudimenten in het embryo voor (tandresten in een walvisembryo). Groeifasen van een embryo van een hoger dier stemmen overeen met de bouw van volwassen lagere dieren. De schrijver noemt Serres (p. 850) die deze regel ontdekte. Uit een lange reeks voorbeelden kies ik: een kikker doorleeft een vis-fase (kikkerlarve met kieuwen), een zoogdierembryo heeft kieuwspleten, een vlinder een worm-fase (rups).

De fossielen steunen de ontwikkeling van dieren en planten van laag naar hoog. Oudere

groepen staan lager in de opklimmende reeks.

'Als we bedenken dat enerzijds het reptielentijdperk... tussen het vissentijdperk en het zoogdierentijdperk ligt, en anderzijds de reptielen in de zoölogische volgorde tussen die twee groepen in staan, kan men slechts vermoeden dat dit... uit een wet die organisch leven beheerst, voortkwam...'. Gelijktijdig met de dieren veranderden de planten, van Cryptogamen via de Coniferen naar de hoogst ontwikkelden, de Dicotylen.

De dieren met een gemeenschappelijke structuur zijn op verschillende continenten toch verschillend. Op eilanden ontbreken sommige diergroepen en zo ook in Australië waar niet anders dan Buideldieren en Tandlozen voorkomen. De theorie van verbreiding van een centrum uit samen met evolutie kan deze feiten verklaren. Een bijzondere schepping van alle diergroepen is onaannemelijk. Hoe zouden rudimentaire, onvolkomen organen in zo'n bijzondere schepping passen? Ook 'adaptaties' tussen soorten maken zo'n schepping onwaarschijnlijk. Zou de Schepper een bijzondere krabbefamilie, de heremietkrabben, geschapen hebben om in lege schelpen te gaan huizen? De buffelpikkers, vogels die zich uitsluitend met de huidparasieten van herkauwers voeden, zijn die voor zo'n leven geschapen?

Twee oorzaken wijst hij aan voor de organische evolutie: plotselinge, grote veranderingen tengevolge van een inwendige impuls, en kleine wijzigingen onder invloed van uitwendige factoren.

Dat niemand ooit zo'n plotselinge, grote verandering zag, is verklaarbaar, want zo'n voorval heeft hoogst zelden, in het verleden, plaatsgehad en de mens is pas een ogenblikje op aarde aanwezig. Zo'n grote sprongsgewijze verandering zou met het ontstaan van een monstruositeit vergeleken kunnen worden, zoals een remming tijdens de embryonale groei. Soms worden mensen met drie of twee hartholten geboren en dan gelijken zij, wat die eigenschap betreft, op reptielen (drie) of vissen (twee). Is het ondenkbaar dat de natuur die in zulke gevallen onthoudt, in andere kan toevoegen? Dat een vis met een reptielhart geboren zou worden of een reptiel met een zoogdierhart?

De kleine veranderingen van individuele dieren door uitwendige factoren zouden tegenstanders van evolutie misschien ontoereikend achten om een hele soort te veranderen, want het veranderde individu zal met onveranderde dieren paren. Afgezien van de mogelijke vererfbaarheid van de nieuwe eigenschap zal men in aanmerking mogen nemen dat in het verleden de dieren veel minder talrijk waren dan tegenwoordig. Veranderde dieren zouden zich van de overige groep in zijn geheel kunnen verwijderen en geïsoleerd blijven voortbestaan. Ook is het mogelijk dat de nieuwe vorm zodanig van de oude verschilt dat paring belemmerd wordt.

De mens is gekenmerkt door de algemene aard van zijn eigenschappen. Zijn verstandelijke vermogens en gemoedsaandoeningen komen in aanleg bij dieren voor. Elke poging om zijn afstamming te bepalen is prematuur, maar men kan vermoeden dat de mens van de mensapen afstamt en dat deze laatste hun oorsprong hebben in de groep van de Amfibieën.

Tijdens het leven van de schrijver, R. Chambers (1802–1871), bleven de herziene edities van Vestiges anoniem – Darwin werd zelfs genoemd als mogelijke auteur – en pas in 1884 kreeg de 12e druk Chambers' naam mee. Het hier gegeven uittreksel betreft de 10e druk (1853) die Darwin in Origin besprak.

Het publiek waardeerde Vestiges, maar deskundigen keurden het betoog af. Zij hadden goede argumenten. De schrijver was kennelijk geen vakman, zijn bewijsvoering dikwijls te vluchtig, zijn feiten waren vaak zwak en dikwijls hanteerde hij onjuistheden, zo schre-

ven zij. De stijl van het boek was te populair, de inhoud niet ernstig te nemen. Darwin, beter geschoold in evolutionistisch denken dan zijn vrienden, peilde de inhoud van Vestiges beter. Hij had een sluitende transmutatie-theorie onder ogen gekregen, met technische gebreken, maar niettemin een belangrijke redenering, steunend op de vier biologische disciplines die (later) de fundamenten voor zijn conclusies zouden worden. Vele kwesties die te berde werden gebracht hielden hem al geruime tijd bezig (en bleven biologen tot op heden bezighouden). Een lange lijst aantekeningen die Darwin maakte en bundelde getuigt van zijn grondige studie van Vestiges.

In hetzelfde jaar dat de eerste druk van Vestiges verscheen (1844) herschreef Darwin zijn eerste, korte opstel over evolutie uit 1842 en stuurde de vernieuwde, zesmaal zo omvangrijke tekst ter lezing aan zijn vriend J.D. Hooker. In Vestiges was van natuurlijke teeltkeus als agens voor het ontstaan van soorten nagenoeg geen sprake, maar, vroeg Darwin zich af, als de auteur Malthus zou lezen zoals hijzelf gedaan had, wat zou dan, misschien, in een volgende druk van Vestiges te lezen staan?

Darwin was levenslang bevreesd dat een of andere prioriteit hem afhandig gemaakt zou worden, want prioriteit bevorderde dat wat hij zo van harte begeerde: status en erkenning als een der leiders in natuurwetenschap.

Zijn bezorgdheid was gegrond. Wallace (XII.39) werd door Vestiges aangevuurd zich nader over het ontstaan van soorten te beraden. Diens reisgenoot Bates bestudeerde mimicry na de lectuur van Vestiges en publiceerde later over zijn bevindingen. Mimicry was een onderwerp dat Darwin sterk interesseerde en hoezeer Vestiges ook bekritizeerd werd, het boek werd aanleiding tot allerlei biologisch onderzoek.

In 1857 vroeg Darwin aan Asa Gray (p. 1325) per brief met niemand over natuurlijke teeltkeus te willen spreken, want anders zou bij voorbeeld de schrijver van Vestiges zich van die leer meester kunnen maken en dan zou hij (Darwin) te zijner tijd naar een slecht befaamd werk moeten verwijzen en dit zou dan weer de aanvaarding van zijn theorie door degenen van wie het oordeel voor hem (Darwin) slechts van waarde is, kunnen schaden.

De betekenis van de embryologie voor een evolutieleer, die met nadruk in Vestiges naar voren komt, vertolkte de mening van Darwin. 'Voor mij levert de embryologie de meeste feitelijke gegevens die de veranderlijkheid van de soorten ondersteunen' (1860), en in Origin: 'Agassiz en verscheidene andere, tot oordelen bevoegde deskundigen, vestigen de aandacht op het min of meer gelijken van de vroegere dieren op de embryonen van de huidige dieren van dezelfde klasse. Ook wijzen zij op het vrij nauwkeurig samengaan van de geologische opeenvolging van de uitgestorven vormen en op de loop van de embryonale ontwikkeling van de tegenwoordig levende dieren. Deze zienswijze past uitstekend bij mijn theorie.' In On the Origin of Species wijdde Darwin een bespreking van bijna een pagina aan het slecht befaamde werk om het als natuurtheologie af te wijzen.

39. Alfred Russel Wallace

Alfred Russel Wallace (1823–1913), opgeleid als technicus en vervolgens als onderwijzer werkzaam werd, ambteloos, een der grote biogeografen. Hij exploreerde als natuuronderzoeker en verzamelaar tussen 1848 en 1852 het Amazone-bekken. H.W. Bates (1825–1892) vergezelde hem en bleef na een jaar (1849) in Brazilië achter toen Wallace naar Engeland terugkeerde. In Nederlands Oost-Indië reisde Wallace tussen 1854 en 1862. Hij ontdekte een zoögeografische scheidslijn, de Straat van Makassar tussen Borneo en Celebes die

zich zuidwaarts tussen Bali en Lombok voortzet. De lijn van Wallace kreeg een blijvende plaats in de diergeografie; het is de grens tussen een fauna met overwegend Indische en een met overwegend Australische verwantschappen. Zijn onderzoek voortzettend stelde Wallace een diergeografie voor de gehele aarde samen, die de verbreiding van de uitgestorven en recente diergroepen als grondslag heeft.

Met publikaties en lezingen verdiende Wallace het dagelijks brood en een staatspensioen hielp hem door de jaren van ouderdom.

Het kon niet missen of hij zag in de Zuidoostaziatische archipel wat Darwin op de Galagapos-eilanden gezien had: de overeenkomsten en de verschillen in de levende natuur, de eilanden onderling en met het meest nabije vasteland vergeleken. Hij overwoog in dat licht de verschillen die de opstelling van fossiele reeksen mogelijk maakten. Tijd en plaats staan in samenhang met verwante diervormen. Wallace las wat Darwin gelezen had: Malthus en Chambers, en hij besloot dat een soort slechts kon voortbestaan als hij een strijd om het bestaan overleefd had. Dat vergt doeltreffende eigenschappen en de overwinning van de een veroorzaakt de verdwijning van de ander. De winnende soort, vernieuwd en beter toegerust, neemt de plaats van de vroegere in.

In 1855 formuleerde Wallace de Serawak Law (zo genoemd omdat hij het betreffende artikel, On the Law which has regulated the Introduction of New Species, uit Noord-Borneo, Serawak, naar Engeland stuurde). De Serawak-Wet luidt: Bij het ontstaan van iedere soort was ter plaatse een nauw verwante, nu verdwenen soort betrokken.

Darwin heeft de Serawak Law bestudeerd, waarschijnlijk hetzelfde lang vóór 1855 en Wallace bedacht, de wet toegepast en Wallace's 'ingenious paper' terloops genoemd (Origin; 1859: 355).

Op 9 maart 1858 verzond Wallace uit Ternate een brief aan Darwin, de Ternate Letter, die als alle tekenen niet bedriegen, op 3 juni in Engeland arriveerde. Het was een opstel gebaseerd op Wallace's veldwaarnemingen en het snippertje literatuur dat hem ter beschikking stond. In de Ternate Letter zag Darwin, tot zijn ontsteltenis, zijn theorie, gebouwd op twintig jaar volhardend onderzoek, door Wallace omschreven. Ik verwijs naar Van den Bergs verslag (1984, p. 21–25) voor de gegevens die ertoe leidden dat op 1 juli 1858, op aandrang van Lyell, Hooker en Darwin 'de afstammingsleer op basis van de struggle for life... namens twee onafhankelijke onderzoekers, gelijktijdig en officieel, tijdens de zitting van de Linnean Society te Londen in de openbaarheid [werd] gebracht.'

Een morele beoordeling van de gang van zaken laat ik achterwege: voor mijn biologiehistorie is van belang hoe Darwins leer zijn inhoud en vorm kreeg. De vergadering op 1 juli is beslissend voor het juiste begrip.

In Wallace's Ternate-artikel stond alles, in korte trekken maar met dezelfde termen, wat Darwin geconcludeerd had. Nog belangrijk meer, namelijk 'the principle of divergence.'

> Wallace schreef 'We menen te hebben aangetoond dat in de natuur een neiging (tendency) variëteiten van een bepaalde aard, voortdurend meer en meer van de beginvorm doet afwijken – een toenemende afwijking die naar het schijnt geen aanleiding geeft om ergens enigerlei vaststaande begrenzing aan te wijzen... Deze toenemende verandering die met heel kleine stapjes en in allerlei richtingen, maar steeds gecontroleerd en in evenwicht gehouden door de vereiste levensvoorwaarden – want die beslissen of voortbestaan al dan niet kan plaatsvinden – mag naar mijn overtuiging gezien worden als de factor die al de verschijnselen welke organismen ons tonen, hun uitsterven en opvolging in vervlogen tijden, en al de uitzonderlijke

modificaties van gedaante, instinct en gewoonten die zij aan de dag leggen, verklaart.'

Korter en duidelijker: levende wezens wijzigen zichzelf van nature, en de kleinigheden versterken elkaar, zodat op den duur een geheel anders gevormd organisme tot leven komt, omdat de opvolgende variaties soortgrenzen overschrijden. Het milieu richt die evolutie, een evolutie die steeds streeft naar diversificatie.

Aan dit 'principle' had Darwin geen, of onvoldoende aandacht geschonken en het schijnt mij rechtstreeks verklaarbaar. Allereerst: hij geloofde niet aan soorten. Lyell, Hooker en Wallace wèl. Daarom werd een 'extract' uit een brief van Darwin aan Asa Gray (5 september, 1857, bovengenoemd) aan Darwins Sketch of 1844 toegevoegd en óók ter vergadering op 1 juli 1858 voorgelezen. In de brief staat een zinsnede die de aanwezigen als een benadering van Wallace's 'principle' konden beschouwen (maar die interpretatie is in tegenspraak met Darwins brief op 8 juni, 1858, hierna genoemd).

Een tweede oorzaak voor Darwins omissie in de Sketch zou zeer wel zijn tegenzin kunnen zijn om ter verklaring van de levensverschijnselen en transmutatie enigerlei immanente drang of neiging (tendency) in overweging te nemen. Uitwendige factoren en het daarmee samengaande automatisme hadden nadrukkelijk zijn voorkeur.

Wallace's Ternate Letter constateerde dat met of zonder erkenning van soortgrenzen een principle of divergence onmisbaar voor elke evolutietheorie was. Daarom schreef Darwin, nadat Wallace's brief Engeland bereikt had, aan Hooker op 8 juni 1858 dat hij nu 'opeens' de 'missing keystone' gevonden had. Hij schreef niet dat hij over die keystone in zijn brief aan Asa Gray in 1857 al gecorrespondeerd had omdat het toen over 'natural selection' ging en niet over het 'principle' zoals velen na het voorgelezen briefcitaat op de beroemde vergadering van de Linnean Society op 1 juli echter geloofden.

Twee conclusies na de 1 juli vergadering. Th. Bell, president van Linnean Society, oordeelde in zijn jaarverslag over 1858 dat in dat jaar in het geheel geen noemenswaarde ontdekkingen 'die de tak van wetenschap waar zij betrekking op hebben, grondig wijzigen', bekend waren gemaakt. Dat klopt.

Op de agenda voor 1 juli stond een voordracht van Bentham over de onveranderlijkheid (immutability) van soorten. Deze werd geschrapt om plaats te maken voor het tegengestelde, een tweelingvoordracht over veranderlijkheid. Voor Bell was dit niet schokkend, evenmin voor de geleerde wereld in het algemeen, want sedert een eeuw was, met stijgende frequentie, transformisme een onderwerp voor biologische discussies. En als tweede conclusie: Darwin moest nu haast maken, want anders zou geen manoeuvre zijn prioriteit - waar hij in alle redelijkheid op grond van twintig jaar gericht en zorgvuldig onderzoek aanspraak op had - kunnen redden. Lyell en Hooker drongen aan. Op 24 november 1859 kwam On the Origin of Species van de pers.

40. Charles Robert Darwin

Charles Robert Darwin werd in 1809 te Shrewsbury geboren, het vijfde kind in een welvarend doktersgezin. Hij ging naar de streekkostschool (Shrewsbury School) en kreeg daar de gebruikelijke opleiding, waarbij hij met sportprestaties aanvulde wat hij in het talenprogramma rijkelijk te kort schoot. Hij verzamelde insekten (kevers) en deed - dat was minder gebruikelijk - samen met zijn broer jongensproefjes over chemie. In Edinburgh ging hij vervolgens medicijnen studeren, maar aan anatomie had hij een hekel (unbearably

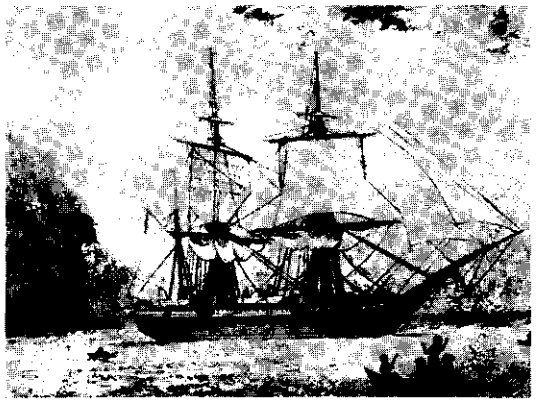


Fig. 95. De Beagle, de brik met tien kanonnen, waarmee Darwin zijn wereldreis maakte (1831-1836).

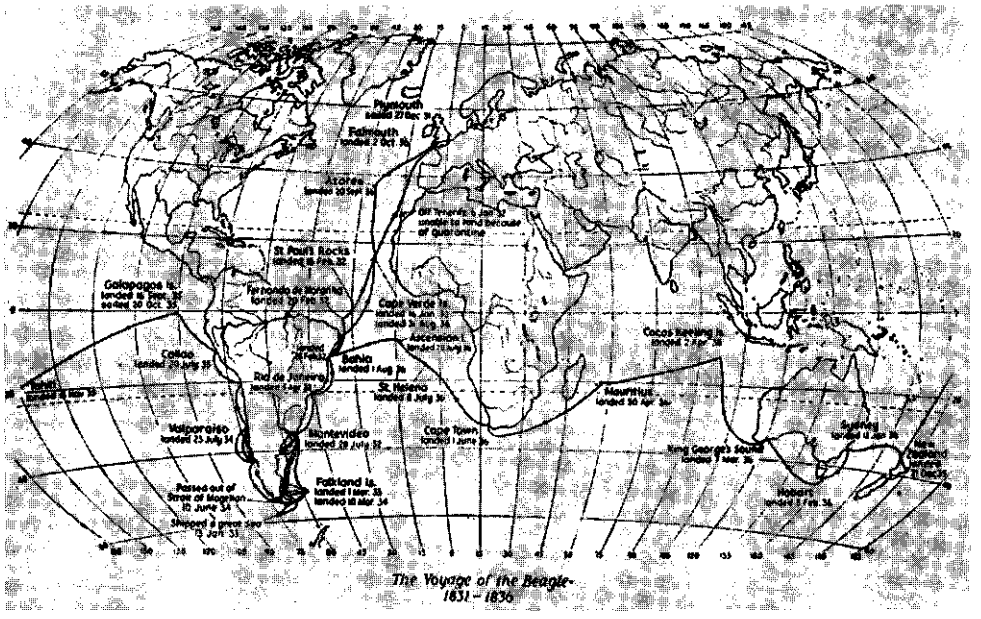


Fig. 96. De door de Beagle gevolgde route. Darwins reisverslag bleef niet alleen boeiende lectuur, maar kreeg bovendien grote waarde als bron van informatie over de levende natuur (met inbegrip van de mens), op afgelegen eilanden en langs verre kusten in de eerste helft van de 19e eeuw, dus lang voor de 20e-eeuwse verwoestingen hadden plaatsgevonden.

Darwins wetenschappelijke taak was vooral geologisch. Zijn aandacht voor de planten en dieren kreeg geleidelijk de overhand. De collecties die hij naar Engeland bracht waren bescheiden van omvang en van te weinig nauwkeurige gegevens voorzien, ongetwijfeld tekorten die mede te wijten waren aan de erbarmelijke accomodatie aan boord. Niettemin, de botten en schilden van een dozijn Galapagos schildpadden, die als proviand werden meegevoerd, hadden samen met de gegevens over de geografische herkomst bewaard kunnen worden indien men gewild had, dat is, indien het belang daarvan begrepen zou zijn.

De naturalia werden door R. Owen (fossiele zoogdieren), G.R. Waterhouse (levende zoogdieren), J. Gould (vogels), L. Jenijns (vissen) en Th. Bell (reptielen) bewerkt. Waterhouse, Wallace, Newman en White bestudeerden de insekten. Darwin redigeerde de uitgave van deze studies in het verzamelwerk The Zoology of the Voyage of H.M.S. Beagle. J. Hooker en J.S. Henslow (hogere planten) en Berkeley (cryptogamen) verzorgden de plantentaxonomie. Darwin zelf beperkte zich tot de geologie en schreef over de bouw en het voorkomen van koraalriffen, over vulkanische eilanden en over de geologie (vulkanisme) van Zuid-Amerika.

dull), Latijn interesseerde hem niet en van het chirurgisch bedrijf gruwde hij. De studie mislukte (1825–1827), maar hij hoorde over Lamarcks leer van R. Grant, de in Edinburgh werkzame zoöloog. Hij vertrok naar Cambridge en probeerde de theologie (1827–1831) hetgeen na drie jaar tot een eerste examen leidde. Daar bleef het bij en Darwin beschouwde zijn jaren in Cambridge als verloren tijd, hetgeen een onjuiste conclusie mag heten. Hij was een hartstochtelijke jager op vogels, miste geen seizoen en zijn schietoefeningen kwamen later goed van pas op zijn reis met de Beagle toen hij vogelcollecties maakte. Bovendien kreeg hij in Cambridge de kans voor een goed onderricht in geologie en botanie.

De hoogleraar in de geologie te Edinburgh (R. Jameson) was een volgeling van A.G. Werner (1744–1817), een geoloog verbonden aan de Bergacademie Freiberg (Leipzig), die de Neptunische theorie ontwikkelde: de aardkorst door water(stromen) van vormen voorzien (XII.35). Darwins bijzondere talent voor geologie liet hem al spoedig ontdekken dat die leer, althans in zijn algemeenheid, onhoudbaar was. Met A. Sedgwick (1785–1873), die inwendige aardkrachten als lokale aardkorstvormende factoren aanwees, kon Darwin (in Cambridge) veel gemakkelijker instemmen. De resten in de aardlagen bewijzen, overwoog Sedgwick, een toenemende graad van perfectie of organisatie (progress) in het verleden: een scheppend vermogen manifesteert zich door een geleidelijk hoger wordende ontwikkeling van de organismen. Die stap voor stap hogere niveaus van de dierenwereld komen zeker niet tot stand door een veronderstelde transmutation, maar door toevoegingen aan het geschapene. Sedgwick voegde de praktijk bij de theorie door Darwin mee te nemen op een geologische excursie in Wales gedurende enige weken.

Nog belangrijker waren voor Darwin zijn excursies met de Cambridge-botanicus J.S. Henslow (1796–1861). Samen met hem maakte hij collecties insekten en planten, en Henslows inspirerende onderwijs heeft Darwins kennis van en liefde voor planten aanmerkelijk vergroot.

Henslow hoorde van een reis om de wereld, in opdracht van de Admiraliteit te ondernemen door Her Majesty's Surveying Sloop Beagle, om cartografisch onderzoek te doen, vooral langs de Zuidamerikaanse kust en om naturalia te verzamelen. Als 'naturalist' zou de scheepsarts R. McKormick fungeren. De gezagvoerder, R. FitzRoy zocht een reisgenoot als gezelschap – McKormick kwam als scheepsarts daarvoor niet in aanmerking – en op aanbeveling van Sedgwick en Henslow zou Darwin de reis (ongesalarieerd) mogen meemaken met de vrijheid de natuurlijke historie te behartigen. Geholpen door zijn oom, J. Wedgwood, de rijke porseleinfabrikant, wist Charles zijn vader te bewegen toe te stemmen in de wereldreis.

Eind December 1831 zeilde de Beagle uit, koers Zuid-Amerika via de Kaap Verdische eilanden, rond Kaap Hoorn, Vuurland, de Galápagos Eilanden, naar Sydney, Mauritius, zuidelijk Afrika, St. Helena en de Azoren. Op 2 oktober 1836 meerde de Beagle in Falmouth af na een reis van circa 5 jaar, waarvan 3½ jaar in de kustzone van Zuid-Amerika.

FitzRoy was 26 toen de Beagle uitvoer, Darwin 22. FitzRoy wilde de reis van de Beagle volop gebruiken voor biologisch onderzoek en hij verwachtte een jonge theoloog als reisgenoot met wie hij bijbelse kwesties zou kunnen bespreken: hij hoopte de maten van de Ark te kunnen uitrekenen. Vergezeld van een bediende kwam een vriendelijke, bescheiden man aan boord, die de bijbel bepaald niet als een bron van inspirerende informatie beschouwde. Voor een verslag van de reis behoort men allereerst Darwins rapport te lezen (Journal of Researches... Beagle; 1839).

De Beagle was circa 30 meter lang, had 74 personen aan boord en Darwin kreeg een heel klein slaaphokje tegen de achtersteven waar elk comfort ontbrak; hij was dikwijls

zeeziek. Een microscoopje en een paar boeken waren zijn wetenschappelijke uitrusting. Eén boek, het eerste deel van Lyells Principles, dat hij bij zijn vertrek van Henslow cadeau gekregen had, werd hem vooral dierbaar en zijn bewondering en genegenheid voor Lyell, zijn 'wonderful superiority', gaf hij meer dan eens te kennen. Darwin miste geen kans om tochten over land te maken. De langste en belangrijkste van 27 april tot 7 juli 1835 begon op de Chileense kust.

In Brazilië onderging hij op 28 februari 1832 de overweldigende indruk van een eerste bezoek aan een tropisch regenbos. In Argentinië vond hij rijke fossielbedden en hij verzamelde een massa skeletdelen van een verbazend gevarieerde, uitgestorven fauna, met vele grote zoogdieren (olifant, paard, reuzengordeldier, kameelachtigen enz.). De oogst stimuleerde de debatten met FitzRoy, die een aanhanger was van de zondvloedtheorie (p. 1253).

Een beschouwing van Darwins prestaties gedurende de reis van de Beagle moet uitgaan van het feit dat Darwin zich geoloog voelde en dat geologie zijn opleiding wat natuurwetenschappen aangaat, vrijwel bepaald had. Van enige ankerplaatsen uit zond hij verzameld materiaal naar Engeland. Kenners vonden de geologie collecties goed en de overige naturalia-collecties middelmatig. Deze lauwe beoordelingen worden door de historie van het bezoek aan de Galápagos Archipel bevestigd.

De Galápagos Eilanden - ze moeten nu Archipielago de Colon heten - zijn tien vulkanische vrij kleine eilanden te midden van talrijke bodemverheffingen in de Stille Oceaan, 1000 km verwijderd van de kust van Ecuador. De koude Humboldtstroom maakt het heersende woestijnklimaat (voorjaarsregens) subtropisch. De geologie is voor alle eilanden dezelfde; de flora bestaat hoofdzakelijk uit Euphorbiaceae en Cactaceae. Veel plant- en diersoorten zijn identiek met de Chileense (zij kunnen met drijfhout zijn aangespoeld) en veel soorten zijn endeem, leven uitsluitend op de eilanden. Het landschap is heel bijzonder, woest, als betoverd. Darwin bleef er van 16 september tot 20 oktober 1835, dat is een maand lang verzamelen en waarnemen. Hij zag de vreemde, in de branding zwemmende hagedisachtige reptielen, en de grote logge schildpadden drentelend op zoek naar voedsel. Te gast bij de vice-gouverneur hoorde Darwin hoe de vissers (en hijzelf) de schildpadden konden onderscheiden. De meeste eilanden hadden een eigen schildpadvorm.

De vogels op de eilanden ving en prepareerde Darwin zo veel en zo goed hij kon. J. Gould (1804–1881) was tuinknecht in Windsor Castle geweest en werd door zijn talent en zelfstudie Conservator van de vogelcollecties in het Brits Museum geworden. Hij verzamelde vogels in Noord-Australië (1838–1840) en kreeg de opdracht Darwins vogels te identificeren en te beschrijven. Toen hij Darwin terug in Engeland, bezocht maakte Gould hem attent op de vinken van de Galápagos Eilanden: het woongebied van meer dan een dozijn nauw verwante soorten met Zuidamerikaanse connecties (*Geospizinae*). Vooral de snavelvormen zijn karakteristiek: breedsnavelige zaadeters en spitssnavelige insekteneters. Gould wilde weten welke exemplaren Darwin per eiland bemachtigd had. Het bleek dat geen aantekening gemaakt was van het eiland waarop een vogel gevangen werd en Darwins poging om uit indirecte gegevens de vindplaats af te leiden mislukte. Gould schreef deel III, Birds, van de Zoology of the Voyage of H.M.S. Beagle (1841).

Tijdens zijn bezoek had Darwin niets bijzonders opgemerkt over de levenswijze en de lichaamseigenschappen van de gevangen vogels. Hij had integendeel verklaard dat de levenswijze van alle Galápagosvinken dezelfde was. Pas veel later kwam, door nader onderzoek ter plaatse, de correlatie tussen voorkomen, snaveleigenschappen en levensgewoonten aan het licht en werden de Galágaposvinken een schoolvoorbeeld ter toelichting van het Darwinisme.

Men mag Darwin het niet-detailleren van zijn vinkencollectie niet zwaar aanrekenen. In 1835 was een zo nauwkeurige opgave van de plaats van inzameling als thans vereist nog weinig gebruikelijk. Omgekeerd is het echter niet gewettigd de Galápagosvinken van de naam 'Darwinvinken' te voorzien zoals pleegt te gebeuren, want dit suggereert een kennis van zaken en vorm van belangstelling voor de vogels die Darwin uit eigener beweging niet had. In zijn samenvatting van Darwins leven en werk (met bijbehorende literatuur) citeert A.C. van Bruggen (1982: 420–426) F.J. Sulloways treffende mededeling, dat Darwin zo van enig begrip verstoken was welke unieke gegevens de Galápagosfauna aanbood, dat hij alle levende schildpadden die de Beagle meenam als victualiën beschikbaar stelde en na de versnapering de botten en de schilden overboord liet gooien.

Naar billijkheid oordelend moet men bedenken dat – zoals gezegd – Darwin als geoloog reisde, met belangstelling voor de levende natuur en dat zijn collecties van levende wezens een 'extra' waren. Na zijn terugkeer hadden zijn werk en zijn vrienden hem dan ook de weg voor een leven als geoloog geëffend. In 1838 werd hij benoemd als bezoldigd secretaris van de Geological Society. Darwin was echter als geoloog op reis gegaan maar kwam als bioloog terug. Het boek over het ontstaan, de bouw en het voorkomen van koraalriffen – een studie naar Lyellse trant: de anorganische en organische natuur samen in een langzame en geleidelijke ontwikkeling – dat in 1842 verscheen (hereditie 1874) vestigde Darwins reputatie als een vooraanstaande bioloog.

Na zorgvuldig beraad besloot hij zijn zeer gefortuneerde nicht, Emma Wedgwood, te trouwen (januari 1839). Emma was een streng gelovige, Victoriaanse, kleurloze vrouw, een zorgzame echtgenote die niet in zijn werk geïnteresseerd was. Zij overleefde hem enige jaren. De Darwins kregen 10 kinderen (drie stierven jong). In hetzelfde jaar (1839) gingen Darwin en de zijnen buiten wonen, in Down (Kent) na aankoop van een fraai landhuis met grote tuin, Down House, op ruim 30 km van Londen gelegen. Reizen van enig formaat bleven verder achterwege. Tijdens de veertig jaar dat Darwin in Down woonde bezocht hij eigenlijk alleen Londen, met onregelmatige tussenpozen. Levenslang leed hij aan een ziekte die zich misschien al vóór de Beagle vertrok, openbaarde. Het was zeker ten dele een psychisch-somatische ontregeling die hem tot een rustig, huiselijk bestaan dwong. Spoedig vermoeid liet Darwin zich in de regel voorlezen en hij dicteerde zijn gedachten (zoals Plinius dat eertijds gewend was).

Kort na terugkomst van de reis om de wereld begon Darwin zijn eerste Note Book met gegevens over 'transmutation' te vullen, de voorbereiding voor een omvangrijk werk dat hij zich voorstelde te schrijven (1837). De lectuur van Malthus bevorderde zijn werkprogramma ongehoord (1838) en hij schreef een eerste opstel in 1842. Ik vermeld elders (p. 1297) zijn studie van Chambers en het uitbreiden van het opstel tot het Essay van 1844. Tevens stelde hij verhandelingen samen over de geologische bevindingen tijdens de reis van Beagle (1844, 1846). Een taxonomisch-morfologische monografie van zeepokken en eendemossels (subclass *Cirripedia*) publiceerde hij van 1851–1854, een degelijke, gedetailleerde studie met talrijke nieuwigheden. In latere jaren vroeg Darwin zich af of dit onderzoek wel de tijd en moeite daaraan besteed, loonde. Naar mijn mening was dit methodische vergelijkende onderzoek van een grote diergroep met een zeer merkwaardige morfologie en levensgewoonten een onmisbare scholing voor zijn toekomstige werk.

Niet gehaast, onvermoeibaar, nauwkeurig en nooit voldaan verzamelde Darwin feiten, informatie en gegevens, in de literatuur, bij dierenfokkers, door eigen huis- tuin- en keukenproefjes. Pro en contra afwegen, heroverweging, schatting van tegenindicaties, zelf gevonden of door anderen aangedragen, cumulering van details: het zijn de karaktertrek-

ken van zijn werk. Hij stileerde zorgvuldig, argumenteerde ingetogen, schreef hoffelijk over tegenstanders.

Gebeurtenissen en gegevens met betrekking op de voorbereiding en verschijning van On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life (24 november 1859) kwamen al ter sprake (p. 1301). Tussen 1860 en 1872 volgden nog vijf herziene edities van Origin. De zesde druk (1872) was de laatste die Darwin zelf verzorgde.

Boeken, gedeeltelijk gebundelde aantekeningen die in Origin geen plaats konden krijgen en gedeeltelijk nieuw geschreven en die als vervolgen van Origin kunnen gelden, zijn The Variation of Animals and Plants under Domestication (1868), The Descent of Man (1871) en The Expression of Emotions in Man and Animals (1872).

Darwins theorie (Origin) is een door zijn grondslagen atheïstische theorie en werd door velen terecht zo begrepen. Darwin zelf formuleerde zijn teksten zo dat voor andersdenkenden ruimte overschoot voor een deïstische uitleg. Hijzelf beweerde agnost te zijn. Een analyse van zijn uitlatingen bewijst evenwel spoedig zijn verheimelijkte voorkeur voor het atheïsme, ofschoon hij in moeilijke gevallen – zoals het ontstaan van uiterst perfecte organen, in het bijzonder het zoogdieroog, of het begin van leven op aarde – vermeed de kwestie ernstig in overweging te nemen en met zijdelingse en vage allusies de lezer vrijheid gaf naar believen zijn meningen uit te leggen. Géén schepping en géén Schepper, maar een lauwe erkenning: 'Ik voel mij genoodzaakt een Eerste Oorzaak te onderstellen die een Rede (intelligent mind) bezit, enigermate vergelijkbaar met die van de mens.'

Darwin 'voelde zich genoodzaakt': waarom eigenlijk? Wat is 'enigermate vergelijkbaar' en als dan bij uitzonderlijke resultaten van de Darwinse evolutie een First Cause ter sprake moet komen, waarom liet Darwin dan na mee te delen of en waarom die Cause zich al dan niet om de ontwikkeling van de levende natuur bekommerde? Wat verrichtte die 'intelligent mind', die Darwin toch moest denken te bestaan, dan eigenlijk, vroeger of nu? Hij gaf er geen antwoord op, verklaarde zich agnost en liet het daarbij ofschoon deze vraagstukken het hart van het Darwinisme raken. Erkenning van een First Cause en ontkenning van de betrokkenheid daarvan bij de (levende) natuur is de botsing die Darwin uit de weg ging. Met behulp van vage formules liet hij zijn aanhangers vrij naar eigen voorkeur te interpreteren. Het probleem werd, niettemin een kernvraagstuk in de biologie van de 20e eeuw. Hierna komt het nogmaals ter sprake. Thans keren wij terug naar Darwins levenswerk.

Uitstekend biologisch onderzoek – waarneming en experiment – op andere terreinen dan evolutie verrichtte Darwin over orchideeënbestuiving (1862), insektenetende planten (1875), klimplanten (1875), kruis- en zelfbestuiving (1876), bloemvormen binnen één soort (1877), plantbewegingen (1880) en ten slotte de beroemde studie over de bodemverbeterende aardwormen (1881). Hij was 73 jaar oud toen hij zijn laatste wetenschappelijke mededeling uitbracht ter vergadering van de Zoological Society of London (over sexuele selectie onder Syrische straathonden). De lijst van Darwins publicaties omvat meer dan 20 boeken en 150 artikels.

Hij werd op 26 april 1882 in Westminster Abbey bijgezet.

41. Darwinisme

Vele malen verwees Darwin naar 'my theory'. Een overzicht van Darwins theorie die Darwinisme zal heten, volgt zo dadelijk. Vooraf zij gezegd dat de theorie geen element bevat dat niet al eerder en bij herhaling door anderen ontdekt of bepleit was. Voldoende bijzonderheden om deze uitspraak te schragen zijn in de vorige paragrafen gegeven; ik merk op dat enige auteurs uitvoeriger dan ik over voorlopers van Darwin schreven. Geen groter vergissing echter dan geloven dat Darwin al dan niet met opzet, zich van geestelijk eigendom van anderen zou hebben meester gemaakt. Het Darwinisme is Darwins eigen theorie omdat hij die samenstelde uit weliswaar vroeger beschreven componenten, maar daarmee een nieuwe samenhang construeerde die door zijn reikwijdte en vermogens een kracht kon ontwikkelen die aan andere evolutietheorieën ontbrak. Het vigoureuse, inspirerende Darwinisme gaf door zijn theoretische structuur en door een voortschrijdende reeks kalm verantwoorde feiten, een overstelpend aantal, de ontwikkeling van de biologie een impuls zoals nog nooit tevoren. Geen evolutietheorie heeft zich, voor en na Darwin, met het Darwinisme kunnen meten in logische samenhang en omvang van het ondersteunende feitenarsenaal.

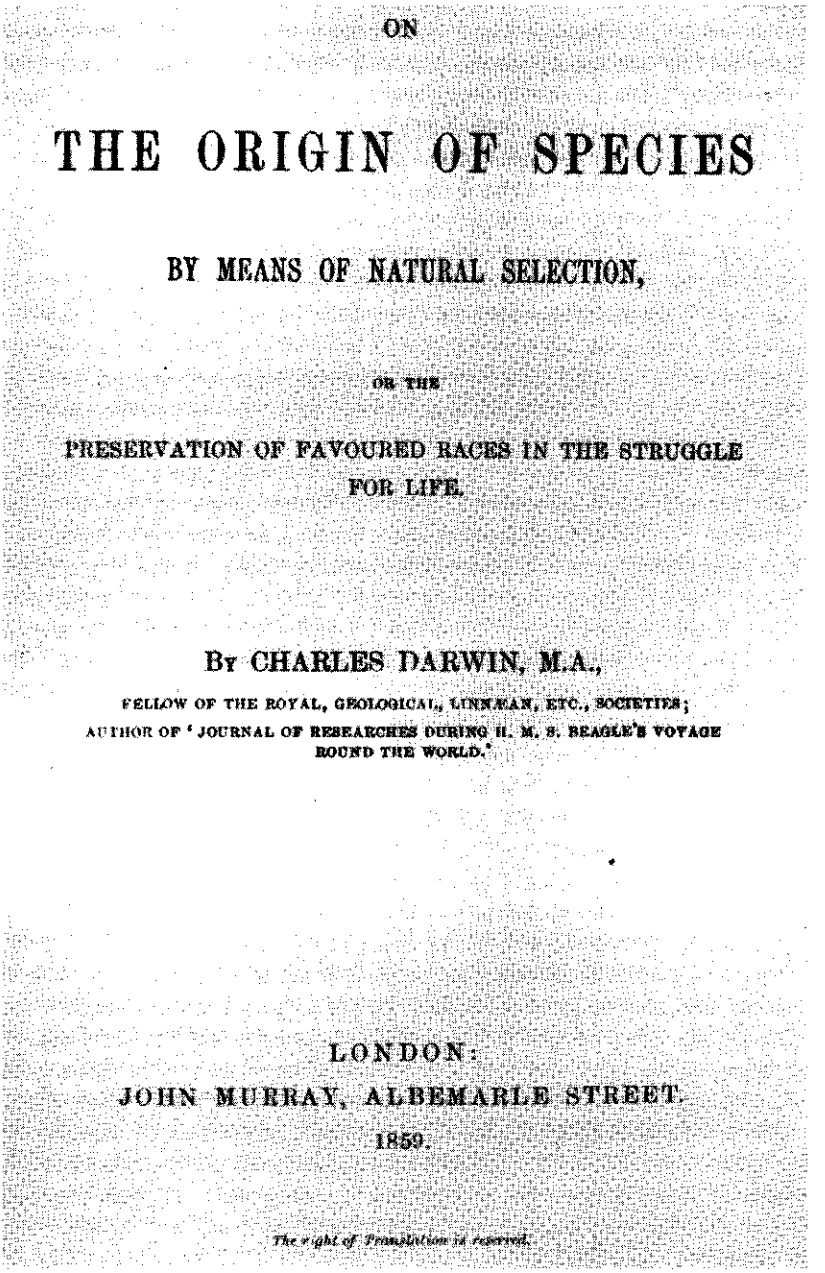
Darwin begint in Origin met vast te stellen dat fokkers verschillen binnen een soort benut hebben om huisdiervariëteiten te kweken en dat zij daarmee voortgaan en nieuwe resultaten boeken. Nakomelingen van planten en dieren verschillen onderling en van hun ouders. Variëteiten verschijnen ook 'vanzelf' en zonder beïnvloeding van buiten af. Zaailingen uit één vrucht en jongen van één worp bewijzen het. Voedsel, warmte en licht (conditions of life) beïnvloeden variabiliteit wel iet of wat, maar ouders en nakomelingen die in een gelijkblijvend milieu leven variëren niettemin. Wetten die erfelijkheid regelen zijn onbekend.

Als voorbeeld de tamme duif. Het gelukte duivefokkers allerlei vreemd gevormde huisduiven te kweken door teeltkeuze, die 'man's selection' moet heten, want het is een door de mens toegepaste selectie. Om met succes varianten te kweken heeft men talent nodig, een aanleg om door ervaring geschoold en bovendien gevoelsmatig de voortplanting te richten en nieuw verschenen vormen een mate van duurzaamheid op te leggen.

Huisdieren variëren en in de vrije natuur variëren planten en dieren eveneens. Het voortbrengen van onderling verschillende nakomelingen is een inherente eigenschap van alle levende wezens, van elke soort, en uitwendige levensvoorwaarden zijn niet beslissend voor het aantal en de aard van variëteiten. De natuur handelt niet anders dan de kweker (in the same manner), en kiest varianten uit; de niet uitverkorenen gaan te gronde. Die selectie heet natuurlijke teeltkeus (natural selection). Elke variant wordt door natural selection gespaard als hij voortbestaan bevordert (if useful): dit is een natuurwet (principle).

Natuurlijke teeltkeus zou weinig betekenen als het aantal nakomelingen van dieren laag zou zijn, maar zelfs soorten die zich uitzonderlijk langzaam en met weinig nakomelingen tegelijk voortplanten zouden, als alle dieren in leven bleven, de natuur door hun aantal ontwrichten, vernietigen zelfs. Darwin rekent voor dat één paar olifanten dat generatie op generatie een voltallig nageslacht nalaat, na 15 eeuwen door 72 duizendmiljard olifanten de aarde onbewoonbaar zou maken. Klaarblijkelijk verhindert de tijdige dood van vele exemplaren deze ontwikkeling.

Alle diersoorten bevolken in aanvaardbare hoeveelheden de aarde dank zij de vroege dood – vóór geslachtsrijpheid – van talloze planten en dieren. Darwin lichtte de wereldwijde sterfte ten gevolge van de strijd om het bestaan (struggle for life) sussend toe:



ON

THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNÆAN, ETC., SOCIETIES;

AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE ROUND THE WORLD.'

LONDON:

JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.

1859.

The right of Translation is reserved.

Fig. 97. Titelpagina van On the Origin of Species door Charles Darwin. Het boek verscheen op 24 november 1859 en was dezelfde dag uitverkocht. Een nieuw tijdperk in de ontwikkeling van de biologie begon. E. Mayr schreef in zijn Introduction bij de facsimile-uitgave van de 1e druk (1964) dat Origin ongunstig beoordeeld werd en dat in de eerste vijftig jaar misschien meer auteurs Darwin bestreden dan steunden.

Dit belette echter niet dat na 1859 geen theoretische of praktische biologie meer beoefend werd zonder bij de interpretatie van resultaten, met nadruk of vanzelfsprekend, pro of contra, Darwinistische stellingen te betrekken.

'Laten we, nadenkend over deze strijd, onszelf troosten in de volle overtuiging dat de oorlog in de natuur (war of nature) rustpauzen kent, dat geen vrees gevoeld wordt, dat de dood gewoonlijk snel komt en dat de levenskrachtigen, de gezonden en de gelukkigen overleven en zich voortplanten.'

Wie of wat Darwin met Natuur bedoelt wordt niet verduidelijkt, maar de Natuur hanteert natuurlijke teeltkeus. Een mens, een dierenfokker, kan maar een deel van zijn leven, weinige jaren achtereen, een kunstmatige teeltkeus toepassen, de natuur daarentegen kiest millioenen jaren. Kunstmatige teeltkeus is gericht op gewenste uiterlijkheden, een snavelvorm, een verenkleed, maar natuurlijke teeltkeus betreft het organisme in zijn geheel, in- en uitwendige lichaamsverschillen. Voor de natuur is elk verschil, iedere variant, mits deze van nut is (useful) voor het voortbestaan van het dier, van belang. Dit leidt Darwin tot de conclusie dat de natuurprodukten (nature's productions) oneindig veel beter passen in het fijn afgestemde natuurlijke milieu, en duidelijk het waarmerk van een veel hogere vakbekwaamheid (far higher workmanship) dragen.

Deze hoge organisatie is het gevolg van teeltkeus die steeds het nuttige bevordert en dit beleid gedurende millioenen van jaren volhield. Zo bracht de 'hand of time' de thans levende organismen tot stand, die niet het resultaat van doelgerichte ontwikkeling zijn (geen hand van God). Als we ons rekenschap geven hoe een fokker in weinig jaren een diervariëteit vormen kan, dan wordt aannemelijk dat de natuur in staat was de wijde verscheidenheid aan levende wezens voort te brengen die nu bestaan. Natuur en Tijd.

Vragen kan men zich toch stellen. Veel dieren bezitten een eigenschap of een orgaan dat slechts korte tijd dienst doet en een onmisbare voorwaarde voor overleven is. Bij de teeltkeus speelt het geen rol en toch moet het in volle ontwikkeling, afmeting en functie inzetbaar zijn als het kritieke moment in de levenscyclus aanbreekt. Hoe ontstaat zo'n eigenschap, zo'n orgaan?

Een ei dat op uitkomen staat werd door Darwin gekozen als voorbeeld ter beantwoording. Een kuiken kan het ei niet verlaten tenzij het van binnen uit met een aangescherpt snavelspitsje (eitand) de dop opentikt. De kuikens van de eerste vogels op aarde hebben vermoedelijk zo'n eitand niet gehad. Hoe heeft de natuurlijke teeltkeus daarin voorzien? Indien de oerkuikens ontwikkelden in dunschalige eieren zouden ze ook zonder de eitand de dop gebroken kunnen hebben. Op de lange duur werd de eischaal harder en dikker en de vogels met kuikens die toevallig een wat spitsere snavelpunt hadden, kregen de overhand. De redenering overtuigt Darwins lezers door zijn natuurlijke eenvoud. Feiten ter ondersteuning ontbreken, maar zijn niet echt onmisbaar voor wie willen geloven.

Een derde vorm van selectie is de sexuele teeltkeus (sexual selection). De voorkeur van ♀ vogels voor de meest muzikale of mooist beveerde mannetjes, duizenden generaties lang, heeft een duidelijk effect gehad, denkt Darwin, en het schijnt wel dat de muzikale smaak en kleurenzin van de vogels die van Darwin nabijkomen.

Welke invloed heeft het milieu op variabiliteit? Een geringe, zegt Darwin, weinig als het planten betreft en nog minder bij dieren. Zich herinnerend hoe de milieuomstandigheden op alle Galápagos Eilanden gelijk waren, concludeert Darwin dat daar de diersoorten eilandsgewijs weinig verschilden. Zouden de uitwendige invloeden van groot gewicht zijn, dan waren in het geheel geen verschillen te zien geweest en hier heeft dus de spontane variabiliteit zich gemanifesteerd. Variabiliteit is natuurlijk, spontaan (eerste wet). Deze verschaft varianten, de uitgangspunten voor natuurlijke en sexuele teeltkeus (tweede wet).

Uitwendige invloeden kunnen soorten nauwelijks of niet wijzigen, maar zij hebben wel op de variabiliteit in zijn geheel uitwerking, vergroten die of bevorderen de verschijning

van varianten (derde wet).

Vele planten en dieren zouden door selectie zeer grote klimaatverschillen kunnen verdragen. Darwin maant tot voorzichtigheid, want er zijn wel degelijk grenzen voor diersoorten, en planten zijn nog meer honkvast. Vruchtbomen uit de noordelijke Verenigde Staten stellen in de zuidelijke teleur en andersom leidt evenmin tot succes.

In al zijn publikaties toont Darwin zich gevoelig voor de mening van anderen. Hij genoot van bijval. Hij polemiseerde nooit. Naar aanleiding van bezwaren die hij zelf uitte, of die hem voorgelegd werden, overwoog hij moeilijkheden. Hij erkende met sommige geen raad te weten, maar gewoonlijk zijn het bijkomstigheden en, verklaarde hij, de werkelijke problemen kunnen mijn theorie toch niet omverwerpen. Deze laatste eigenschap is inderdaad een kenmerk van Darwins leer.

Waarom leven in de natuur slechts soorten die een zo hoge graad van vervolmaking bereikt hebben dat zij perfect in hun omgeving passen? Zij moeten toch uit voorouders voortgekomen zijn die veel minder nauwkeurig aangepast waren, via talloze tussenvormen. Waarom zien we die tussenvormen niet? De tussenvormen, schreef Darwin, sterven zo snel uit, bestaan zo kort dat niets (gefossiliseerd) overblijft.

Anderzijds, zei Darwin, gesteld dat in een streek twee verwante soorten leven, afstammelingen van dezelfde voorouder, één soort in het noorden en de andere in het zuiden, en geen tussenvormen aangetroffen worden. Waarom niet? Omdat, antwoordt Darwin zichzelf, de twee soorten een gemeenschappelijke voorouder hebben en tussenvormen met die voorouder mag men verwachten, maar geen tussenvormen van de twee thans aanwezige soorten. Een volgende reden waarom in de middenzone geen tussenvormen leven is, dat als twee variëteiten samen één streek bewonen de meest algemene (common) de minder talrijke (less common) verdringt en vervangt. Indien fossielen achtergebleven zijn van de weinig talrijke variëteiten, dan zijn ze zeldzaam.

Hoe wordt een dier dat in water leeft landbewoner? De Amerikaanse otter is 's zomers waterdier en 's winters landdier. Hij kan kiezen. Natuurlijke teeltkeus, verzekert Darwin, kan bij voorbeeld lopende dieren met een huidplooi tussen de poten, links en rechts en soms zelfs met de kaak verbonden, die met behulp van die huidplooi van tak tot tak plegen te zweven, in vleermuizen veranderen.

Hoe wordt een landbewoner waterdier? In Noord-Amerika zwemmen beren uren lang in de rivieren en happen daar met wijd open bek insekten op. Ze zoeken voedsel zoals walvissen.

> Origin; 1859, p. 184: 'Ook in zo'n bijzonder geval als dit, vooropgesteld dat het aanbod van insekten niet veranderde en tevens dat beter aangepaste (adapted) concurrenten tevoren niet in die landstreek aanwezig waren, zal naar mijn mening natuurlijke teeltkeus een bereras ongetwijfeld (I can see no difficulty) meer en meer voor een leven in het water geschikt maken, zowel door lichaamsbouw als levensgewoonten, voorzien van grotere en grotere bekken, totdat een levend wezen ontstaan zal zijn zo wanstaltig als een walvis (as monstrous as a whale).'

Darwins lezers moeten zich, in 1859, over zo'n 'transmutation' hebben verbaasd. Zij raakten in verwarring bij het lezen van de 6e editie van Origin in 1872, want daar ontbreekt het hierboven gegeven citaat in zijn geheel, zonder toelichting over de verdwijning. Niettemin wordt de zwarte, zwemmende, vliegenvangende beer vermeld, maar over dit bijzondere geval en zijn mogelijke consequenties geen woord. Darwinisten moeten zich in 1872 hebben afgevraagd of, bij nader inzien, de natuurlijke teeltkeus hier onmachtig zou zijn en waarom. Misschien merkten zij op dat Darwin niet ronduit beweerde dat beren op den

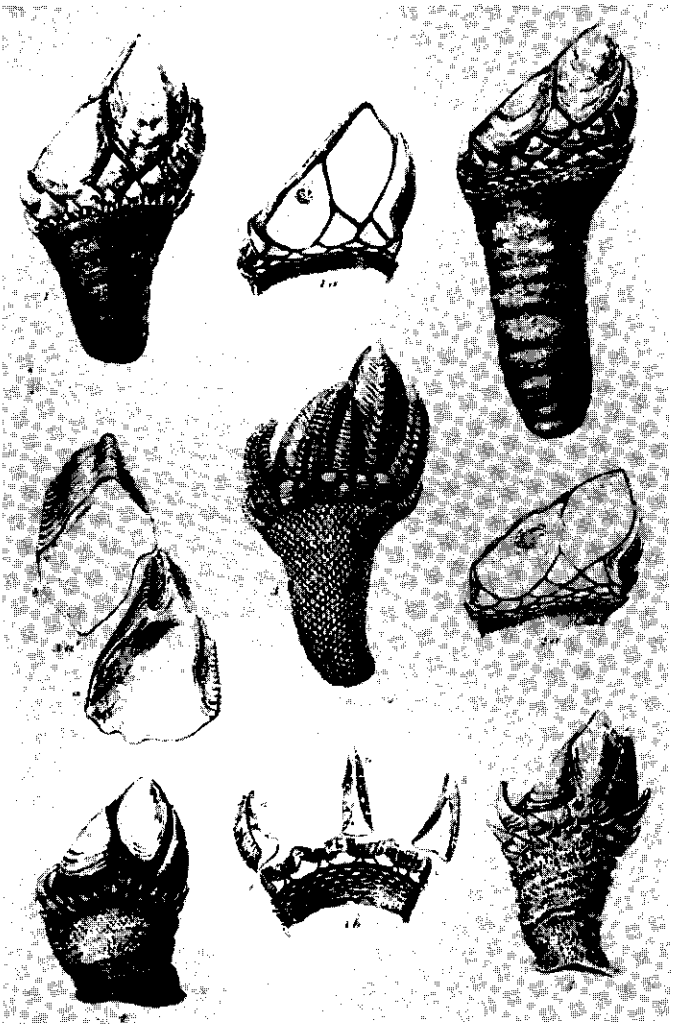


Fig. 98. Darwins illustraties voor gesteelde Eendemossels (Monograph... *Cirripedia* I; 1851).

Uitstekende afbeeldingen begeleiden Darwins *Cirripedia*-onderzoek. D.J. Crisp constateerde met overtuiging en goede argumenten dat *Cirripedia* (Rankpootkreeften: Eendemossels en Zeepokken) 'een bijzonder geschikt onderwerp waren voor Darwin om zijn grote talenten voor beschrijvende morfologie en taxonomie mee te oefenen' en omschreef de tweedelige Monograph (1851, 1854) als een 'magnificent study' en 'perhaps his greatest work' (Biol. Journ. Linn. Soc. 20 (1), 1983: 73 – 83).

Darwin zelf beschouwde zijn werk als een verlies van jaren (lost years). Hij dacht dat zijn werk nooit praktisch toepasbaar zou zijn (Cartesianen beschouwen toepasbaarheid als een wetenschappelijk waardeoordeel). De monografie werd een bron van waardevolle informatie bij de studie van de schade die eendemossels en zeepokken aan schoeiingen toebrengen.

De vergissingen die Darwin beging toen hij zijn waarnemingen toelichtte zijn volstrekt vergefelijk indien men bedenkt onder welke omstandigheden Darwin zijn onderzoek moest uitvoeren en de kwaliteit van het materiaal dat hij ter beschikking kreeg. De eileiders zouden het zeer gevoelige orgaan zijn dat zeepokken op trillingen doet reageren, hij verwisselde de ovariën en de cementklieren, de *fraena* ('tentakels') die binnen de mantel van gesteelde zeepokken de eieren dragen, zouden zich ontwikkeld hebben tot kieuwen van de zittende zeepokken. Leerzaam is het niettemin dat de fouten zo niet voortkwamen uit, dan toch gekoppeld waren aan interpretaties ingegeven door de ontkiemende Darwinse afstammingsleer.

duur walwissen werden, evenmin als hij bij andere gelegenheden zei dat mensen van apen afstammen, maar hij schreef wel zo dat elke lezer uit zijn betoog die conclusie zou trekken.

Verwarring over beren en walvisachtigen in 1872, en pijnlijke onzekerheid over het ontstaan van het oog van gewervelde dieren in 1859.

Het zoogdieroog, erkende Darwin in 1859, is zo wonderbaarlijk fijn gebouwd en zo doelmatig ingericht dat de veronderstelling dat natuurlijke teeltkeus zo'n zintuig gevormd zou hebben klinkklare onzin lijkt (absurd in the highest possible degree; Origin, p. 186). Toch leert het gezonde verstand (reason) dat indien aan enige voorwaarden voldaan wordt zo'n vorming zeer goed mogelijk is nadat een gevoelszenuw lichtgevoelig geworden is. Het oog ontwikkelt zich daarna stapje voor stapje tot de huidige perfectie. Darwin vindt het gewenst op te merken dat 'hoe een zenuw lichtgevoelig kan worden ons evenmin bezig hoeft te houden (hardly concerns us more) dan hoe leven zelf ontstond.'

Deze opmerking moet voor veel lezers die geneigd waren te denken dat de nieuwe eigenschap om te beginnen fundamenteel en onmisbaar voor verdere ontwikkelingen was, een teleurstelling zijn geweest. Darwin heeft dat beseft, want hij voegde nog toe dat lichtgevoeligheid wellicht door trillingen tot ontwikkeling kwam, zoals dat ook bij het geluidgevoelig worden van de gehoorzenuw gebeurd was. Dat was een veronderstelling als bewijs voor een veronderstelling en het verduidelijkte niet veel. In 1872 is de bewering verdwenen en vervangen door de suggestie dat bepaalde gevoelsontvankelijke elementen (certain sensitive elements) in het plasma van de laagste dieren bijeen kwamen (become aggregated) en zo een lichtgevoelige zenuw werden. Trillingen waren het dus niet, maar het maakte het raadsel er niet geringer op, want nu veronderstelde Darwin dat de samenstellende zenuwelementen op eigen initiatief tevoren passend gevoelsontvankelijk werden en dat zij zich daarna ordenden tot een zenuw. Waarom eigenlijk, moeten sommige lezers zich hebben afgevraagd, wat dreef die elements om sensitive te worden, vervolgens die gevoeligheid te specialiseren tot lichtgevoeligheid en ten slotte een zenuw te vormen? Hadden die 'elements' een vooruitziende blik? Hoe wisten Darwinisten dat in het plasma van de laagste dieren 'vanzelf' een ontvankelijkheid voor prikkels ontstond?

Zulke fundamentele vraagstukken kon Darwin niet vermijden en niet beantwoorden. Hij deed ook geen ernstige poging. Een gelijkwaardige kwestie behandelde hij in 1871 (Afstamming van de Mens) als volgt: 'op welke manier en hoe geestvermogens zich bij de laagste organismen begonnen te ontwikkelen, is een even vergeefse vraag (hopeless enquiry) als de vraag hoe het leven begon.'

Als natuurlijke teeltkeus zo'n verbluffend fijn en ingewikkeld gestructureerd orgaan als het oog van de gewervelde dieren en de mens, een orgaan met zulke levensbelangrijke en uiterst subtiele functies kan bouwen, dan zullen de overige organen met een vergelijkbaar structuurniveau zeker langs dezelfde weg tot stand gekomen kunnen zijn, mag men veronderstellen. Aldus loste Darwin met een onbewezen veronderstelling en naar analogie alle problemen van deze aard op.

Ontstond, na het wonderlijke lichtsensitieve begin, het zoogdieroog door teeltkeus; kàn dat theoretisch, want experimenteel bewijs is buiten bereik? Tegen Darwins antwoord kan niemand, behalve een onwillige filosoof die in de biologie niets te zoeken heeft, iets inbrengen. Hij schreef de volgende, adembenemende volzin:

> Origin; 1859, p. 189: 'Indien bewezen zou worden dat een hoog gestructureerd orgaan bestaan zou, welk dan ook, dat onmogelijk door talrijke, opeenvolgende, kleine wijzigingen gevormd zou kunnen zijn, zou mijn theorie volkomen te kort schieten.'

Toen hij zijn tekst over de ontwikkeling van het oog opnieuw, in zijn Origin gedrukt, gelezen had, schreef hij enige maanden later (februari 1860) aan Asa Gray – in druk verandert een geschreven tekst, want hij heeft een gewijzigde uitwerking op de lezer – : 'nog vandaag de dag bezorgt het oog mij koude rillingen.' Darwins onzekerheid bleef overigens in zijn verslag van 1859 over het ontstaan van het oog niet verborgen. Plaatsruimte belet mij de tekst (Origin; 1859, p. 186–189) in zijn geheel te citeren. Hier is de hoofdzaak.

De passage begint en eindigt met een verwijzing naar de Schepper (Creator). De eerste verwijzing is de vraag of we het recht hebben te veronderstellen dat de Schepper met hetzelfde denkvermogen (intellectual powers) te werk gaat als dat waar mensen over beschikken. De lezer begrijpt hieruit dat hij dat recht niet heeft. Daarna verzekert Darwin dat stapje voor stapje een lichtgevoelig zenuwtopje tot oog werd. Na die uiteenzetting stelt Darwin ten slotte opnieuw een vraag over de Schepper. Zouden Zijn werken niet even hoog boven mensenwerk verheven zijn als een 'levend optisch instrument' boven een glazen telescoop? De lezer ziet in dat dit verschil van dezelfde orde is: onmetelijk groot. Is de Creator nu de maker van het levende optische instrument? Sommige lezers dachten van wel, andere van niet.

Twee frasen in Darwins tekst van 1859 vormen de dubbele bodem in relatie met de oogbeschrijving. Hij formuleerde: 'natural selection will pick out with unerring skill each improvement'. Hiermee wordt de natuurlijke teeltkeus door Darwin gepersonifieerd. Teeltkeus kiest elke verbetering met 'onfeilbare bekwaamheid' uit.

De andere frase, daaraanvoorafgaand, is: 'we must suppose that there is a power always intently watching each slight accidental alteration.' Dit stelt iedereen die Darwins betoog nauwkeurig wil begrijpen, voor een raadsel. Wie of wat is de 'power always intently watching'? Niet de Schepper, want de Creator kreeg van Darwin een hoofdletter en de power niet. De teeltkeus kiest met onfeilbare bekwaamheid. Welnu, dan kan hij, dan moèt hij, ook steeds 'elke toevallige wijziging' met gespannen aandacht gadeslaan.

Of bedoelde Darwin toch de Schepper met die aandachtige power? Niemand kon er geheel zeker van zijn. Darwin zelf was er rillend onzeker van, maar hield vol dat zijn redelijk verstand (reason) hem op den duur toch zekerheid verschafte. In een brief. Buiten bereik van de drukpers. Géén Creator. Wèl een power. Veel lezers waren echter het spoor bijster, want waarom aan het begin en aan het slot van de oogvorming de Creator en zijn werk ter sprake gebracht als Hij niets met die vorming van doen had? En als het oog, dat levende optische instrument, niet door toedoen en medewerking van de Schepper tot ontwikkeling kwam, op welke werken van de Schepper zinspeelde Darwin dan?

Uit hoofde van deze tekst kon Huxley verklaren (1860) dat Darwinisme het geloof aan een Maker van de levende natuur toeliet en Gray schreef Darwin dat zijn betoog finalisme bepleitte (en Darwin betuigde in zijn antwoord zijn volle tevredenheid met die conclusie). Anderen besloten met even grote stelligheid dat Darwin de grondlegger was van een materialistische evolutietheorie. Men merkte de typografische finesse – power met een kleine p en Creator met een grote C – niet op, een valstrikje dat nog in de jaren tachtig van de 20e eeuw deed struikelen.

Ongetwijfeld was het niet Darwins bedoeling te misleiden. De Natuur selecteert met de 'hand of time' en evenzo placht hij over 'natural selection' te schrijven als over een gepersonifieerde kracht. Aan Asa Gray verklaart hij in een brief (5 september 1857) te geloven aan 'een onfeilbare kracht, de natuurlijke teeltkeus, ... die nooit anders dan ten voordele van elk organisme kiest.'

Het lijdt evenmin twijfel of Darwin – bezonnen stilist – heeft die voor anderen verwar-

rende stijlvorm overwogen, die niet willen vermijden, en gaarne gehandhaafd, want deze personificatie verschafte hem bewegingsvrijheid; atheïsme noch religie kregen goed vat op het betoog of op Charles.

Darwin moet de twijfels die hij opriep ten slotte toch beantwoorden. In de 6e editie van Origin, dertien jaar later, bekent hij kleur.

Weliswaar blijft de oogpassage in 1872 letterlijk dezelfde als die van 1859, echter met twee kapitale wijzigingen. Nu staat er: 'we must suppose that there is a power, represented by natural selection or the survival of the fittest, always intently watching each alteration...'. De tekstverandering bewijst dat de power van 1859 met opzet geen hoofdletter kreeg: géén Schepper. Nu, in 1872, zijn natuurlijke teeltkeus en het overleven van de best geslaagde, samen een kracht die 'intently watches', die 'carefully selects' en die 'unerringly picks out'.

De tweede kapitale wijziging is dat het in 1859 aanwezige bijvoeglijk naamwoord 'accidental' bij 'alterations' verdwenen is in 1872. Waarom?, zullen de lezers zich hebben afgevraagd. Zijn de alterations nu, in 1872, nog slechts 'slight' en niet meer 'accidental' zoals in 1859? Indien de lezer in 1872 besloten zou hebben dat de onduidelijkheid van 1859 door de tekstcorrecties verdwenen zou zijn, oordeelde hij te haastig. Want 'there is a power [met kleine letter] *represented* by natural selection'. De 'power' is *vertegenwoordigd* door 'natural selection', en is dus niet 'natural selection' zelf. Wat is die power dan, welke kracht vertegenwoordigt hij? Niet de Creator, dan zou het Power moeten zijn (en bij de zorgvuldig formulerende Darwin ook geworden zijn). We zijn terug bij het begin. De 'power' vertegenwoordigt – dat kan niet anders – de Natuur, en wat die Natuur nu precies is, welke kracht de Natuur verwierf en vanwaar, laat Darwin onbesproken.

In zijn laatste editie van Origin, die van 1872, heeft Darwin eindelijk voor een traditioneel mechanistisch materialisme gekozen. Geen toeval meer, niets meer 'accidental'. Natuurlijke teeltkeus bewaakt, kiest, bewerkstelligt een steeds toenemende organisatie, bouwt nieuwe organismen. De natuurlijke teeltkeus verricht wat Aristoteles beschreef, of wat God tijdens de schepping verrichtte, met dit onderscheid dat Aristoteles de minder ver ontwikkelde organismen liet voortbestaan, God in enige dagen gereed was en Darwin ongetelde millioenen jaren nodig had, terwijl hij in 1872 met nog meer nadruk dan in 1859 (p. 189) meedeelde dat zodra een beter organisme (better) voortgebracht is de vorige, alle minder goede (old ones) vernietigd worden (destroyed).

Dit tableau van verbale evolutie heb ik samengesteld omdat het als uitgangspunt voor een inzicht in de ontwikkelingsgeschiedenis van het Darwinisme onontbeerlijke gegevens beschikbaar stelt. Een aantal problemen die hierop teruggrijpen komen later aan de orde. Hier noteer ik nog dat deze vergelijkende taalstudie goed en gemakkelijk laat begrijpen hoezeer taal en wetenschap verweven zijn (p. 2–3).

Krachtige steun voor zijn theorie ontdekte Darwin in de embryologie. Het bouwplan van een diergroep komt na opeenvolgende fasen van embryonale groei tot ontplooiing, bij gewervelde zowel als bij ongewervelde dieren. Tijdens de zeer vroege groeifasen zijn embryonen van de grote groeperingen van de gewervelde dieren onderling niet te onderscheiden. Darwin verwees naar Agassiz, die verklaard zou hebben dat hij niet in staat was een jong embryo als zoogdier, vogel of reptiel te herkennen. Welnu, dat is een bewijs dat eens een oervorm (common parent form) de gemeenschappelijke voorouder geweest is van de gehele Klasse der Gewervelde Dieren. Ook de andere Klassen ontsproten aan een oervorm.

Rudimentaire organen beschouwde Darwin als het overschot na 'descent with modification' van organen die bij voorouders goed en volledig ontwikkeld waren. En wat breder bezien: organen van weinig belang of zonder enige betekenis kunnen bij voorouders wèl een rol gespeeld hebben. Voor de natuurlijke teeltkeuze zijn zij niet van gewicht. De voornaamste oorzaak voor hun aanwezigheid is echter 'correlation of growth', dat wil zeggen dat een orgaan door natuurlijke teeltkeus in zijn ontwikkeling van generatie op generatie bevorderd kan worden, tot groei en ontwikkeling komt, maar dat een ander orgaan daarbij wordt betrokken omdat het lichaambestel van een dier nu eenmaal een samenhang van de twee organen handhaaft.

De biogeografie geeft Darwin een troef in handen, een 'grand fact'. Veel soorten van de Kaap Verdische Eilanden, 600 km uit de kust van West-Afrika, zijn verwant met de Afrikaanse vastelandsoorten, maar niet dezelfde. De Galápagos-dierenwereld evenzo. Verwant aan de Zuidamerikaanse vastelandsoorten maar niet gelijk. Dit 'grand fact' verklaart Darwin door kolonisatie van de vastelandsoorten op de eilanden. Daar bleven de kolonisten bestaan, vrijwel gelijk aan wat zij bij aankomst waren. Op de continenten echter verdwenen deze soorten, stierven uit en andere, opvolgers, namen hun plaats in. Zodoende zijn de eilandbewoners nog kennelijk aan de vastelandsoorten verwant en, wie weet, zullen op het vasteland nog fossiele tussenvormen tussen de voorouders van de vastelandsoorten en tevens van de eilandsoorten gevonden worden. Men moet - geconfronteerd met deze feiten - erkennen dat een eenmalige bijzondere schepping van onveranderlijke soorten ongeloofwaardig is.

Instincten zijn van groot belang in het leven van de dieren. Darwin twijfelt niet of iedereen weet wat met 'instinct' bedoelt wordt. Instinct is blind, een automatisme. Hij verhaalt hoe Pierre Huber een rups die haar cocon in zes fasen pleegt op te bouwen, nadat zij de derde fase voltooid had, uit haar werk haalde en in een lege maar voltooide cocon plaatste. De rups waardeerde de hulp niet, scheen in verwarring gebracht (embarrassed) te zijn en begon de bouw van de 4e fase in de voltooide 6-fasige cocon. Een andere rups, die de zes fasen tot uitvoering gebracht had, zette Huber in een lege, 4-fasige cocon. Het dier maakte de 4e, 5e, en de 6e fase opnieuw. Instinct is dus niet geheel en al blind.

De Honingbij maakt de raat instinctmatig, zei Darwin. Hij overwoog de uitspraak van wiskundigen die berekenden dat deze bij het probleem onberispelijk had opgelost om zo veel mogelijk honing in zo weinig mogelijk was op te bergen. Een opvolgende reeks stap voor stap meer doelmatige raten van verschillende bijesoorten gebruikte Darwin als bewijs dat de huidige honingbij, door natuurlijke teeltkeus en van soort tot soort, via toenemend verbeterde honingraten tot de perfecte oplossing kwam. Het instinct van de honingbij dat de raatbouw regelt oordeelde Darwin het meest verbazende (nuttige) instinct van alle bekende instincten. Het wordt verklaard omdat natuurlijke teeltkeus door talrijke kleine instinctwijzigingen te selecteren en te steunen ten slotte de huidige perfectie tot stand bracht.

Indien natuurlijke teeltkeus millioenen jaren achtereen millioenen achterblijvers en overtolligen doet sterven, dan moeten millioenen voorouders van recente planten en dieren gefossiliseerd zijn, 'intermediate varieties', tussenstadia, brugvormen. Men zou ze in groot aantal verwachten maar ze zijn integendeel zeldzaam. We moeten dit ontbreken (missing links) toeschrijven aan een tekort aan gevonden fossielen. Bovendien moeten we 'missing links' verwachten tussen nu verdwenen voorouders van bestaande soorten en niet tussen nu levende soorten zelf.

Aan de morfologie ontleende Darwin bewijs voor de afstammingstheorie. Het bouw-

plan dat alle Gewervelden gemeenschappelijk karakteriseert is het uitgangspunt voor de bouw van de ledematen van alle zoogdieren. Van mens en mol, van vogel en vleermuis, van krokodil tot kikker en van alle tezamen zijn de ledematen (skelet, spieren, zenuwen) uit wezenlijk dezelfde bestanddelen samengesteld. Voor Ongewervelden geldt dezelfde regel: de monddelen van kever, mug, vlieg en vlinder laten zich homologiseren, hoe verschillend zij ook schijnen. Geleedpotigen met meer monddelen dan groepsgenoten hebben minder poten, en omgekeerd. Planten (blad-theorie) gehoorzamen eveneens de regel dat de organen varianten van een generaal bouwplan zijn. Darwin zag in deze gedifferentieerde morfologie bewijs voor afstamming.

Tegen het slot van Origin voorspelde Darwin – die de herkomst van de mens buiten bespreking gelaten had – dat 'descent with modification' de oorsprong en het verleden van de mens zal ophelderen (light will be thrown).

De laatste zin van Origin (1859), dikwijls geciteerd, plaatste mij – en anderen – weer voor raadsels.

> 'Zo'n beschouwing van 'leven' is groots: leven met velerlei vermogens dat in het begin weinige vormen of één vorm werd ingeblazen (originally breathed into a few forms or into one) en dat – terwijl onze planeet zijn cirkelgang vervolgde volgens de onveranderlijke wet van de zwaartekracht – uit zulk een eenvoudig begin (so simple a beginning) zich onbeperkt de mooiste en wonderbaarlijkste vormen zich ontwikkelden (evolved) en zich nog steeds ontwikkelen.'

Aan het begin werd veelvermogend leven in 'weinige vormen of één vorm' geblazen, zegt Darwin. Wie blies? Darwin heeft die vraag in latere edities van Origin beantwoord door toe te voegen: de Schepper (by the Creator). Wat waren die een of meer vormen? Ik kan niet anders dan vermoeden dat dank zij die inblazing, zoals in Genesis, (voorgevormde) dode stof een of meer levende organismen werd. Die organismen die zo tot leven kwamen, die leefden, kan ik mij onmogelijk voorstellen als 'so simple a beginning'. Die eerste levende wezens moeten in Darwins concept toch ook wonderwerken geweest zijn.

Mijn eerste verbaasde vraag blijft achter bij mijn tweede. Ik ben niet in staat de inblazing te begrijpen als geleidelijke evolutie: Het is een saltatie, een discontinuïteit van de hoogste orde. En ik dacht, als derde verbazing, dat met deze slotzin de door Darwin vaak bevestigde, heroïsche afwijzing van in het begin geschapen organismen, een schepping, een gevoelige deuk oploopt.

De Darwinologen kunnen wellicht deze cryptische slotformulering naar rede verklaren. Hoe dit ook zij, de volgelingen van Darwin begrepen zijn leer als een atheïstische, zoals zij ook Lucretius' leerdicht (II.10) begrepen hadden en de groeiende invloed van het Darwinisme op wetenschap en maatschappij ging en gaat gepaard met de atheïstische uitleg van de theorie.

De zes edities van Origin die Darwin deed verschijnen, zijn dus verschillend. De 2e druk, binnen een maand na de eerste, is behoudens een paar technische correcties niet veranderd. Zijn tweestrijd, atheïsme of deisme, komt kort daarna tot uiting in een brief aan Asa Gray (1860):

> 'Ik ben geneigd dat alles [de wonderbaarlijke wereld] als gevolgen van gemaakte wetten (designed laws) te beschouwen waarvan de toepassing en de uitwerking van de details, goed of slecht, werd overgelaten aan wat wij toeval kunnen noemen. Niet dat deze opvatting mij in het minst bevredigt. Ik geloof hartgrondig dat menselijk begrip (human intellect) het onderwerp in zijn geheel niet kan peilen. Een hond zou even goed kunnen gissen naar het denken van Newton. Laat iedereen hopen

en geloven wat hij kan.'

Tot zijn dood bleef Darwin min of meer weifelend, maar toch trouw aan een voorkeur voor atheïsme, terwijl hij zijn theorie atheïstisch begrepen wilde zien en zijn bewijsvoering steeds gericht bleef op een materialistisch-causale verklaring van de levende natuur.

De 3e druk van Origin wijst met nog meer nadruk dan tevoren op het geleidelijk (gradual) veranderen en op een rechtlijnige afstamming van voorouders. Organen verschijnen nooit abrupt, in één keer. Monstruositeiten en saltaties, sprongsgewijze veranderingen, zijn niet van belang. Als een variant ontstaan is en overleeft, zal hij na korte of lange tijd opnieuw varianten voortbrengen en er is een oneindig (infinite) aantal generaties. Misschien voelde Darwin een begin van bezorgdheid over de benodigde onafzienbaar lange tijdsduur die de ontwikkelingen zouden vergen, want de individuele verschillen die het ingrijpen van natuurlijke selectie mogelijk maken waren in de 1e druk 'infinitesimally small' en zijn in de 3e druk nog slechts 'small'. Varianten van bestaande organismen zijn niet van nature vooruitgang, niet noodzakelijk een vervolmaking. Darwin voegde een samenvatting van gunstige reacties op zijn theorie toe.

De 4e editie van 1866 is verrijkt met meer voorbeelden en herziene commentaren. *Archaeopteryx* komt ter discussie. De fossielvondsten die zo veel leemten in veronderstelde reeksen opvolgende vormen open laten kan men begrijpen, omdat door landverheffing ondiepe, fossielarme afzettingen ontstonden en door landdaling dikke, fossielrijke lagen. Vandaar deze onregelmatigheden (lezers moeten hebben opgemerkt dat aanvankelijk de ontbrekende fossielen op ontdekking wachtten en dat nu blijkt dat zij er niet zijn).

De steriliteit tussen soorten en van hybriden kon Darwin nog altijd niet goed in zijn theorie plaatsen, want het zou de theorie goed passen als deze barrières uitbleven. Onbekende factoren veroorzaken steriliteit, erkent hij, maar we moeten ook graden van steriliteit onderscheiden, van volkomen tot min of meer. Twee verschillende vormen, die als goed onderscheiden soorten (good and distinct) beschouwd worden, zijn soms vruchtbaar in verschillende gradaties en er kan een 'fertility in excess', meer dan normale vruchtbaarheid, zijn.

De term survival of the fittest, afkomstig van Spencer, verschijnt in de 5e editie van 1869. Ook is er een uitvoerig verweer tegen een bezwaar dat een Schotse ingenieur, Fleeming Jenkin (1833–1885), in 1867 uitte: Hoe kunnen (geringe), individueel voordelige variaties behouden blijven in weerwil van het 'swamping effect' (kruising met onveranderde dieren)?

Jenkin schreef een artikel, The Origin of Species (North Brit. Review 42: 149–171), waaruit M. Ruse in zijn niet minder fraaie verdediging van het Darwinisme citeerde (1982: 56). Laat ons, stelde Jenkin voor, veronderstellen dat een blanke schipbreukeling aanspoelt op een door zwarte wilden bevolkt eiland. Ofschoon die blanke man een zeer grote selectie-kracht zou meebrengen en talrijke nakomelingen zal hebben, zal niemand geloven dat de eilandbevolking na verloop van tijd blank wordt.

> 'De eerste generatie zal enige dozijnen jonge intelligente mulatten opleveren, die gemiddeld veel intelligenter zijn dan de negers. We mogen verwachten, dat gedurende enige generaties een min of meer gele koning op de troon zal zitten, maar zou iemand kunnen geloven dat het hele eiland gaandeweg door een blanke, of zelfs een gele bevolking bewoond zal worden? Of dat de eilandbewoners de energie, moed, vindingrijkheid, het geduld, de zelfbeheersing, het uithoudingsvermogen zullen verwerven, de kwaliteiten die onze held nu juist in staat stelde zo velen van hun voorvaderen te doden en zo talrijke kinderen voort te brengen? Juist die ken-

merkende kwaliteiten die een struggle for existence zou selecteren, als er al iets geselecteerd zou worden?'

Darwin had tegen dit nuchtere betoog weinig steekhoudend verweer. Hij bracht gegevens uit zijn Variation under Domestication in het midden maar zag zich gedwongen terug te trekken in theoretische overwegingen.

Er zijn oorzaken voor variatie en voor speciatie. Twee oorzaken voor variatie: primaire en secundaire. Primair is wijziging door spontane variatie (principle of divergence). Voorts mag nooit ook maar één ogenblik vergeten worden dat elke kleinigheid (every detail of structure) van ieder organisme, levend of uitgestorven, nuttig is (of was), een eigen nuttigheid bezit. Correlatie en compensatie allereerst, maar verbonden aan levensgewoonten zijn gebruik en onbruik van organen secundaire oorzaken voor 'descent with modification'.

Dat is een nadering tot Lamarckisme, moeten sommige lezers gedacht hebben, want in de eerste vier drukken waren correlatie en compensatie de initiators, beginners voor variatie, voorbereiding en aangrijpingspunten voor natuurlijke teeltkeus. Nadat in de 5e druk varianten door de twee genoemde oorzaak-paren ontstaan zijn, leidt natuurlijke selectie tot verdere wijzigingen.

De 6e editie (1872) is vooral gewijzigd naar aanleiding van een kritiek van een voormalige aanhanger van Darwin, St. George Mivart. Deze schreef in 1871 *Genesis of Species* en verklaarde dat natuurlijke teeltkeus niet bij machte is de oorsprong van alle soorten te ontraadselen. Hierbij is een inherente kracht, de hand Gods, onmisbaar. Abrupt veranderde nakomelingen met nieuwe eigenschappen die nuttig blijken te zijn, treden op en die hebben met natuurlijke selectie niets uit te staan. Darwin besprak Mivarts bezwaren. Hij oordeelde saltaties als oorsprong van nieuwe soorten onwaarschijnlijk. 'En voor het overige ben ik overtuigd dat natuurlijke teeltkeus wel hoofdzakelijk maar niet uitsluitend wijzigingen (modification) tot stand bracht.' Over die bijkomstige oorzaken gaf Darwin geen toelichting.

Uit Descent of Man (1871) noteerde ik nog enige gegevens ter aanvulling van mijn overzicht van het Darwinisme.

Kreten van apen zijn het begin van de menselijke spreektaal geweest. Door toenemend gebruik ontwikkelden en vervolmaakten de stemorganen zich en de vereiste wijzigingen van de hersenen hielden gelijke tred.

Omdat konijnen talloze generaties lang in kleine hokjes moesten verblijven, behoefden zij hun verstand, instincten, zintuigen en willekeurige spierbewegingsmogelijkheden weinig te gebruiken en daardoor is de hersenhoeveelheid van tamme konijnen aanmerkelijk minder dan van wilde.

Sterk ontwikkelde bovenranden van de oogkassen 'typeren de lagere mensenrassen (lower races of man).'

Het meest belangrijke verschil tussen de mens en de (lagere) dieren is ethiek (moral sense) en geweten. Dit verschil ontstond door evolutie. Dieren die zich sociaal gedragen zijn op weg naar de menselijke geestelijke waarden, ofschoon Darwin verklaart zeker te zijn dat als mensen geteeld zouden worden in precies dezelfde levensomstandigheden als honingbijen, ongetrouwde vrouwtjes het toch niet als een heilige plicht zouden beschouwen hun broers te doden, dat moeders dan niet zouden proberen haar vruchtbare dochters te doden en dat, in zo'n geval ook niemand dit zou willen verhinderen. In dieren is echter toch een begin van gevoel voor recht en onrecht aanwezig. Een 'inward monitor' zal dieren laten weten dat het beter is de ene aandrift (impulse) te gehoorzamen dan de andere. Na

allerlei dierethologische omzwervingen concludeerde Darwin: ethisch besef (moral sense) is wezenlijk hetzelfde als sociale instincten. Wat goed (= nuttig) voor de gemeenschap is, is ethisch juist. Het was een conclusie met politieke gevolgen waar hij geen vermoeden van had.

Rechtop gaan was vereist om armen en handen te doen ontwikkelen tot hun huidige perfectie. Darwin somde een lange rij wijzigingen op die de overige lichaamsdelen moesten ontplooien om het meer en meer rechtop lopen te begeleiden. Hij vond het heel moeilijk te bepalen in hoeverre al die 'correlated modifications' het gevolg van natuurlijke teeltkeus zijn of geërfde gevolgen van het toegenomen gebruik van sommige lichaamsdelen, of van invloed (action) van het ene lichaamsdeel op het andere.

> 'De werking van natuurlijke teeltkeus of het overleven van de meest geschikte heb ik waarschijnlijk overschat... Ik had tevoren het bestaan van veel structuren die in zoverre wij kunnen oordelen noch profijtelijk noch schadelijk zijn, onvoldoende in overweging genomen. Dit is denk ik een van de ernstigste lacunes die tot dusverre in mijn werk bleken te bestaan.'

Natuurlijke teeltkeus werd door de geërfde gevolgen van het toegenomen gebruik van lichaamsdelen krachtig ondersteund (inherited effects of the increased use of parts). De intelligentie van de mens ontwikkelde zich geleidelijk, hoogstwaarschijnlijk door natuurlijke teeltkeus.

> 'Door de bouw van het menselijk embryo - de homologiën met de lagere dieren, de rudimentaire resten die overbleven en de terugslag naar eigenschappen uit het verleden die soms mogelijk blijkt te zijn - kunnen we ons ten dele de gedaante van onze vroege voorouders voorstellen en ze bij benadering in de dierreeks plaatsen waar zij behoren. Zodoende wordt het ons duidelijk dat de mens afstamt van een behaarde viervoeter die een staart en spitse oren had, waarschijnlijk in de bomen huisde en in de Oude Wereld geleefd heeft.'

Geen ander boek en geen andere theorie heeft in de historie van de biologie bij benadering zo'n grote invloed uitgeoefend als Origin en Darwins evolutietheorie. De oorzaken van die stormachtige ontwikkeling waren tenminste de volgende.

1. De kwaliteit van het boek en het behandelde onderwerp. Gedachten over evolutie kregen in 1859 al sedert een eeuw meer en meer aandacht en waren zowel in de geleerde wereld als bij het lekepubliek vrijwel dagelijks in discussie. Ik behoef de cultuurhistorische stimulansen voor die toenemende belangstelling hier niet op te sommen. Geen vergelijkbare verhandeling over evolutie was vóór Darwin ooit verschenen, dat wil zeggen: zo'n overvloed van aantrekkelijke voorbeelden, interessante feiten; zo'n parade van bekende auteurs als informatiebronnen, meest Brits maar ook van overzee; zo'n zorgvuldig opgebouwd, sluitend systeem van evolutiefactoren; zo'n uitstekend leesbare en rustig overredende schrijfstijl, in een begrijpelijke taal voor iedere lezer. Darwins Origin was precies het boek, naar vorm en inhoud, waar velen in het Westen op wachtten.

2. De Britse 19e-eeuwse, liberaal-kapitalistische, industrialiserende samenleving herkende zijn fundamenten in Darwins natuurfilosofie. De levende natuur bleek de heerschappij van de besten, de ondergang van de ondeugdelijken, te beamen. Een ontwikkeling naar hoger, naar beter, is de natuur eigen en wie zou niet gaarne bewezen zien dat de samenleving waarvan hij deel uitmaakt het goede pad volgt? De strijd om het bestaan had in de natuur tot een onuitputtelijke rijkdom aan vormen en kleuren geleid. De besten, mooisten en meest bekwamen worden al strijdend de herauten van nog beter, mooier en

bekwamer. Darwin toonde het weldoortimmerd aan.

3. In de tweede helft van de 19e eeuw nam de vermaterialisering van het wereldbeeld snel toe, naarmate kerk- en bijbelgezag aan overtuigingskracht verloren. Darwin ontwortelde het geloof aan een geschapen levende natuur en daarmee aan een geschapen mens die nu het produkt bleek te zijn van (blinde) natuurkrachten, de hoofdprijs van een universele loterij. Ethische en morele normen verschenen als verworven eigenschappen: de regels van de samenleving zijn zo nodig volgens wetenschappelijke wetten vatbaar voor kritiek en voor gewenste veranderingen. Geen levens- of gedragsleer door hogerhand op basis van ondoorzichtige dogma's gedicteerd, maar menselijke rechten en plichten voortvloeiend uit eigen welbegrepen conclusies. De natuurlijke teeltkeus en de opwaarts strevende mens ontmoetten elkaar met de zekerheid op bereikbare verbeteringen zoals die eertijds ook tot stand kwamen dank zij de zojuist onthulde werkzaamheid van de natuur; zie eens wat de honingbij vermag. Wetenschap en politiek omarmden elkaar op het bouwterrein van een Nieuw Jeruzalem.

Deze drie factoren waren, naar mijn oordeel, de voornaamste oorzaken van de opmars van het Darwinisme, vrij snel in Engeland en de Verenigde Staten, trager en nooit met zo'n doorslaand succes in Frankrijk en de Latijnse landen, een stormachtige zegetocht in Duitsland, Scandinavië, de Lage Landen en de Slavische wereld.

Darwin redeneerde nominalistisch, inductief, uitgaande van en begeleid door een staag stromende rivier van feitenmateriaal. Hij liet, zoals veel biofilosofen sinds Descartes, het vraagstuk waartoe, met welk doel levende organismen evolueren, onbeantwoord. Hoe verloopt de evolutie en waardoor wil hij onderzoeken, meer of anders niets. Het verschijnsel dat nageslacht varieert was het uitgangspunt voor een theorie van transformismen. De oorzaak van die variaties in de natuur boeide hem niet. Gegeven de variaties plaatste hij die in een samenleving binnen de natuur overeenstemmend in structuur met de 19e-eeuwse Britse (Westeuropese) maatschappij, die voor degenen die van die samenleving afhankelijk zijn, in de natuur en in de mensenmaatschappij tot dezelfde resultaten leidt volgens dezelfde motieven, dezelfde mathematisch-mechanistische wetten.

Zijn theorie was voor iedere 19e-eeuwer die lezen kon en de wereld om zich heen in ogenschouw nam, begrijpelijk en aannemelijk. Hij overtuigde zijn lezers des te gemakkelijker omdat hij vermeed ronduit en zonder voorbehoud de slotsom uit te spreken die uit de door hem aangevoerde feiten volgen moest. Steeds handhaafde hij een voorbehoud, een 'wetenschappelijke twijfel', hetgeen ruimte liet voor tegengestelde levensbeschouwingen met aanvaarding van het Darwinisme, hetgeen zijn prestige als geleerde aanmerkelijk verhoogde en dat zijn lezers stimuleerde zelf de conclusies te trekken die hij ze aanreikte, hetgeen zij gaarne ondernamen, en dat tevens zijn geloofwaardigheid van de weeromstuit krachtig bevorderde.

Ter toelichting van deze ongekende zegetocht nog het volgende. Het Darwinisme is, weliswaar, van geboorte en van uiterlijk een biologische theorie. Het oefende een directe en duurzame invloed op de biologie uit, de experimentele, de beschouwende en de theoretische, want in wezen belichaamt het Darwinisme een biofilosofie; het is een metafysisch systeem met als fundamenten de overoude wetten van de continuïteit, geleidelijkheid, de 'volheid' van de natuur, en de toenemende graad van natuurlijke vervolmaking (X.3,15).

De vijf primaire criteria voor een natuurwetenschappelijke wet zijn: controleerbaarheid, herhaalbaarheid, voorspelbaarheid, vatbaarheid voor logische tegenspraak op basis van oude of nieuwe feiten, en meetbaarheid (kwantificeerbaarheid). Een natuurwetenschappelijke theorie moet tenminste aan drie van de genoemde voorwaarden voldoen.

Het Darwinisme voldoet aan geen van de voorwaarden en is daarom metafysica, zo men wil een vorm van theoretische biologie.

De verschillen in waardering en de mate van aanvaarding van het Darwinisme, verschillen in relatie met volksaard en cultuur, passen dan ook bij een wijsgerig systeem, niet voor natuurwetenschappelijke conclusies. Er bestaat geen verschil van mening in de natuurwetenschappen van de Westerse volken over de chemische componenten van water, de zwaartekracht, de wetten van Mendel en de werkelijkheid van atoomsplijting. Het zijn, zoals ongetelde andere natuurwetenschappelijk gevonden waarheden, overal erkende feiten. Het gehalte aan waarheid van het Darwinisme echter beoordeelden en waardeerden de volkeren als geheel, en de biologen individueel, onderling verschillend.

Een ander kenmerk van een metafysisch systeem is dat het niet alleen nimmer algemeen gelijkelijk aanvaard wordt, maar dat het bovendien een onuitputtelijke bron van discussie blijft, gedurende een korte of lange periode, en dan hetzij met een nieuw systeem versmelt, hetzij afgedaan uit de aandacht verdwijnt. Meer dan een eeuw na de verschijning van Origin handhaafde de discussie zich in volle omgang, volgden correcties, verschoven accenten. Dat is het historische beeld van wijsgerige systemen, en het past niet op invariante natuurwetten of fysisch-chemisch mathematisch vastgestelde feiten.

Experimenteel bewijs van het Darwinisme bleef achterwege. Niemand kon uit een variëteit, door selectie, een nieuwe soort kweken. De strohalm, door Darwin gegrepen, dat 'soorten' een fictie zijn en men dus slechts met transformisme van de ene naar de volgende variëteit hoeft te rekenen, kon de leer niet vlottend houden. Talloze variëteiten en vormen kwamen na beïnvloeding van organismen met elke denkbare methode te voorschijn, maar nimmer een nieuwe soort. Soorten bleken geen fictie. Men kon soorten anders omschrijven dan vóór Darwin, en deed dat ook, maar hun grenzen bleken van nature aanwezige en weerbarstige barrières te zijn die zich niet lieten wegruimen. De pogingen daartoe en de resultaten van genetische moleculair-biologische manipulaties bewezen veeleer de soortconstantie dan wijkende soortgrenzen. Een natuurwetenschappelijke theorie zonder experimentele steun mist een vereiste fundering. Niettemin zou dit ontbreken min of meer kunnen worden aangevuld.

Zo zou door variëteiten te kruisen, te selecteren, op te wekken, een voorspelbaarheid, een evolutie-gang mogelijk zichtbaar kunnen worden, te verwachten nuttige eigenschappen die organismen meer overlevingskansen zouden geven dan gebruikelijk verschijnen, zodat stap na stap, vergeleken met de uitgangsvorm, verbeterde planten of dieren zouden ontstaan. Na hardhandig ingrijpen kwamen talloze gewijzigde nakomelingen ter wereld, maar nooit, of allerzeldzaamst, zo vernieuwd dat zij in redelijkheid als verbeteringen, dat wil zeggen als beter toegeruste deelnemers aan de strijd om het bestaan zouden kunnen deelnemen, als voorouders van 'nieuwe soorten' wellicht.

De voorspelbaarheid van verschijnende of verdwijnende eigenschappen was daarentegen onderworpen aan de wetten van Mendel, de onwrikbare bewakers van de bestaande ordening.

Darwin weigerde levenslang zich te verdiepen in het ontstaan van levende materie, maar een logisch postulaat voor zijn leer is *generatio spontanea*. Zijn geestverwanten verrichtten uitmuntend proefondervindelijk onderzoek om die leemte te dichten (XII.18). Hun werk had geen succes. De Darwinisten van het eerste uur blijven desalniettemin geloven – ook al falen de experimenten – aan *genesis spontanea*.

Een der metafysische bezwaren tegen het Darwinisme is dat de leer alle levensuitingen, vormen en functies, verklaart en dat geen redenering of experimentering denkbaar is die

de theorie zou kunnen ontzenuwen (een bezwaar van Popper, die later hierover een vleug metafysische spijt voelde). Kenmerkend voor natuurwetenschappelijke theorieën is (en blijft) dat zij vatbaar zijn voor een mogelijke ontwikkeling (nieuw feit, nieuwe interpretatie) die de theorie als een fout of als ontoereikend zou kunnen omverwerpen. Darwinisme echter is niet 'falsifiable', niet 'refutable' door feiten, want Darwinistische redeneringen ter verklaring van levensuitingen passen altijd omdat de redeneermethode tevoren passend gemaakt is, geen experimenteel bewijs nodig heeft (en overigens ook niet zou kunnen vinden). De handzame gedachtegang - so easy to understand, so fatally easy to accept, schreef Arber (1950) – verschafte de theorie een populariteit die geen natuurwetenschappelijke theorie ooit eerder te beurt viel, de warmte van een comfortabel wijd verbreid geloof dat nooit de causale verklaring van een orgaanfunctie of -vorm, van een voorval of een gebeuren in de levende natuur schuldig blijft.

De onvergankelijke verdienste van Darwin is dat hij voor leek en vakman wereldwijd evolutie tot een zekerheid, een 'feit' gemaakt heeft. Zelfs al zou zijn evolutieleer een aantoonbare vergissing blijken te zijn, dan nog gaf zijn methode het biologisch onderzoek zulk een élan, de onderzoekers zoveel leiding, dat het Darwinisme de biologie sinds 1859 hernieuwd en hervormd heeft. In Darwins geschriften - de resultaten van waarnemingen, overwegingen en eenvoudige proefjes - zijn verbazend veel uitspraken en vermoedens te vinden die later bevestigd werden.

Het spreekt vanzelf dat de tekorten van het Darwinisme (en het Lamarckisme) niet onopgemerkt bleven en ook dat Darwins koersverlegging van zijn theorie in de richting van het Lamarckisme niet zonder reden plaatshad. Hier volgt eerst een keuze uit de reacties op het Darwinisme, pro en contra, en daarna komen het werk en de gedachten van biologen die het Darwinisme en het Lamarckisme uitwerkten, aan de orde.

42. Bijval voor en bezwaren tegen het Darwinisme

Vóór Origin ter perse ging besprak Darwin met vrienden in het bijzonder de rol die natuurlijke teeltkeus in zijn theorie was toebedeeld, maar vond nauwelijks gehoor, naar hij zegt. Direct na verschijnen van zijn boek waren in zijn vaderland veel reacties vijandig. Al was de inhoud van zijn betoog niet verschillend van de opstellen die anderhalf jaar geleden in de Linnean Society niemand aanstoot gaven, nu lag een boek op tafel. Een goed geschreven en gecomponeerd boek bovendien. In kranten en tijdschriften protesteerden de geestelijkheid en geestverwanten. Darwin had echter leiders in natuurwetenschappen aan zijn zijde: de directeur van de Botanische Tuinen te Kew, J.D. Hooker, de vooraanstaande geoloog Lyell, de natuuronderzoeker Wallace, in Oost-Indië op reis, en de morfoloog-anatoom Th.H. Huxley, als altijd paraat voor een wetenschappelijk toernooi.

Hooker verdedigde in woord en geschrift het Darwinisme waar hij kon. Zijn voornaamste argument is te vinden in de inleiding van *Flora of Tasmania* waarin hij steun voor Darwins theorie afleidt uit de plantengeografie en uit de systematiek. Genera als *Rubus*, *Rosa* en *Salix* met hun talrijke, moeilijk definieerbare, 'nauw verwante' soorten zijn voorbeelden van evolutie bij planten.

Wallace bepleitte vanzelfsprekend het Darwinisme; prioriteitskwesties wogen hem niet zwaar en hij was niet zelden meer Darwinist dan Darwin zelf. Het voornaamste boek dat Wallace over afstamming maakte, heet Darwinism (1899).

Huxley streed voor Darwin met vuur en verve. Hij kreeg terecht de bijnaam Darwin's

bulldog. Het Darwinisme beviel hem bijzonder, want hij hield van een forse stoot tegen bijbelse gedachten over de levende natuur. 'Een wetenschappelijke aanpak heeft meer waarde dan resultaten, en waarheden die op een irrationele manier verdedigd worden kunnen meer schade toebrengen dan dwalingen om wetenschappelijke redenen.' Met Owen, die als een der eersten Darwin fel aanviel, kwam Huxley dikwijls in botsing.

Enige maanden na de publikatie van Origin bevatte de Quarterly Review een grof en hatelijk artikel, anoniem, tegen Darwin. De auteur was S. Wilberforce, bisschop van Oxford die, ofschoon hij door Owen voorgelicht en geïnspireerd was, onmiskenbaar liet blijken dat hij van biologie niets wist. Vrijwel terzelfder tijd had de jaarvergadering van de British Association (1860) in Oxford plaats; Darwin was niet aanwezig: ziek.

Wilberforce (Soapy Sam) loosde in de bijeenkomst van 700 biologen en belangstellenden een kritiek op Darwin en vroeg Huxley tijdens zijn toespraak of hij via zijn grootvader of zijn grootmoeder van de apen afstamde. Na, ter wille van meer effect, gewacht te hebben tot de vergadering hem verzocht te antwoorden, zei Huxley dat hij liever van een aap zou afstammen dan van een 'man met verstand... die beter moest weten dan zich met kwesties te bemoeien waar hij niet van op de hoogte is... en die met tirades en een slimme inzet van religieuze vooroordelen probeert verwarring te stichten.' Een woordenwisseling aan weerszijden beneden peil, maar bejubeld als een triomf voor Huxleys slagvaardigheid. Het overbekende voorval illustreert echter de emotionele sfeer die het Darwinisme begeleidde en tot op de huidige dag bleef begeleiden.

De vergadering droeg aanmerkelijk bij tot een snelle groei van Darwins aanhang in Engeland. Tien jaar nadien bleken, na onderzoek, drie van de vier wetenschappelijk werkzame biologen Darwinist te zijn, misschien wel het beste bewijs dat ooit geleverd werd van de onjuistheid van de stelling dat geleerden op latere leeftijd niet aan stramme gevestigde denkpatronen kunnen ontkomen. Hoewel Huxley de erkende kampioen van het Darwinisme in het Engelse taalgebied werd, bleef hij niettemin op allerlei punten van andere mening. Hij wees bij voorbeeld geleidelijkheid bij de evolutie af. Hij verklaarde allerminst te geloven dat de hypothese van transmutatie bewezen zou zijn, maar die hypothese toch als een machtig instrument bij onderzoek te beschouwen. Aanvaardt hem en hij zal tot resultaten voeren. Huxley voegde hier ten overvloede aan toe dat alle theorieën die met een *causa finalis* van doen hebben, steriel zullen blijven. Hij bewees met die bewering van de geschiedenis der biologie niet op de hoogte te zijn.

Met George Campbell, hertog van Argyll (1823–1900), wisselde Darwin tot zijn dood van gedachten. Zij werden het nimmer eens, maar in Darwins boeken wordt de duke of Argyll vele malen met erkentelijkheid vermeld.

Laatstgenoemde vond Darwins betoog weinig logisch en te streng materialistisch. Een algemene ordening beheerst de natuur en die bepaalt de natuurwetten (The Reign of Law). Niet zonder reden wees de hertog op Darwins studies van de bestuiving bij Orchideeën. De verwerping van elke vorm van teleologie druist in tegen zijn erkenning van de doelmatige bloemstructuur van de Orchideeën, een structuur die hij juist met behulp van doelmatigheid verklaart.

Bezwaren van S.J. Mivart, een anatoom die de katholieke leer verdedigde, nam Darwin steeds ernstig in overweging. Welke reden kunnen Joden hebben om na zoveel eeuwen nog altijd te besnijden? Waarom vererft zo'n verworven eigenschap niet?

Een natuurlijke teeltkeus tengevolge van ternauwernood merkbare varianten van de ouderlijke eigenschappen bij het nageslacht, is ongeloofwaardig. Dieren hebben eigenschappen nodig, onmisbare en nuttige, die hen doen overleven. De eerste minimale wijziging

Fig. 99. 'Een drie weken oude zuigeling kan zichzelf langer dan twee minuten hangend vasthouden. De houding van de onderste ledematen, voeten en tenen is opvallend aapachtig', verzekerde G.J. Romanes (Darwin and after Darwin I, 1893: 81). Darwin heeft nooit ronduit apen stamouders van de mens genoemd, ofschoon zijn vertoog vriend en vijand tot die conclusie moest leiden. Zijn volgelingen, minder omzichtig dan hijzelf, hadden geen moeite als waarheid te aanvaarden wat zij geloofden (Xenofanes, p. 23). Romanes beargumenteerde de afstamming van apen door een zuigeling aan een boomtak te laten bengelen. Haeckels biogenetische grondwet was aanleiding voor zijn proefneming en de bebladerde tak is bedoeld om de geloovigheid van de lezers te stimuleren.

Fig. 100. Twee afbeeldingen uit The Descent of Man and Selection in Relation to Sex (1871). Darwin wilde de aan de rand van de menselijke oorschelp dikwijls voorkomende kraakbeenpunt zien als rudimenten van een oorpunt van voorouderlijke dieren. Bij sommige apen had Darwin ook oorpunten aangetroffen. De embryologie roept Darwin te hulp als hij de puntige oren van 'orang' (chimpansee?) embryonen vermeldt en afbeeldt.

die een verandering van zo'n noodzakelijke eigenschap zou aankondigen, is niet nuttig. Hij heeft, op zijn best, niets te betekenen. Een orgaan functioneert pas nadat het volledig ontwikkeld is en niet eerder. Met die veronderstelde beginseltjes kan natuurlijke teeltkeus niets uitrichten. Darwin kon Mivarts kritiek niet ontzenuwen en het bezwaar behield zijn kracht. Darwins antwoord, dat ook gewoonte, gebruik en onbruik, toenemend nut kunnen teweegbrengen (met vererving van de orgaanverbetering), raakt de kern van de tegenwerping niet.

Twee Duitsers die in Engeland woonden en werkten hadden onmiddellijk grote belangstelling voor het Darwinisme: Friedrich Engels (1820–1895) en K.H. Marx (1818–1883), zijn protégé. Engels, mede-firmant van een fabriek in Manchester, kocht Origin op de dag van publikatie en werd dadelijk een enthousiaste Darwinist. Marx, die vrijwel tegelijk met Origin zijn Zur Kritik der Politischen Ökonomie gepubliceerd had, schreef in 1861: 'het boek van Darwin is zeer belangrijk en komt mij als een grondslag voor de geschiedenis van de klassestrijd goed van pas.'

Marx stuurde Darwin het eerste deel (in 2e druk) van Das Kapital (1867), hetgeen hem een bedankbriefje opleverde. Darwin had geen belangstelling voor marxisme en las het boek niet.

Engels schreef Anti-Dühring (1878), een gloeiend geestdriftige aanval op de filosoof, econoom en politicus E.K. Dühring (1833–1929), docent in Berlijn die het Darwinisme afwees. Het boek is nog altijd boeiende lectuur, maar biologen vinden er te weinig van hun gading in, ofschoon zij de inspirerende uitwerking van Darwins meningen constateren (en de oorsprong aantreffen van de ruwe, betweterige stijl die Russische biologische publikaties typeert). In zijn toespraak bij Marx' graf (1883) zei Engels: 'Evenals Darwin de evolutiewet van de levende natuur ontdekte, ontdekte Marx de evolutiewet van de geschiedenis der mensen.'

Met Asa Gray (1810–1888) hoogleraar in natuurlijke historie aan de Harvard University, wisselde Darwin vele jaren lang brieven. Hij had de gewoonte zijn moeilijkheden, twijfels over consequenties en toepassingen van zijn theorie, aan Gray voor te leggen. Gray introduceerde het Darwinisme in de Verenigde Staten, met grote gevolgen. In plaats van de theorie als een atheïstische leer van toevalligheden gepaard aan natuurwetenschappelijk onvermijdelijke gevolgen te beschouwen, legde Gray in 1861 in drie artikels uit (later in zijn Darwininiana, hoofdstuk III opgenomen), dat Darwinisme en een van Godswege ingestelde natuurorde allerminst strijdig zijn. Darwin had, zei hij verheugd, de teleologie opnieuw in de levende natuur ingevoerd.

> 'Laat ons de grote dienst die Darwin de natuurwetenschappen bewezen heeft, erkennen, want hij heeft teleologie weer teruggebracht en voortaan zullen Morfologie en Teleologie hand in hand gaan, niet langer elkaars tegenstanders zijn.' (1874).

Darwin antwoordde per brief dat hij met de opmerking over teleologie bijzonder ingenomen was en dat hij 'dacht dat niemand anders dit ooit had opgemerkt.' Of Huxley zich evenzeer als Darwin over Grays waardering verheugd heeft, laat zich betwijfelen.

43. Agassiz en Gods plan

J.L.R. Agassiz (1807, Motier-en-Vuly (Zwitzerland) – 1873, Cambridge (USA)), van Franse afkomst, zoon van een piëtistische dominee, studeerde medicijnen in München waar hij onder J. Döllingers leiding het ontleedmes leerde hanteren en de microscoop. Hij werk-

te over embryologie. Vervolgens ging Agassiz naar Heidelberg (waar hij vier hoog aangeschreven duellisten van Duitsland op de degen versloeg) en naar Zürich. Hij volgde colleges van Schelling en Oken, verkreeg bevoegdheid als arts (1830) en bezwoer nimmer een praktijk te zullen uitoefenen. Hij behoort tot de romantische biologen.

Geld had hij niet, nog niet om boeken te kopen. Twee delen Histoire des Animaux sans Vertèbres van Lamarck schreef hij over (en deed in latere jaren goed werk over diepzeedieren(ongewervelden)). Hij verdiende al studerend een kleinigheid door alle vogels van de verzameling van een van zijn professoren te tekenen. Vissen hadden echter zijn voorkeur. Een collectie Braziliaanse vissen leidde tot een publikatie (*Selecta Genera et Species Piscium*...) die hij aan Cuvier opdroeg. Na meer onderzoek over zoetwater- en fossiele vissen ging hij naar Parijs en ontmoette Cuvier. Het bleek dat zij zich beiden met hetzelfde onderwerp, vissen bezighielden. Cuvier gaf Agassiz vrij baan en overhandigde hem zijn materiaal en aantekeningen. Een jaar later (1832) stierf Cuvier en in 1833 verscheen het eerste deel van Recherches sur les Poissons Fossiles dat in 1844 met het 5e deel werd afgesloten; een uitstekende studie van circa 1700 soorten uitgestorven vissen, zowel descriptief als taxonomisch, die een standaardwerk bleef.

Agassiz beschikte over een verbazende werkkracht, was een geboren organisator en verrichtte op veel terreinen pionierswerk. Van 1832–1846 was hij hoogleraar in Neuchâtel. Vier delen Monografieën van Stekelhuidigen (levende en gefossiliseerde) publiceerde hij tussen 1838 en 1842.

Vanwege zijn geologische bekwaamheden nodigde Charpentier, de directeur van de zoutmijnen in Bex, hem uit de gevolgen van vergletschering te bestuderen. Kunnen gletschers eertijds de aardkorst verregaand beïnvloed hebben, op plaatsen waar nu geen gletschers zijn? Een waarnemingsstation verscheen op de Aar-gletscher met een staf van medewerkers, dank zij Agassiz' rusteloze pogingen. Hij toonde in 1840 (Études sur les Glaciers) aan dat in Europa ijstijden heersten ten gevolge van een enorm veel groter gletscherareaal dan tegenwoordig. Daarna ruzie met Charpentier over prioriteiten. Het onderzoek van Agassiz was de inleiding tot de latere grootscheepse onderzoekeningen over Europese ijstijden.

Een uitnodiging voor een serie voordrachten in Amerika (1846) bood soelaas voor huiselijke en financiële perikelen. Agassiz, een inspirerende figuur met grote sprekerstalenten, werd in 1847 benoemd tot hoogleraar voor geologie en zoölogie aan de Harvard Universiteit, als collega van Asa Gray.

In 1849 verscheen Twelve Lectures on Comparative Embryology. Voorts wilde Agassiz een complete Natuurlijke Historie van Noord-Amerika schrijven. Vier delen kwamen gereed (Contributions...; 1857–1862). Agassiz reisde van New York naar San Francisco via de Straat van Magellanes en bezocht onderweg de Galápagos Eilanden. 'Darwin heeft er niets van begrepen', verklaarde hij achteraf. Hij leidde in 1865 een expeditie in Brazilië en bracht 80 000 collectie-nummers vissen mee terug voor het Museum of Comparative Anatomy (Harvard University, Cambridge (Mass.)) dat hij tot stand wist te brengen en dat één van Amerika's schoonste biologische bezittingen werd. Met krachtige steun van Agassiz werd in 1863 de National Academy of Sciences in Amerika opgericht.

Agassiz was katastrofist, ofschoon hij bij Lyell en in zijn gletscheronderzoek veel aantrof dat hij beperkt wilde laten gelden. Na iedere wereldkatastrofe heeft echter een geheel nieuwe schepping van flora en fauna plaatsgehad, door Gods eigen toedoen, en dit twintig maal. Hij legde het uit in Methods of Study in Natural History, een veel in Amerika geraadpleegd (19 edities) werk, maar door Darwin als 'een boek van niks' (a very poor book)

beschouwd. Zijnerzijds beoordeelde Agassiz het Darwinisme niet gunstiger: 'Ik zal de transmutatie-theorie beoordelen als een wetenschappelijke dwaling die feitelijk onjuist, methodisch onwetenschappelijk en van nature verderfelijk is.' De term 'evolutie' reserveerde Agassiz voor 'embryonale ontwikkeling.'

Het Darwinisme, zei Agassiz, negeert de scheppende kracht die zich overal in de levende natuur openbaart. Soorten kunnen wel variëren maar gaan nimmer in elkaar over. Individuele organismen sterven maar geven aan hun nakomelingen, generatie na generatie, al wat hen kenmerkte, het soorteigene, door terwijl individuele eigenschappen met het individuele organisme verdwijnen. Individueel bestaan is een materieel bestaan, maar soorten, genera en families en hogere orden zijn denk-catagorieën, wel te weten gedachten van de Supreme Intelligentie. Zodoende bestaan zij eeuwig, onafhankelijk en onveranderlijk (introductie van de Contributions in 1857, herdrukt als Essay on Classification; 1858). Rudimentaire organen - zoals de tandrudimenten in walvisembryo's of de tepels van alle ♂ zoogdieren - zijn aanwezig omdat het bouwplan hun aanwezigheid vereist. Het laat zich vergelijken met functieloze elementen die een architect in een gebouw plaatst terwille van de symmetrie en harmonie van de architectuur in zijn geheel.

Darwins embryologische argumenten zijn onvoldoende. Gelijkheid van embryonale fasen bewijst niets aangaande een gemeenschappelijke afstamming.

Bij Agassiz bracht Lamarck het er niet beter af dan Darwin. In hetzelfde milieu leven hoogst verschillende dieren: kijk eens in een waterdruppel. Welke reden zou daar zijn voor 'besoins et désirs'? In de meest verschillende milieus leven dezelfde dieren, wolven, vogels, mensen. Hoe kan het milieu dan de organen van een levend wezen vormen? Vogel is vogel, van evenaar tot pool, volgens bouwplan en in details. Denk aan de vogelveer, de visseschub (1858).

De vier 'embranchements' (bouwplannen) die Cuvier omschreef waren op aarde sinds het leven begon. Wel kwamen nieuwe vormen daarna weer, maar geen wezenlijk nieuwe. Het zijn latere, meer duidelijke uitvoeringen van het oorspronkelijke bouwplan. De mens is het hoogtepunt, meer kán niet, wel zal het menselijk verstand zich nog hoger ontwikkelen (Essay on Classification; 1859; de 1869-editie is anti-Darwin).

De blanke en de zwarte zijn twee soorten, de chimpansee een derde soort. Alle drie soorten hadden hun eigen Adam, elke Adam was de uitdrukking van een Godsgedachte. De Adam-chimpansee was dierlijk, de Adam-blanke was het eerste intelligente wezen.

Bij Darwin zijn mens en chimpansee dieren. De mens is een dier met meer, en meer ontwikkelde hersenen, dat van meer ervaring geprofiteerd heeft. Bij Agassiz zijn chimpansees dieren en mensen mensen.

De dierenwereld, zegt Agassiz, is de zichtbare stoffelijke manifestatie van Gods Plan. Wetten hebben het aantal groepen geregeld en regelen ook het aantal individuen samen met het woongebied van soorten. Algemeen of zeldzaam is niet toevallig maar wetmatig: vleesetende dieren en prooi bevolken een areaal in een vaste getalverhouding. De hoeveelheid dieren in een areaal wijzigt van nature niet.

> 'Eens zal de Natuurlijke Historie de analyse zijn van de gedachten van de Schepper van het Universum zoals zij in het Dieren- en Planterirrijk tot uiting komen evenzo als in de anorganische wereld.'

Het gaat niet aan de anorganische wetgeving afgeleid te noemen, secundaire causa's die de *Prima Causa* instelde. De natuurwetgeving, anorganisch en organisch, geven beide rechtstreeks uitdrukking aan Gods regeling en regels.

Het Plan laat zich heel duidelijk en verrassend herkennen aan 'profetische' diervormen

die aantonen hoe het scheppingplan in zijn geheel rijpelijk overwogen en gereed was lang voor het tot uitvoering gebracht werd. De Pterodactylen zijn een vroege fase van het concept Vogel, de Ichthyosauren van de *Cetaceae* (Walvisachtigen). Opeenvolgende scheppingen kunnen hetzelfde ontwerp voortzetten op soms méér dan één manier.

De anatomie van een diersoort wijzigt zich na zijn begin niet meer, evenmin als de fysiologie. Een systematiek die op morfologie en anatomie berust is onvoldoende: onmisbaar zijn embryologische, paleontologische, fysiologische en geografische gegevens om de natuurlijke rangschikking en begrenzingen te benaderen, kortom de structuur van de schepping die ons meest verheven inzicht oneindig te boven gaat en die niet met fysische materiewetten verklaarbaar is.

> Met deze visie zullen 'we eens en voor altijd bevrijd zijn van de troosteloze theorieën die ons aan wetten binden die karakteristiek voor materie zijn om daar de verklaring te vinden van alle wonderen van het universum, theorieën die, omdat ze God buitensluiten, ons overleveren aan de eentonige, nooit gevarieerde werkzaamheid van de dode natuurkrachten die alles kluisteren aan een onontkoombare bestemming.'

Het scheen mij noodzakelijk hier kort gevat hoofdzaken uit Agassiz' biologie te vermelden, al heeft zijn theorie heden geen aanhangers meer. Kwaliteit, grandeur en orginaliteit laten zich bij deze 19e-eeuwse Platonist niet ontkennen. Tussen zijn idealistische en transcendente biologie en Darwins materialisme zijn de verschillen volstrekt en onoverbrugbaar. Voor beide theorieën is waarnemen punt van uitgang en beide moeten experimentele steun nagenoeg ontberen. Agassiz verloor de strijd. Voor een veel uitvoeriger verslag verwijs ik naar P. Thuilliers opstel (1981: 35-71), dat mij van veel nut was.

Frankrijk, waar eens de Engelse Verlichting met zoveel gloed verdedigd werd, had voor Darwins leer weinig waardering. Kritieken van bij voorbeeld P. Flourens, vooraanstaand hersenfysioloog en -anatoom (Examen du Livre de M. Darwin; 1864) en vooral van A. de Quatrefages, die het Darwinisme bij herhaling degelijk en gedetailleerd onderzocht (Charles Darwin, 1870), vonden bijval en misschien gaf de afwijzing door Pasteur en door Claude Bernard bij Franse twijfelaars dikwijls de doorslag.

Darwin was met Haeckels dikke boeken en conclusies bijzonder ingenomen. Hij erkende in de inleiding van The Descent of Man (1871) dat die bioloog (naturalist) 'naast zijn prachtige werk Generelle Morphologie (1866) nog onlangs Natürliche Schöpfungsgeschichte [1868, 2e editie 1870] gepubliceerd had en daarin de afstammingsreeks (genealogy) van de mens tot in alle details behandelde. Als dit werk vóór ik mijn verhandeling (essay) schreef verschenen zou zijn, had ik hem waarschijnlijk nooit voltooid. Bijna alle gevolgtrekkingen die ik maakte worden door die bioloog [Haeckel] bevestigd, wiens kennis van zaken dikwijls de mijne overtreft.' Dikwijls waren mogelijkheden naar Darwins oordeel, zekerheden bij Haeckel.

44. E.H. Haeckel en de gevaren van de geestdrift

Ernst Heinrich Haeckel (1834, Potsdam - 1919, Jena), zoon in een welgesteld Pruisisch gezin waar cultuur en vaderland de sfeer bepaalden, kreeg een goede klassieke schoolopleiding terwijl hij vrije tijd vond om plantkunde te leren en Goethe te lezen. Schleiden was hoogleraar in Jena en Haeckel wilde bij hem gaan werken, maar toen het zover was (1852) besloot zijn vader dat hij in Würzburg medicijnen zou studeren. Daar kreeg hij onderricht van Kölliker (weefselleer) en Virchow. Opgetogen was Haeckel over een ge-

schenk van zijn vader: een microscoop. Voor zijn doctorsgraad maakte hij twee opstellen, resultaten van zijn microscopisch onderzoek. Het eerste (bij Virchow) over aderafwijkingen en het tweede over weefsels van rivierkreeftjes. In Berlijn, waar hij dat onderzoek voltooide, inspireerde het onderwijs van J. Müller hem.

Toen Haeckel, een christelijk denkende en voelende jongeman, in Italië reisde, zoals Goethe hem was voorgegaan, besloot hij (in Sicilië) zich aan de biologie te wijden. Zijn geloof had hij reizend in nieuwe landschappen afgezworen: hij was nu atheïst.

In Messina maakte hij, gedachtig aan Müllers voorliefde voor marien onderzoek, een collectie plankton en schreef vervolgens – na microscopische bestudering van zijn buit – Die Radiolarien, een uitzonderlijk fraai boek. Het bevat onder meer de afbeeldingen en beschrijvingen van ruim honderd door hem ontdekte soorten en vele waarnemingen over het gedrag van levend protoplasma.

Zijn opmerkingen over pseudopodiën en plasmastromingen bij deze eencellige organismen, gevoegd bij het onderzoek van de levende celinhoud dat overal in Europa (na Schleiden en Schwann; VII.34) biologen bezighield, werden hoog gewaardeerd. Hij zocht tevens naar een rangschikking van de Radiolarien volgens een verwantschap die min of meer een evolutie zou weerspiegelen. Na vijf en twintig jaar onderbreking schreef Haeckel twee supplementdelen, maar zij missen kwaliteiten van het vroege werk. Zijn boek en de hulp van de leidende anatoom Gegenbaur verschaften hem de benoeming in Jena als hoogleraar voor de zoölogie (1862), een leerstoel die hij tot 1909 bezette.

In Duitsland werd Haeckel ontegensprekelijk een der meest invloedrijke biologen. Hij is tijdens zijn leven en daarna onbarmhartig gekritiseerd en torenhoog geprezen; beide partijen beschikten ruimschoots over argumenten. Ik zoek voor mijn kort verslag een weg die naar weerszijden enig zicht laat en leg de nadruk op zijn werk als factor in de ontwikkeling van de biologie.

Ter gelegenheid van de jaarvergadering van de Vereniging van Duitse natuuronderzoekers en artsen in Stettin (1863) was de voordracht van de jonge hoogleraar uit Jena een uittreksel uit Origin toegespitst op natuurlijke teeltkeus, de strijd om het bestaan, en op de afstamming van de mens. Het Darwinisme had met Haeckel een onvermoeibare, niets ontziende voorvechter verworven die de leer ongeremd toepaste en van eigen accenten voorzag.

Bij Haeckel is de evolutie vooruitgang, het bereiken van een hoger niveau. De natuur laat een nutteloze orgaanrest over ('dysteleologie'), maar opwaarts streven overheerst. Hij schreef dat geen mensenmacht de vooruitgang kan verhinderen: het is een natuurwet.

De romantiek kleurde Haeckels denken levenslang. Hij was verlekkerd op 'kunstvormen in de natuur' (1900–1904), 'raadsels van het heelal' (1899) en tegelijkertijd niet alleen vast overtuigd dat die raadsels voor de evolutieleer zouden wijken, maar ook dat hijzelf veel raadsels meester zou worden zeker indien hij al wat naar bijbel of christendom zweemde, de deur uitjoeg. Voor wie zich oprecht aan vooringenomenheid wijdt, wordt het onzekere zeker en onware waar: Haeckel is een schoolvoorbeeld. Biologen kunnen glimlachen over zijn ontdekking van 'mannen met profetische gaven' die Darwinisten in aanleg zouden zijn, zoals Goethe, Geoffroy en Oken. Een ernstiger misstap is de aanvaarding van de regel dat wie de waarheid in pacht heeft niet bedriegt als hij de feiten zo bijkleurt dat zij de waarheid duidelijker aan het licht brengen, een regel die Haeckel bij herhaling toepaste. Toen bij voorbeeld zijn evolutionaire embryologische betoog een steuntje nodig had, zette hij op een ape-embryo een embryonaal menselijk hoofd en liet dit als bewijsstuk afbeelden. Zo gedragen zich politici die beroepshalve met de feiten moeten

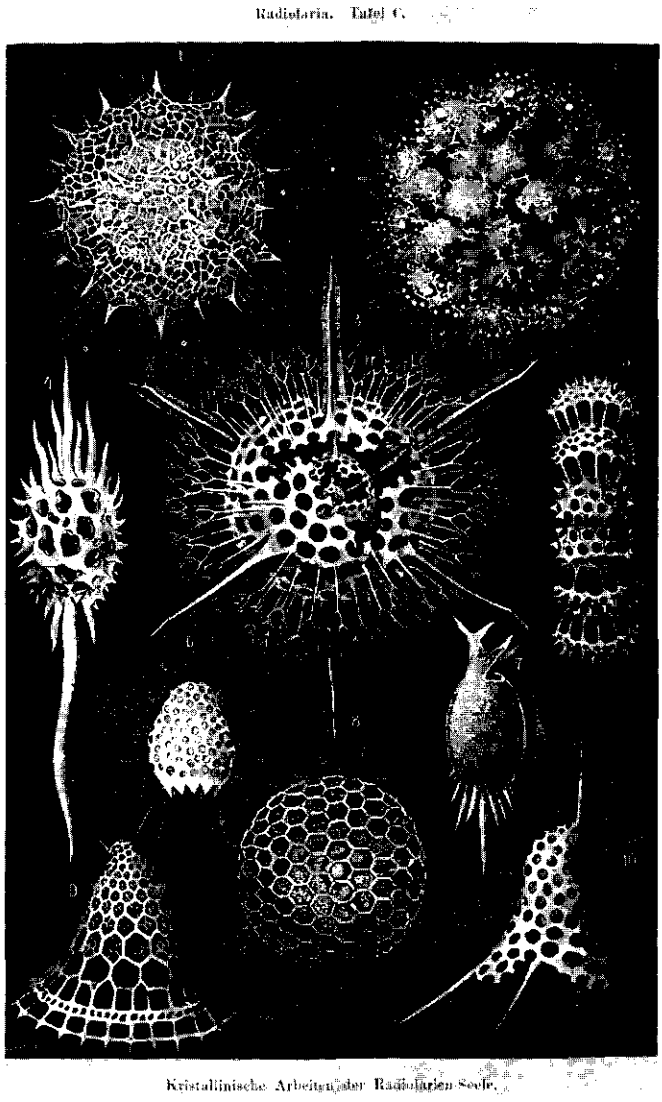


Fig. 101. Uit Haeckel, Kunstformen der Natur. Radiolaria. Tafel C

Haeckel schreef: 'Nog in de kinderschoenen werd ik door de fraaie vormen van de levende wezens geboeid en sedert een halve eeuw wijd ik mij bij voorkeur aan morfologie studies en ik trachtte niet slechts de wetten die hun ontwikkelingsgang beheersen te ontdekken, maar ook door tekenen en schilderen dieper door te dringen in de geheimen van hun schoonheid. Op talrijke reizen die ik in vijf en veertig jaar volbracht, heb ik alle landen en kusten van Europa leren kennen en tijdelijk was ik werkzaam aan de meest interessante kusten van noordelijk Afrika en zuidelijk Azië. Duizenden figuren heb ik tijdens deze wetenschappelijke reizen naar de natuur getekend.' ... A. Giltsch was behulpzaam bij de lithografie en 'künstlerische Ausführung der Figuren'.

De reeks prachtige tekeningen, door tekst begeleid, publiceerde Haeckel in 1899 (Kunstformen der Natur). Het bijschrift bij *Radiolaria* Tafel C herinnert aan de kristallijne opbouw van levende materie en organismen – zoals Buffon in de 18e eeuw nog bepleitte – en de Radiolarien-Seele is een telg van de Wereldziel, waar Platoon de stamvader van was en die besmet met Naturphilosophie zijn werkstukken aan Haeckel ter beoordeling voorlegde.

knoeien, maar biologen die hun wetenschap dienen mogen dat niet.

Met bijdragen van zijn goede vriend Gegenbaur schreef Haeckel een 2-delige Generelle Morphologie (1866; zoëven genoemd), waarin de Darwinistische theorie leidraad was.

Morfologisch onderzoek van enige diepgang had Haeckel verricht bij Eencelligen en ongewervelde dieren, maar met gewervelden had hij zich niet noemenswaardig bezighouden. Gegenbaur deed wat hij kon om de tekorten aan kennis aan te vullen die Haeckels Kritische Grondslagen van de Mechanistische Wetenschap der tot Ontwikkeling Gekomen Vormen der Organismen op Basis van de Afstammingsleer niet konden verbloemen. Het gelukte ten dele. Het eerste deel werd aan hem opgedragen, het tweede aan Darwin, Goethe en Lamarck; zeer tot genoegen van eerstgenoemde. Goethe's General Morphologie werd in de titel herdacht.

Een neiging tot rangschikken, die met het klimmen der jaren steeds minder consequent en steeds minder bezonnen tot uiting kwam, verdient de kwalificatie 'taxonomisch' eigenlijk niet. De Generelle Morphologie laat het al goed zien. Als voorbeeld noem ik de driedeling van de anorganische natuur (mineralogie, hydrologie en meteorologie), parellel met de organische natuur (zoölogie, protistologie en botanie).

Vitalistische en dualistische uitgangspunten voor biologische interpretaties, zo horen wij van Haeckel, zijn dom en verouderd. Door morfologische studies bestuurd door mechanistisch verklaarde causa's zullen alle levensvormen en -uitingen tot een universeel monisme herleid wordten, tot een alomtegenwoordige alléénwerkzame kracht. Zoiets vereist 'filosofisch denken en niet zinloos bekijken van natuurverschijnselen'. Monistisch besef leerde Haeckel dat dode en levende materie niet wezenlijk verschillen ('geen onoverbrugbare kloof'). Kristallen en kristalvorming laten precies zien op welke manier levende cellen tot stand komen, hoe zij gebouwd zijn en hoe ze zich vermeerderen. Het detail stemt samen met het geheel. De stereometrie eigen aan de structuur van de organismen is voor morfologen juist zo belangrijk als die van de kristallen voor de kristallograaf (Het zou best kunnen zijn. Haeckel muntte uit in zulke uitspraken en hij wist van morfologie weinig en van kristallografie niets af.)

Een fortuinlijke suggestie is dat de celkern met erfelijkheid te maken kan hebben. Overigens: geen raadsel verbonden aan organisch leven of mechanistische overweging van de feiten gepaard aan een Darwinistische interpretatie zal tot een volledig begrijpen leiden. Onverhoeds deelde Haeckel echter mee dat materie zonder geest ondenkbaar is, en geest zonder materie evenzeer. Zij zijn één, onafscheidelijk en te zamen het monistisch heelal. Hier laat zich de herinnering aan de biofilosofie van de Ioniërs niet onderdrukken en aan de wijsbegeerte van Hegel evenmin. Voor Haeckel echter is Darwin de Newton van de biologie en zijn Origin de 'bijbel van de 19e eeuw'.

Als het ging om teeltkeus en overlevingskansen woog inmenging van het milieu bij Haeckel veel minder zwaar dan bij Darwin. De doorslag geeft de onderlinge strijd van de levende wezens. Daar past deze analogie weer op: organen van één individu strijden om de overhand. Dit is echter een vitalistisch principe dat door Haeckel, de anti-vitalist, gemakshalve over het hoofd gezien werd. Vervolgens omnevelt de romantiek Haeckels voortgezette redeneringen. Evolutie is een samenwerkende uitwisseling tussen een inwendige vormingsdrift (innerer Bildungstrieb) en een uitwendige. De uitwendige is de invloed van het milieu. Darwin is nu ver te zoeken, Goethe meer nabij en Lamarck applaudisseert.

Vermoedelijk zou Darwins instemming met Haeckels Generelle Morphologie getemperd zijn als hij de smalle basis van Haeckels beweringen had doorzien, de grofheid van Haekels oordeel over de meningen van anderen begrepen, als hij zelf anatomisch of

morfologisch geschoold zou zijn geweest. Haeckels landgenoten echter waren niet geneigd kaf van koren te scheiden en het boek van Haeckel werd bijna doodgezwegen. Deze besloot nu een beroep op het volk te doen. Allereerst moest een andere titel de marktwaarde verhogen; het herziene boek heette Natürliche Schöpfungsgeschichte. De theoretische beschouwingen werden tot een bescheiden omvang teruggebracht en de afstamming van de mens kreeg veel meer nadruk. Met de nieuwe titel werd de Generelle Morphologie een best-seller: 10 Duitse herdrukken en 11 vertalingen (Rädl, 1909: 271).

De Monerentheorie ontwikkelde Haeckel in 1868 (Monograph der Moneren) en in 1870 (Studiën über Moneren...). Omdat een schepping door God ondenkbaar is moeten we aan een spontaan verschijnen van levende wezens geloven. Uit levenloze materie kristalliseerde zich de eerste levende stof. Dat mag 'Plasson' heten en een beetje daarvan Zytode. De daaropvolgende concentratie levert een kernloze cel, een Monere.

Indien in het plasma veel kernen verschijnen noemen we zo'n levend wezen een Syncytium. Deze celvorming is een veel voorkomend proces. Haeckel weet van groene Phytomeren (zoals sommige *Cyanophyceae* (Blauwalgen) en de bladgroenkorrels die eens zelfstandig leefden) en Zoomeren (zoals Protamoeben en Bacteriën).

De eerste levende wezens op aarde onderscheidden zich door een molecule koolstof, zwavel of fosfor, meer of minder. Aanvankelijk stelde Haeckel zich voor dat elk dierfylum (hij stemde min of meer in met de onderscheiding van de vier 'embranchements' volgens Cuvier) het nageslacht zou zijn van één bijzondere Monere (polyfyletische afstamming), maar later besloot hij toch tot één Monere, één oercel voor alle dieren.

Ik trof in de studies over *generatio spontanea* van 100 jaar later (XII.18-20) geen verwijzingen aan naar de merkwaardige overeenkomsten die zij bevatten met enige van Haeckels Moneren-bespiegelingen, maar zelfs uit de summiere gegevens in mijn overzicht kunnen deze worden afgeleid.

Een geleiachtig beslag op stenen uit de Atlantische Oceaan, opgedregd bij het leggen van een kabel, herkende Huxley als protoplasma, een doorschijnende gelei waar fijne (kalk)korreltjes in te zien waren. Dit moest de Monere zijn en Huxley doopte hem *Bathybius haeckelii* (Haeckels dieptediertje). De Challenger-expeditie bracht daarna (in 1879) aanvullend materiaal mee, dat Huxley deed inzien dat hij zich vergist had en dat het diepzeeslijm niets anders was dan een anorganische afzetting. Hij erkende zijn fout. Haeckel liet zich echter zijn prijsdier niet zo maar ontnemen, protesteerde, beriep zich op een vondst bij Groenland, maar het mocht niet baten. De donkere, geheimzinnige diepzee, vol vreemde wezens bleef natuurlijk toch het milieu waar Moneren verwacht mochten worden.

Een grondig onderzoek van de kalksponzen (*Calcarea*; die Kalkschwämme; 1872) leed schade door Haeckels vaste voornemen Darwins evolutietheorie bij zijn onderzoek toe te passen op de systematiek van deze weinig bestudeerde zeedieren. De kalksponzen waren geordend naar mondkenmerken en eventuele kolonievorming. Een kunstmatige rangschikking, oordeelde Haeckel, want die eigenschappen zijn 'adaptief', afhankelijk van de milieufactoren.

Een fylogenetische systematiek zou vanzelfsprekend, dacht hij, zeer goed kunnen leiden tot een verbeterde indeling van de kalksponzen, maar daartoe moeten veel gegevens van verschillende aard gecorreleerd worden, veel meer gegevens overigens dan die Haeckel ter beschikking kwamen.

Hij splitste de orde in families op grond van de vorm van de poriën en de gangen in

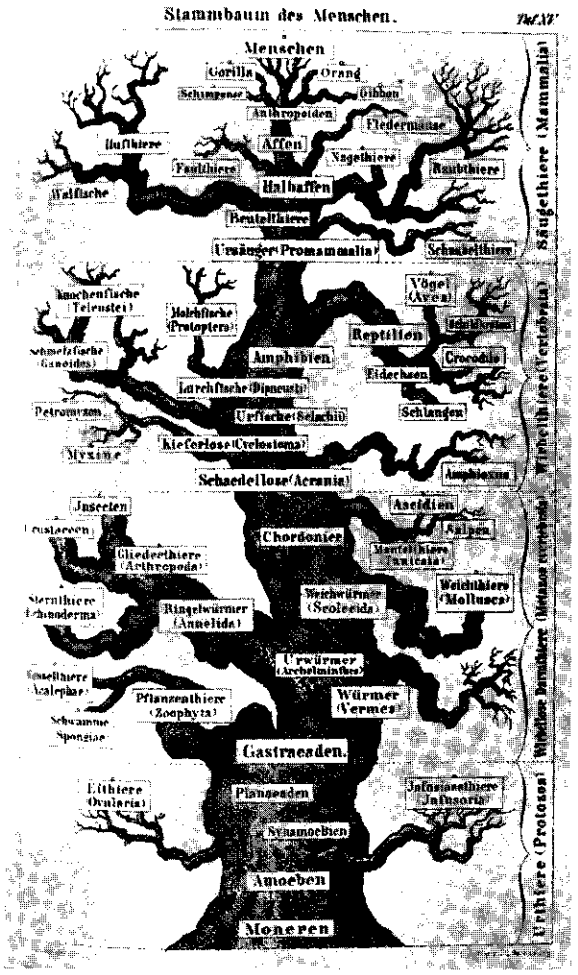


Fig. 102. Haeckels stamboom van de mens. De wodanseik laat in één oogopslag zien dat de walvissen en de hoefdieren van de buideldieren afstammen. *Amphioxus* (het lancetvisje) is een verre zijtak aan de hoofdstam; de tekening maakt duidelijk dat de oorspronkelijke *scala naturae* (X.10) geheel heeft afgedaan.

In 1868 onderscheidde Haeckel 12 trappen (Stufen) van ontwikkeling, beginnend met de Moneren (Ueber die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts). Moneren zijn 'volstrekt eenvoudige microscopisch kleine klompjes slijm zonder enige structuur of organisatie (ohne alle Struktur und Organisation)'. De willekeurige scheppingsdaad moeten we vervangen door een 'noodzakelijke ontwikkeling'-wet die Darwin vaststelde. De 11e trap van ontwikkeling zijn de mensapen (Orang, Chimpansee en Gorilla). Daarop volgt de 12e en hoogste trap, Aapmensen of oermensen. Oermensen geleken op de huidige inwoners van Nieuw-Guinea (ähnlich) en van Zuid-Azië, de 'wolklköpfige Papua-Negern, jedoch noch tiefer stehend'. De Haeckelse oermens (*Homo primigenius*) sprak niet en was stamouder van de vijf rassen die 'ebensoviele gute Arten oder Species darstellen'. Blumenbach onderscheidde vijf rassen (*Homo albus* (blank), *H. luteus* (geel), *H. rufus* (Amerikaanse indianen), *H. fuscus* (Maleiers, bruin), *H. niger* (zwart, Afrikanen). Bij nader inzien wil Haeckel het genus *Homo* in bij voorbeeld tien soorten splitsen. Hoger en mooier dan alle andere soorten heeft de *Homo caucasicus* zich geëvolueerd.

Het Darwinisme (veranderd nageslacht, verbeterde overlevenden na selectie en vernietiging van het minder geslaagde) leidde rechtstreeks tot wetenschappelijke steun voor de leer dat bij de evolutionair verder voortgeschreden en dus dominerende groepen, de niet-geslaagde groepen achtergeblevenen afgescheiden, uitgeschakeld en vernietigd behoorden te worden. Allerlei politieke consequenties van het Darwinisme worden in de 20e eeuw gedemonstreerd.

de wanden. Een goede greep, die door latere onderzoekers bleef gehandhaafd. De onderverdeling van de families in genera volgt de vorm van de kalknaaldjes in de kalkskeletten. Dit heeft weinig instemming ontmoet. Theoretisch gaat Haeckels systematiek mank, want hij hanteerde één scheidingscriterium ter begrenzing van groepen in lagere rangorde.

Men mag zich verwonderen dat hij een hoofdzaak van het Darwinisme (onophoudelijke divergentie) zo weinig begreep, dat hij een monofyletische systematiek ontwierp en dacht dat hij evolutionistisch te werk ging.

Zijn terminologie getuigt van zijn bedoeling soortgrenzen uit te wissen. Specifische, connectieve en transitorische variëteiten doen hun intrede en begin-, verbindings- en overgangssoorten; de ouderwetse soorten zijn uitgebannen. Niettemin bewees Haeckels 'nieuwe aanpak' de biologie een dienst, want hij gaf een voorbeeld van de gevolgen als een evolutionaire systematiek de geijkte zou vervangen. Hij had nauwelijks navolgers en zelf liet hij in latere jaren dit schimmenspel varen.

Belangrijke gegevens voor een theorie die Haeckel ontwikkelde en die tientallen jaren een verbazend grote invloed op het embryologisch onderzoek zou uitoefenen, vond hij door microscopische studie van de jongste larvefasen van de kalksponzen.

Huxley had de buitenlaag (huid) en de binnenlaag (darm) van de kwallen (*Medusae*) vergeleken met de lagen die de eerste ontwikkelingsfasen van de zoogdierembryo's te zien geven (1849). Met het embryologisch onderzoek van Meckel, Von Baer en anderen was Haeckel vertrouwd én hij begon een synthese. Een studie over de fylogenie van de dieren verscheen in 1874 in het Jenaer Zeitschrift met de titel Die Gastraeatheorie. Deze verwijst naar de larven van grote groepen zeedieren (Wormen, Weekdieren, Stekelhuidigen enzovoorts). Het zijn dubbelwandige blaasjes, een buiten- en een binnenwand, één cel dik, de zogenaamde planula-larven. Haeckel kende ze goed.

Bolvormige larven met een enkelvoudige lichaamswand die instulpt zodat een zakvormig dier met dubbele wand ontstaat, kan gastrula heten (maagje, de binnenlaag van het kommetje te vergelijken met een darm). Men treft ze onder meer aan bij sommige sponzen. Een bolvormig oerdiertje, gelijkend op een bal met een deuk, wilde Haeckel Gastraea noemen; zo'n diertje zou eens geleefd moeten hebben en de oorsprong geworden zijn van alle meercellige dieren. Uit de Gastraea kwamen twee afstammingsreeksen voort. De ene werden Holtedieren en hun stamouder was *Protascus* (een buidelvormig dier dat vrij in zee leefde, veronderstelde Haeckel). De andere reeks begon met *Prothelmis* (een op de zeebodem kruipend levend wezentje), waar de Wormen uit voortsproten, en uit de Wormen het overige Dierenrijk. Uit de vrij levende *Protascus* ontstonden alzijdig symmetrische (straal)dieren en uit de kruipende *Prothelmis* de tweezijdig symmetrische dieren. Rádl (die mij deze gegevens verstrekte, 1909: 288–290) schetste Haeckels dierfylogenie: Protozoa (eencellig), daarna (via Gastraea) Metazoa (Veelcelligen). Kortheidshalve verwijs ik naar Rádls gegevens en noteer slechts dat Haeckel drie larvale embryovormen onderscheidde: enkelwandig, dubbelwandig en een vrije derde cellaag (mesoderm) tussen de twee 'kiembladen', en ten derde een vierlagige wand, en wel tussen de binnen- en buitenwand een dubbele cellaag mesoderm terwijl tussen de mesodermlagen twee holten (coeloomholten) verschijnen. Elk van de drie embryovormen heeft de eigen fylogenetische reeks.

Haeckels Gastraea-leer was onder embryologen een klinkend succes. Men wilde de evolutietheorie gaarne bevestigd zien (p. 1322, Arbers opmerking). Competente onderzoekers zoals C. Claus, Agassiz en W. His wezen op inconsequenties, onbewezen beweringen, op grondig verschillende ontstaanwijzen van gastrulas, maar zij waren halfhartige of anti-

Darwinisten en daardoor misten hun betoog en hun feiten in het laatste kwart van de 19e eeuw overtuigingskracht.

In Natürliche Schöpfungsgeschichte (1868) had Haeckel zijn 'biogenetische grondwet' toegelicht. Hij betrok de ontdekkingen van F. Müller met nadruk in zijn bewijsvoering. F. Müller (1821-1897; VIII.14) studeerde bij J. Müller medicijnen en vestigde zich daarna als arts in Desterro (Brazilië). Hij was even vurig Darwinist als Haeckel en besloot Kreeftachtigen op evolutieverschijnselen te bestuderen. Hij constateerde dat de larven van sommige groepen in grote trekken overeenstemmen met volwassen verwante soorten. Garnalenlarven doorlopen een *nauplius*-stadium (en lijken dan op een primitieve kreeftengroep, *Nauplius*), een *zoëa*-stadium (en lijken dan op krabben) en een *Mysis*-fase (ze schijnen een kreeftje). Bij andere soorten vond F. Müller allerlei varianten, bij voorbeeld dat larven van ver gespecialiseerde kreeftsoorten op volwassen weinig gedifferentieerde kreeftsoorten lijken en hij besloot (in Für Darwin; 1864) dat de ontwikkeling van een dier zijn afstamming van voorouderlijke vormen uitwijst. Soms is die reeks in de larvestadia behouden gebleven, maar schakels kunnen ook verdwenen zijn, soms gewijzigd zijn en soms is de reeks geheel onderdrukt. De garnaallevensloop is de complete stamboom, en de rivierkreeft - die Haeckel indertijd ook bestudeerde - heeft de larvale voorouderlijke stadia geheel verloren, want uit het ei komt het jonge dier geheel gevormd zoals het ouderdier te voorschijn. F. Müllers conclusie was dat de embryologie de afstamming in hoofdzaken herhaalt.

Haeckel bundelde alle embryologische gegevens en formuleerde zijn biogenetische grondwet: de ontogenie is een verkorte en onvolledige herhaling van de fylogenie. De twee termen 'ontogenie' en 'fylogenie' waren nieuw. Voor- en tegenstanders van Haeckels wet trachtten daarna hun gelijk te bewijzen, waardoor het embryologisch onderzoek ongemeen bevorderd werd; de Nauplius-theorie bleek al vrij spoedig onhoudbaar.

Zoals bij de kreeften zou de afstamming van de mens, Haeckels favoriete onderwerp, uit de ontogenie kunnen blijken.

Een proeve van zijn meningen over de systematiek van de mens was al in 1866, in Generelle Morphologie, verschenen. Het boek bevat een schema dat laat zien dat uit mensapen de oermens voortkwam die sluik- en wolharige nakomelingen had, elk van de beide stamouders van latere groepen. De wolharige bleven vrijwel die zij waren en we kennen ze als Papoea's en Negers. De sluikharige kwamen, al evoluerend en zich in een dozijn rassen splitsend, vier niveaus hoger.

Antropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen gaf in 1874 kennis van Haeckels nadere conclusies over oorsprong en afstamming van de mens aan de hand van embryologische gegevens.

De mens ontstaat uit één cel, de eicel. Alle zoogdieren welbeschouwd, en Haeckel beeldde met driemaal hetzelfde cliché de eicel van de hond, van de aap en van de mens (slecht) af. Deze begincel deelt zich en herhaalde delingen leveren een bolvormige celgroep, gelijkend op een *Volvox* (een kogelvormig groenwier). Door instulping ontstaat een gastrula. Bij hogere dieren moet dit stadium gastraea-stadium heten. Door van verschillende diergroepen de embryonen te vergelijken en de menselijke ontogenie daaraan te toetsen, besluit Haeckel tot de volgende reeks: Protist (eencellig), Gastraea (meercellig), Prochorda (zoiets als het Lancetvisje), Acranium, Cyclostoom (beekprik), Vis, en vervolgens de welbekende rij.

Om de fylogenie aanschouwelijk voor te stellen tekende Haeckel schema's die boomvormig vertakkend de herkomst en volgorde laten zien van alle groepen levende wezens.

In 1866 verscheen de eerste. Uit een *Radix communis* (dat zijn zelfstandig voortbrengende Moneren, *Moneres autogonama*) verschijnen planten, protisten, en dieren, drie hoofdafdelingen die zich weer zelfstandig differentiëren tot de thans levende groepen. In 1874 was deze schematische tekening van een onwezenlijke boom gewijzigd in een zware Wodanseik die met Moneren begint en met de mens eindigt, ter illustratie van de evolutie der dieren. Hierbij onderscheidde Haeckel in zijn eikestam vier hoogteniveaus in overeenstemming met Cuviers systematiek.

Het was weer een van Haeckels succesvolle initiatieven. Heel bio-Europa tekende stambomen, boomvormige fantasieën met naambordjes aan de takken, evolutionaire kerstbomen.

Over de bloei van die afstammingsbomen en de derivaten daarvan die gewoonlijk op een zeer veel beter doordachte en zorgvuldiger uitgewerkte grondslag van feitenmateriaal wortelen, schreef H.J. Lam (1892–1977) een historische samenvatting (Phylogenetic Symbols..., *Acta Bioth.* II: 153–194).

Nader kon Haeckel nog tekenen hoe 12 mensensoorten ontstaan zijn, tezamen in 36 rassen in te delen (steeds opnieuw de magische, Schellingse drievoudigheid). De hoogste boomtak is de Germaanse en daar hangen de Engelsen en de Duitsers aan. Zijn commentaar was 'tegenwoordig moet men de eerste plaats aan de Engelsen en de Duitsers toekennen die zich inzetten... voor een nieuw tijdperk van geestelijke vooruitgang.'

De recapitulatie-theorie, een andere naam voor de biogenetische grondwet, onthulde de afstamming van de mens door deze dichterlijke tekeningen geholpen, voor een ieder, eenvoudig en duidelijk, in een ogenblik. Het werd een van Haeckels grootste wetenschappelijke successen, van harte door het geïnteresseerde lekepubliek ondersteund. Weliswaar doorloopt het menselijk embryo geen gastrula-fase en het Lancetvisje wel, maar een onregelmatigheid mag het rechte spoor niet uitwissen: Haeckel besloot dat die verlate gastrula een adaptatie, een nieuwvorming moest zijn, geen ware maar een schijngastrula. Overigens bleek later, na voortgezet onderzoek, dat de gastrula larve betrekkelijk weinig voorkomt en dat de mesoderm-theorieën niet door de feiten bevestigd werden. Geholpen door Von Baer (IX.22) ging langzamerhand de biogenetische grondwet naar de archieven van de biologiegeschiedenis.

De wijze waarop Haeckel zijn kritici placht af te blaffen blijve onbesproken. Met zijn hele en halve fouten, zijn ondeugdelijke maar pakkende theorieën hield hij de biologie, en vooral de embryologie en de fylogenie, voortdurend in beweging. Zijn invloed was uitzonderlijk gunstig voor de groei van nauwkeurig en gericht vergelijkend onderzoek uitgevoerd door anderen.

Uit Haeckels biomystiek kies ik nog enige illustratieve voorbeelden. Waarneming (Empfindung) en Wil, de opwekker van willekeurige bewegingen, zijn bewustwordingen (Vorstellungen) in het centrale zenuwstelsel van hogere dieren veroorzaakt door ingewikkelde molecuul-bewegingen in de zenuwknoopcellen. Men pleegt die 'ziel' te noemen en men treft die zielactiviteiten ook in cellen aan (Phylogenie der Zellseele) en bij planten (Phylogenie der Pflanzenseele).

Darwins atomistische erfelijkheidsleer kan Haeckel aangespoord hebben tot het schrijven van Die Perigenesis der Plastidule (1875).

Atomen zijn bezield, trekken elkaar aan en stoten elkaar af, kennen sym- en antipathie.

'Alles ter wereld is aan mechanische wetten onderworpen. De bewegingen van de plastidule als bewerkstelligende oorzaak ontrafelt de mechanica van de biogenetische processen. Herleid tot de hoogste vereenvoudiging is het biogenetische proces een periodieke

golfbeweging die men zich, naar analogie, kan voorstellen als een samengestelde golving. De reeks voorouders in de fylogenie schijnt een golvende lijn waarvan elke golf overeenkomt met het eigen leven van iedere persoon en de gehele stamboom beeldt als het ware een vertakte golfbeweging af.'

Haeckels stamboomtekeningen laten met golvende takken het eenieder zien. Zijn zeer goede relaties met de Naturphilosophie zijn evident.

> 'Op dezelfde manier is de ontogonie een vertakte golfbeweging waarvan iedere golf een plastide is, een cel, en omdat de plastide het product is van de actieve bewegingen van de samenstellende plastidulen, moet ook de onzichtbare plastidule-beweging een vertakte golfbeweging zijn. Deze ware en voltooiende *causa efficiens* van het biogenetische proces noemen we *perigenesis* van de plastidule of, anders gezegd, de periodieke beweging van de levensdeeltjes (Lebensteilchen).'

Een groep biologen schaarde zich rond de oude leider. Ik noem A.E. Brehm (1829–1884), de auteur van Illustriertes Thierleben die Darwin vele malen citeert en talloze biologen plezierige uren heeft verschaft, en G. Jäger, wiens naam niet mag ontbreken omdat hij het wereldberoemde ondergoed bedacht, een bijzonder weefsel dat 'het verdampen van de ziel uit het lichaam in hoge mate belemmerde'.

Ik noem nog Die Welträtsel (1899), wetenschappelijk-biologisch een lor maar een jubilant uitgeverssucces, een boek waarvan iedereen die over biologie, materialisme, en vooruitgang omlijst door aantrekkelijke mysteries wilde lezen, smulde. Het vestigde Haeckels naam als een wijze en kundige natuurschrijver voorgoed, in Europa, Amerika en zelfs in Japan. Een fanclub werd opgericht, de Monisten, om Haeckels evangelie uit te dragen, nog nader gesteund door het boekwerk Die Lebenswunder. Zijn indrukwekkende oeuvre sloot Haeckel af met Fünfzig Jahre Stammesgeschichte (1916) en Kristall-Seelen (1917).

De invloed van het Haeckelisme op de samenleving en de politiek valt buiten het bestek van mijn boek. Haeckel was een verwoed werkzame, vurig enthousiaste bioloog, die fouten maakte en de laat 19e-eeuwse biologie, in naam van Darwin, krachtig bevorderde.

45. Na steeds meer antwoorden steeds meer vragen

Het Darwinisme werd in grensgebieden van de biologie en ook daarbuiten toegepast, bij voorbeeld in de taalkunde, spraakleer, opvoedkunde (onderwijs), psychologie en sociologie.

De evolutie van het spraakvermogen werkte Jäger uit (Ursprung der Menschlichen Sprache; 1867, 1869). Darwin (Descent of Man) had het onderwerp aangeroerd.

Als een vlieg gonst, vernemen wij van Jäger, is het een onwillekeurig geluid, maar een krekel sjirpt met opzet. De paringsroep van een ♂ dier is een verdere ontwikkeling en vogelzang weer een stapje hoger. Dieren die in groepen leven maken geluiden van weer wat beter allooi, want met sociale geluiden kan men soortgenoten informeren (ganzen die roofvogels zien, kip met kuikens). De primitieve mens maakt geluiden die zijn hoorders zelfs een beeld voor ogen toveren. Al Darwiniserend kon Jäger verklaren waarom zoogdieren zo weinig muzikaal zijn (bij vogels vergeleken). Zij lopen op vier poten en dus zijn de borstkasbewegingen beperkt en afhankelijk van de bewegingen der voorste ledematen. De rechtopgaande mens kan de borstkas vrij bewegen en de longen kunnen nu de genuanceerde luchtstroom verschaffen die de ons allen bekende gevolgen oplevert.

Betogen van dit slag zijn bij dozijnen gecomponeerd (Jägers spraakrevolutie werd door

deskundigen geprezen) en zij verschijnen nog steeds. Voor de ontwikkeling van de biologie zijn zij zonder betekenis en zij richten ook weinig schade aan. Ik laat het bij dit ene voorbeeld.

De bestanddelen van het Darwinisme bleken voor twijfel en kritiek vatbaar. De leer was uitdrukkelijk bedoeld als een atomistisch, mechanistisch-causaal, atheïstisch transformisme. Een kosmisch onophoudelijk veranderen, een vernieuwing die bestaande grenzen overschrijdt, een 'vol' milieu waarbinnen toevallig en passief selectie plaatsvindt, een geleidelijk veranderen door bijna onmerkbare wijzigingen, een nimmer herhaald verleden en geen wezenlijke scheiding tussen dood en leven, de mens het resultaat van een gerichte reeks van talloze veranderingen, een bewonderenswaardig en gelukkig toeval, het geheel een samenspel van gebeurtenissen gehoorzamend aan invariante natuurwetten, uniformitaristisch en actualistisch. Dit zijn hoofdzaken van het Darwinisme, geen van alle natuurwetenschappelijk bewijsbaar en om die reden niet meer en niet minder waarheid. Darwins metafysica.

Darwin weigerde nadrukkelijk metafysica in zijn natuurbeschouwingen toe te laten. Hij wenste en verwachtte met behulp van zijn theorie elke vorm van metafysica met betrekking op de natuur uit te bannen. Het wijsgerig besef van Darwin en van zeer veel Darwinisten is zo gering gebleken, dat zij zich overtuigd hielden door een formele belijdenis wijsbegeerte uit hun methode en interpretaties te kunnen weren. De nagestreefde en beweerde immuniteit kon niet voorkomen dat tot op de huidige dag de onrust die het Darwinisme opriep geëvolueerd bleef bestaan, rondom de leer en daarbinnen. De neo-Darwinisten zagen zich genoodzaakt in de tweede helft van de 20e eeuw alle componenten van het Darwinisme te herzien, nieuw te omschrijven en anders te waarderen. Het Darwinisme werd de 'synthese-leer', een bundeling van veronderstelde evolutiebevorderende factoren die met de Darwinistische slechts historisch en wijsgerig in relatie staan.

Nog vier opmerkingen wil ik toevoegen in aansluiting op de steun en de bezwaren die Darwins theorie ondervond van tijdgenoten en daarna.

(1) Indien een dier of plant door een erfelijke eigenschap, nieuw en toevallig verkregen, boven soortgenoten bevoorrecht is en de stamouder zal zijn van een variant omdat zo'n dier voedsel en paringspartners beter dan de anderen verovert, of zo'n plant de milieu eisen beter verdraagt, dan moet het biotoop beantwoorden aan het principe van Parmenides, van 'volheid'. Het levende wezen moet zo talrijk in het biotoop aanwezig zijn dat de voedselproduktie dat aantal nog juist kan dragen. Is dit niet het geval en een voedseloverschot aanwezig, dan zullen de achterblijvers uitwijken, binnen het biotoop hun leven kunnen voortzetten en zich, zoals vroeger, kunnen vermeerderen. Uitsterven - zoals het Darwinisme vereist - zullen zij niet. De voorbeelden door Darwin aangevoerd geven hierover geen zekerheid en de praktijk in de natuur duidt op een in de regel overleven van de 'achterblijvers'.

Indien een 'infinitesimal small' verschil met andere dieren of planten het begin is van het overleven van de een en de ondergang van de ander, dan volgt daaruit dat een uiterst nauwkeurig passen in het milieu behoudend werkt. Hoe hoger de graad van nauwkeurigheid gemeten naar het voordeel van de bewoner, hoe groter de kans op overleven. Overlevenden en hun milieu wijzen de onderzoeker samen op deze beslissende relatie, de uitgestorvenen (fossielen) evenzeer. Terwijl onbeslist mag blijven of 'natural selection' al dan niet de bekwaamheid bezit en het toezicht uitoefent dat Darwin deze evolutiefactor toeschreef, bewerkstelligt zijn teeltkeustheorie met zekerheid dat elke bioloog bezig met

onderzoek dat op levende organismen en milieu betrekking heeft, de wederzijdse bindingen en begrenzingen bestudeert. Darwin was de voornaamste grondlegger van de moderne ecologie.

(2) Darwins theorie plaatste zijn aanhangers voor ontwrichtende vragen, omdat elke zweem van theologie of metafysica in de biologie door Darwin werd afgewezen en bestreden, terwijl hij niettemin naar de Schepper en zijn werken verwees (p. 1314). De levende natuur behoort niet tot het geschapene; Darwin was er zeker van en beijverde zich dit misverstand uit het verleden te verjagen.

Vele Darwinisten bleef niets anders over dan te concluderen dat de Schepper dode materie schiep, de dode natuur. Indien de dode materie evoluerend geleidelijk in levende materie verandert, wanneer hield de Schepper dan op te scheppen? Zodra de eerste, onmiskenbaar levende wezens ontstaan waren? Of iets eerder? Wilde Darwin dit verdedigen? Hij liet zijn lezers in het ongewisse en dit is ontoelaatbaar omdat hij een Schepper en zijn werken erkende en ter sprake bracht. De Darwinisten die duidelijkheid zochten, konden ook veronderstellen - en deden dat - dat Darwin bedoelde dat de Schepper (de *Prima Causa*) de dode materie schiep en daarbij bekleedde met de eigenschappen die fysica en chemie opsporen, kortom dat de Schepper de natuurwetten instelde (*Causae secundariae*) en meer niet. Voor het overige liet Hij de materie over aan de toevallige en de noodzakelijke gevolgen daarvan.

Wie dit zo begrepen had, kon niet anders besluiten dan dat de dode materie door eigen natuurlijke wetmatigheden op de lange duur tot levende natuur werd.

Het stelde deze Darwinisten voor een nieuwe keuze. Of de Schepper had voorzien dat de levende natuur uit de dode materie zou moeten voortkomen, òf Hij had het niet voorzien. Een Schepper die niet geweten heeft waar Hij aan begon, kan door geen mens, zelfs niet door een Darwinist worden bedacht. Een Schepper die wist waartoe de materie en zijn bijbehorende wetgeving zou moeten leiden, heeft daarmee een (autonome) *causa finalis* geschapen. Noch het ene, noch het andere is voor Darwinisten aanvaardbaar.

Darwin redde de situatie niet door zijn aanhangers voor te houden dat de 'intellectual' powers van de Schepper buiten bereik van de 'intellectual powers' van de mensen blijven. Wie het Darwinisme als waarheid erkent pretendeert de ontwikkeling van de levende natuur, eertijds en tegenwoordig, te begrijpen met behulp van de wetten van de dode materie. De benodigde logica wil Darwin - en dat siert hem - geen metafysica noemen.

Biologen hebben de keus. Indien zij besluiten tot afwezigheid van enige scheppende *causa* en zich bepalen tot het gedrag van materie, dood of levend, kunnen zij die levende natuur bestuderen en hopen alle vragen verbonden aan levende dingen op te lossen. Zo'n standpunt getuigt van moed en optimisme, meer moed en meer optimisme naarmate men meer over de eindeloos ingewikkelde, subtiele en weergaloze causaliteit aan de weet komt die levensuitingen karakteriseert.

Indien biologen besluiten dat een Schepper eens begon, en de dode en de levende kosmos in beweging bracht na alles gemaakt te hebben, in posse en in esse, dan zijn zij gehouden de zojuist genoemde vragen te erkennen als wezenlijke vragen. De methoden, daden en bedoelingen van beoefenaars van de geesteswetenschappen zijn echter geen studieterrein voor biologen. Zij bestuderen de levende natuur geholpen door chemici, fysici en vele andere natuurwetenschappers, en geen theologie of metafysica.

Welke van de twee besluiten biologen ook nemen, in beide gevallen zien zij zich genoodzaakt zich af te vragen hoe en waar leven verscheen (waarom en waartoe zijn zij, als biolo-

gen, gerechtigd desgewenst onbeantwoord te laten). Biologen die 'leven' als centrum voor hun wetenschappelijk werk kozen, kunnen niet anders dan overdenken waar en hoe hun inspiratie om te onderzoeken, leven, ontstond. Wat 'hoe' en 'waar' aangaat helpt Darwins woordkunst niet een antwoord te vinden. Hij verwees naar het bestaan van een Schepper (Creator) en liet zijn volgelingen in de steek als gids bij het uitwerken van de consequenties van dat bestaan.

Deze tekorten droegen niet weinig bij tot het ontstaan van het neo-Darwinisme. Een eerste vernieuwing van de afstammingsleer was, onder Haeckels vaandel, het buiten spel zetten van Darwins Schepper. Niettemin kon deze ingreep, de Lucretiaanse zuivering, de metafysische problemen aan Darwins leer verbonden, niet verjagen. J. Monod (1910–1976), microbioloog en sinds 1971 directeur van het Institut Pasteur, gaf er met zijn Le Hasard et la Nécessité (1970) een goed voorbeeld van.

(3) Darwin legde herhaaldelijk de nadruk op de geleidelijke ontwikkelingsgang naar nieuw en anders. De palaeontologie steunde de geleidelijkheid niet. Er waren gapingen in de als opvolgend voorgestelde reeksen, gapingen die niet gaandeweg door meer vondsten werden gedicht of verkleind. Er waren en er bleven gapingen tussen de grote fyla; een reptielachtige vogel was weliswaar belangrijk maar niet voldoende om een hiaat tussen fyla te vullen.

(4) Dikwijls was Darwins voorzichtige, zoekende tekst niet helder genoeg. Een goed voorbeeld is de aangehaalde kritiek (p. 1323) van de hertog van Argyll, die Darwin verweet in zijn orchideeënstudie teleologisch te redeneren en dit te ontkennen. Asa Gray concludeerde, dat Darwin de teleologie en de morfologie weer verzoend had en Darwin stemde daar vergenoegd mee in (p. 1325). M. Ghiselin (The Triumph of the Darwinian Method; 1969) en François Jacob (1981: 71–72), die dezelfde tekst even grondig lazen als de hertog en Asa Gray, begrepen evenwel dat Darwin geen teleologie bedoeld had of ter sprake had gebracht (al had Darwin zelf dat nog niet zo goed begrepen). Onzekerheden.
Genoeg over vragen die gedeeltelijk al rezen vóór Origin verschenen was; Huxley bij voorbeeld waarschuwde Darwin tegen een zo volstrekte binding aan een geleidelijke evolutie. Bovendien behandelen talrijke publikaties de problemen rond het Darwinisme veel uitvoeriger dan hier wenselijk is.

Biologen die Darwinistisch (of Lamarckistisch) dachten, wilden de afstammingstheorieën bijstellen of aanvullen. Evolutie: ongetwijfeld, maar zoals Lamarck en zoals Darwin bepleit hadden, of bijna zo, of anders? Het waren de neo-Lamarckisten en de neo-Darwinisten.

46. 19e-eeuws neo-Lamarckisme en neo-Darwinisme

De opvallende morfologische hiaten tussen de klassen der dieren die de fossielen illustreren wachten ook heden nog op een afdoende verklaring. Pogingen een antwoord te vinden op de vraag waarom betrekkelijk spoedig na het begin van het evoluerende leven de veronderstelde geleidelijke divergentie zo grof en herhaaldelijk werd onderbroken, bleven in de 19e eeuw niet achterwege. Verwijzingen naar toevalligheden tijdens fossilisatieprocessen of naar het incidentele karakter van de steekproeven waartoe aardkorstonderzoek nu eenmaal dwingt en die dus fragmentarische informatie opleveren, overtuigden niet. De 19e eeuw trachtte de gaten te dichten, de tweede helft van de 20e eeuw gaf schoorvoetend het ontbreken van bedenkelijk veel schakels toe.

E. Geoffroy St. Hilaire (IX.33) deed de gedachte aan de hand (1835) dat een ingrijpende milieuverandering de orgaanfuncties van hele diergroepen verandert en in verband daarmee hun lichaamsbouw. De plotselinge verschijning van de zoogdieren en van vogels was het noodzakelijk gevolg van een gewijzigde ademfunctie, van nieuwe longen. Zo'n orgaanwijziging gaat samen met wijzigingen overal elders in het lichaam (correlatie-wet). In de oudste geologische periode belette de atmosfeer ademen zoals moderne dieren doen en toen een mondiale revolutie in dat verre verleden de dampkring snel en grondig veranderde, ontstonden 'monsters', dat wil zeggen dierlijke vormen die sterk van de bestaande, toen normale dieren afweken maar levensvatbaar waren en zich veelvormig en in hoog tempo konden vermeerderen. Hierbij merkte Geofroy op dat embryonen 'monstres' werden door de uitwendige beïnvloeding en dat transformatie van nageslacht daardoor tot stand kwam, een passief en onbewust veranderen en niet, zoals Lamarck beweerde, een actief en bewust reageren van volwassen dieren op de omgeving.

Uit M. Wagners werk bleek dat, naar hij meende, bij soortvorming de factor natuurlijke teeltkeus ernstig overschat werd. Schutkleuren (mimicry) zouden ontstaan door het overleven van de dieren die door kleur en kleurtekening toevallig beter beschermd tegen vijanden zijn dan minder fortuinlijke. Wagner betoogde dat de wil tot overleven dieren een biotoop doet kiezen dat het meest met hun kleuren en vormen overeenstemt en dat beginsel, dat diergedrag, voert tot 'mimicry' (1880). Hiermee schaarde Wagner zich aan de zijde van de Lamarckisten, want deze schrijven transformisme (evolutie) toe aan inwendige immateriële oorzaken die aan uitwendige beïnvloeding voorafgaan, terwijl de Darwinisten (in meerderheid) evolutie veronderstellen ingevolge uitwendige factoren die over het lot van toevallige, door inwendige, materiële oorzaken ontstane wijzigingen beslissen.

M. Wagner (1813–1887) reisde veel en ver (Noord-Afrika (1836–1838), Kaukasus (1848), Zwarte Zee (1850), Nabije Oosten (1852), Noord-Amerika (1854) en Midden-Amerika (1856)). Zijn faunistische studies (vissengeografie van Amerika) kregen een krachtige impuls door het verschijnen van Darwins Origin (1859). Hij probeerde enerzijds Darwins leer toe te passen als schakeling tussen fossiele en moderne dieren, anderzijds en vooral op het ontstaan van soorten. Natuurlijke teeltkeus, vond Wagner, schiet te kort als verklaring. Hij oordeelde dat Darwin faalde in het verduidelijken van de variabiliteit binnen de soorten die door milieufactoren zo gewijzigd zou worden dat teeltkeus een aangrijpingspunt voor evolutie ontvangt. Evenmin bewees Darwin dat nieuwe kenmerken, eenmaal verschenen, zouden voortbestaan. Veel belangrijker is dat alle levende wezens streven naar vergroting van hun woongebied om de concurrentie van soortgenoten en van andere organismen te ontlopen (Migrationsgesetz; 1868).

De migrations-wet leidt tot de Separations-theorie. Evolutie heeft ongetwijfeld plaats en daarop volgende migraties leiden tot de vorming van kolonies. Geïsoleerde kolonies die zich lang genoeg ongestoord kunnen handhaven zullen zich tot nieuwe soorten kunnen ontwikkelen. Een geografische strenge isolatie geeft daarbij de doorslag.

Wagners vitalistische denkwijze verleidde hem tot de vergelijking dat een nieuw individu ontstaat doordat een deel van het moederlichaam zich van het hele lichaam verwijdert, dus door ruimtelijke scheiding. Hij meende naar analogie, dat de ruimtelijke scheiding van een deel van een soortpopulatie een volstrekte voorwaarde is voor het verschijnen van een nieuwe soort. Natuurlijke teeltkeus en de strijd om het bestaan als oorzaken van soortvorming aan te wijzen is fout (Irrtum), want isolatie geeft de doorslag. Voor de evolutie van lagere organismen echter is de invloed van milieufactoren voldoende.

Darwin accepteerde de Separations-theorie niet en bestreed deze in de 5e en 6e druk van Origin.

> 'Moritz Wagner publiceerde onlangs een belangwekkend opstel hierover en toonde aan dat de bijdrage door isolatie die kruising tussen nieuw gevormde variëteiten verhindert, waarschijnlijk nog groter is dan ik vermoedde, maar om redenen die al werden aangevoerd kan ik niet in het minst met die natuuronderzoeker instemmen die meent dat migratie en isolatie onmisbare factoren zijn voor het ontstaan van nieuwe soorten'.

Een broer van A.O. Kovalevski, V.O. Kovalevski (1842–1883) vestigde zijn naam als bioloog door fossielstudies. Hij had in St. Petersburg rechten gestudeerd – was Let van afkomst – bereisde daarna West-Europa en ontmoette Darwin in Engeland (1867). Geologie en palaeontologie hadden zijn voorkeur, maar hij kon zich nimmer ontdoen van staatszaken en industriële belangen. In en na 1869 bezocht hij Heidelberg, München, Würzburg, Londen, Berlijn en Parijs, overal op zoek naar meer kennis en bezig met fossielen. In Parijs begon hij zich op de afstamming van het paard te specialiseren. Werkbezoeken bij Haeckel (1872) en anatomische studies bij Gegenbaur (Jena) gingen nog vooraf aan zijn terugkeer naar St. Petersburg in 1874. Als zoöloog was hij werkzaam in Moskou, van 1880 tot aan zijn vroege dood in 1883. Kovalevski was een rechtgeaarde Darwinist, ofschoon hij zich inzake de evolutie van gewervelde hoefdieren enige amendementen permitteerde.

Als drietenige voorloper van het ééntenige moderne paard wees hij *Anchitherium aurelianense* aan, een zoogdier uit het Mioceen (1873).

Kovalevski wilde adaptieve eigenschappen (die overlevingskansen vergroten) onderscheiden van non-adaptieve (die niet evolueren en achterblijven), daardoor een gevaar worden en zelfs tot uitsterven kunnen leiden. Het ledematenskelet van de tertiaire hoefdieren verkreeg soms een sterker ontwikkelde derde teen. Dat werden de Eenhoevigen. Ingeval de derde en de vierde teen beide sterker ontwikkelen ontstaan de Tweehoevigen. Gebitswijzigingen gaan met de ledematenevolutie gepaard.

Een ander neo-Darwinisme is het begrip 'culminatietype'. Het eenhoevige paardebeen kan niet verder of hoger ontwikkelen. Voortgezette paardevolutie moet uitgaan van andere eigenschappen dan van eenhoevige ledematen.

De paardestamboom volgens Kovalevski slaagde ten dele. Hij kon niet weten dat de voorhistorie van het paard in Noord-Amerika onderzocht moet worden, omdat daar de fossiele hoefdieren zeer veel talrijker en veelvormiger vertegenwoordigd zijn dan in de Oude Wereld. Dit verhinderde niet dat zijn werk het onderzoek naar de evolutie van de hoefdieren beslissend bevorderde. In Amerika verdedigde Cope standpunten die nauw bij de zijne aansloten.

Hoewel E.D. Cope (1840–1897) veel en gevarieerd publiceerde, kregen zijn studies weinig aandacht. Zijn teruggetrokken leefwijze en zijn weinig toeschietelijke aard hebben ongetwijfeld die veronachtzaming in de hand gewerkt. Pas in de late 20e eeuw komen Cope's gedachten meer op de voorgrond. Hij was een bekwame palaeontoloog; zijn meest bekende boeken zijn een bundel opstellen, The Origin of the Fittest (1887) en The Primary Factors of Organic Evolution (1896 (1895)).

Net zoals Geoffroy, schreef Cope aan de directe invloed van uitwendige factoren het vermogen toe organismen te veranderen, maar hij volgde Lamarck (en Schopenhauer) omdat hij bij hogere dieren een 'creatief willen' opmerkte. Een 'growth-force' vertegen-

woordigt de fysieke doelstellingen van de ziel, een levenskracht. Geest (mind) vormt het lichaam, zowel het geheel als zijn delen. Het denken en willen van de geest vervolmaakt de vorm en de functie van organen met betrekking op voeding, levenswijze en voortplanting.

De groeikracht accentueert die evolutie door acceleratie en retardatie. Sommige organen evolueren versneld en sommige trager. Van de mens zijn romp en ledematen voorbijgestreefd door de specialisatie van het hoofd, en zijn hoektanden evolueerden minder snel dan de rest van het gebit.

Natuurlijke teeltkeus kan bijdragen tot het beveiligen van het bereikte nieuwe, maar de nieuwvormingen niet bewerkstelligen.

De bewuste evolutiedrift van hogere dieren is onbewust bij lagere, en bij nog minder gedifferentieerde organismen brengen prikkelingen van het uitwendige passief lichaamseigenschappen teweeg. Men onderscheidt fysico-chemische (of moleculaire) beïnvloeding die fysiogenese tot gevolg heeft (vooral bij planten) en mechanische (of molaire (druk)) beïnvloeding, de oorzaak van kinetogenesis en hoofdzakelijk bij dieren. Ook voltrekt zich een progressieve evolutie (van eenvoudig naar complex gebouwd) en een evolutie die de graad van specialisatie verhoogt of verlaagt. Een opvolgende reeks diergroepen kan zich in toenemende mate specialiseren, maar ook in afnemende richting. Dit laatste verschijnsel is retrogressieve (of degressieve) evolutie. De omringende natuur en de specialisatiegraad beslissen wat staat te gebeuren. Een alleseter (niet gespecialiseerd voor zijn voeding) heeft meer kans te overleven dan een mono- of oligofage diergroep die één of weinig voedselsoorten kan benutten. Kleine dieren hebben minder voedsel nodig dan grote en afmeting is dus ook een vorm van specialisatie.

Cope besluit tot de Regel (Cope's Rule), dat tot één groep behorende dieren alle in de loop van de aardgeschiedenis groter, en vooral, naar verhouding, langer worden. Klimaatomstandigheden spelen een rol bij de verschuiving van die soortkenmerken.

Wolven komen in Amerika voor van noordelijk Mexico tot in het noordpoolgebied. De grootste bekende schedels uit het Noorden zijn gemiddeld 35 % groter dan de zuidelijkste. Een overzicht van de Amerikaanse vogels toont aan, schreef Cope, dat varianten door klimaatomstandigheden worden opgeroepen. Een woongebied met een andere lengtegraad gaat met een verbleken van de kleuren samen, westwaarts, en tevens met een toenemende droogte. Zeer droog leidt tot vale vogels. Andere breedtegraden zijn gekoppeld aan andere lichaamsgrootten en andere kleuren: in Amerika geldt hoe zuidelijker hoe kleuriger.

Hoog gespecialiseerde dieren kunnen niet of nauwelijks meer evolueren. Cope's Law of the Unspecialized houdt in dat elke groep die minder ver ontwikkeld is dan het eindpunt van een reeks zal evolueren. De *Rhipodopterygia* (in het Devoon) waren enerzijds de stamouders van de Beenvissen en anderzijds van de Amfibieën. De vroegste gewervelde landbewoners (Stegocephalen) hadden nog duidelijk herkenbare visachtige eigenschappen, en zij waren de stamouders van de Reptielen. De mens stamt niet af van de hoogst ontwikkelde apen, maar van stamouders die zowel aan apen als aan mensen vooraf gingen en zelf noch aap noch mens waren.

Variaties bij nakomelingen verschijnen niet willekeurig en niet stuurloos. In de evolutie van de levende wezens tekenen zich daarom enige hoofdstromingen af en elke fylogenetische lijn wordt door een toenemend complexe lichaamsbouw gekenmerkt, die stoelt op een gecontinueerd bouwplan. Afwijkingen van die gerichte ontwikkelingsgang komen nu en dan overwachts voor, maar hebben weinig uitloop en geen invloed op de hoofdstroom.

Het zijn 'mutations' (Scott, 1894). De zogenaamde 'sports' (mutaties volgens De Vries) zijn bij Cope voor de evolutie zonder betekenis.

De theoretische taxonomie werd door Cope verrijkt met een nieuwe beschouwingswijze. Allereerst, zo zei hij, is kennis van de natuurlijke taxonomie onontbeerlijk om de fylogenie te kunnen bestuderen, zoals een taalstudie slechts mogelijk is voor degenen die het alfabet kennen. De scheikunde heeft de elementenspreiding in verschillende verbindingen aangetoond. Ieder element komt in veel combinaties voor en kan zich verplaatsen van de ene verbinding naar de andere, al dan niet groepsgewijs.

Zou in de levende natuur misschien een overeenkomstige verplaatsing van eigenschappen plaatsvinden?, vroeg Cope. Linnaeus (en Darwin) meenden dat soortgenoten meer eigenschappen gemeen hebben dan de soorten binnen een genus onderling. Cope volgde Agassiz en betoogde dat ieder individu zowel soort-, genus-, familie- en ordeeigenschappen bezit en daarom kan dezelfde soort van meer dan één genus deel uitmaken. Soortkenmerken kunnen zich door evolutie wijzigen, genuskenmerken echter eveneens. Indien deze laatste veranderen terwijl de soortkenmerken zich onveranderd handhaven, kan dezelfde soort overgaan naar een ander genus. Hier kan worden opgemerkt dat in de palaeontologie zowel als in de systematiek van de thans levende organismen met deze theorie parallelle soortreeksen begrepen kunnen worden. Fossielen kunnen dezelfde soort vertegenwoordigen in twee of meer genera die zich gewijzigd presenteert voor zover het genuskenmerken betreft.

Zo kunnen veel genera Kraaiachtigen zich nagenoeg gelijktijdig gewijzigd hebben voor wat hun orde-kenmerken aangaat, en de orde der Zangvogels ontstond. Evenzo de Dipterae (Tweevleugelige insekten) naar de Hymenopterae (Vliesvleugelige Insekten). Cope noemt zulke evolutiereeksen homoloog en de soorten die identiek gebleven van meer dan een genus of orde deel uitmaken, heteroloog.

Succes heeft Cope's theorie niet gehad, want hij zou de categorieënsystematiek onbruikbaar maken die op Aristoteles' biofilosofie rust, en die Linnaeus uitwerkte en van alle technische hulpmiddelen voorzag. Desondanks ontbreekt bewijs dat Cole's theorie onjuist zou zijn.

Cope's taxonomische methode werd door C. von Ettinghausen (1826–1897), hoogleraar in Wenen en in Graz, in samenwerking met F. Krasan toegepast. Zij bestudeerden fossiele eiken en beuken, en vonden Formlelemente en Motive die tegenwoordig levende eiken en beuken met de tertiaire soorten gemeen hebben. Een exemplaar van zo'n voorouderlijke boom droeg verschillend gevormde bladeren, bladvormen die nu als soortkenmerken gelden voor verschillende, thans levende soorten. In die tijd was, zo meenden zij, van erfelijkheid zoals in onze tijd optreedt nauwelijks sprake en Formelemente van een fossiele boom waren ook aanwezig bij bomen die geografisch volkomen gescheiden van de andere groeiden. Met een gemeenschappelijke afstamming kon deze morfologische gelijkheid dan ook niets te maken hebben. Een boom droeg toentertijd een verscheidenheid van bladeren, kenmerkend voor recente soorten; hij was als het ware veel soorten tegelijk. De bladnervatuur zou eveneens zulke conclusies wettigen. Von Ettinghausen liet in 1861 een fraai werk over bladskeletten verschijnen en samen met A. Pokorny stelde hij door middel van Naturselbstdruck een *Physiotypia Plantarum Austriacarum* samen (2 delen, 1867), gecompleteerd met een Atlas in 10 delen (1873).

Boeiende lectuur bleef het werk van G.Th. Eimer (1843, Stäfa (nabij Zürich) – 1898, Tübingen), die in 1862 in Tübingen medecijnen ging studeren en daarna in diverse centra

in Duitsland biologisch onderzoek aanpakte (bij Virchow in Berlijn, bij Weismann in Freiburg, bij Kölliker in Würzburg) ter voltooiing van zijn opleiding. Na zijn benoeming als hoogleraar in de zoölogie te Tübingen (1875) bereisde hij als bioloog de bergstreken rond en de eilanden in de Middellandse Zee (1878, 1879).

Eimer was Lamarckist en geloofde tevens aan het ontstaan van nieuwe soorten door directe invloeden van het milieu. Het Pekelkreeftje, *Artemia salina*, zo berichtte Eimer, verandert door een verhoging van de zoutconcentratie in het water en wordt *A. milhausenii*, een soort die in de natuur slechts op de Krim wordt aangetroffen. (Misschien zou die bijzonderheid Eimer een beetje wantrouwig hebben moeten maken, want hoge zoutconcentraties komen op veel meer plaatsen voor in het enorme areaal van *A. salina*.) Nog overtuigender is, naar Eimers inzicht, de genus-verandering van *A. salina* (achterlijf met 8 segmenten), die door verlaging van de zoutconcentratie *Branchippus spinosus* (9 achterlijfsegmenten) wordt. Steun kregen Eimers conclusies in het boek van de Würzburgse hoogleraar in de zoölogie, K. Semper (1832–1893), het tweedelige Die Natürlichen Existenzbedingungen der Thiere (1880).

Volgens Lamarck, Darwin en Eimer kunnen tijdens het leven verworven eigenschappen erfelijk worden: de mens bij voorbeeld verkleurt erfelijk in samenhang met de breedtegraad. Eimer besloot dat de door zonbestraling versterkte pigmentvorming in het Zuiden een erfelijke eigenschap wordt. Omgekeerd verloor de Olm of Grotsalamander (*Proteus*), inheems in Zuid-Europa, het pigment in de huid door het ontbreken van zonlicht, een erfelijk geworden gemis. Géén gevolg van natuurlijke teeltkeus, want wie zou willen opwerpen dat toevallig wat blekere exemplaren hier en daar in grotten kropen en dat daarna, op zovele verschillende plaatsen, een erfelijk kleurloos ras ontstond?

Hagedissen werden door Eimer uitvoerig bestudeerd, zowel in de natuur als in het laboratorium. Het vlekkenpatroon en de kleur van de Muurhagedis (*Lacerta muralis*), een diersoort van het grootste deel van Europa en Azië, variëren schijnbaar ordeloos op talloze manieren. Schijnbaar. Eimer toonde door minutieus en breed uitgevoerd onderzoek (sinds 1874) aan dat het vlekkenpatroon in aanleg gericht is en dat door uitwendige milieufactoren wijzigingen optreden. Door jonge dieren te vergelijken met volgroeide ontdekt men de fylogenetisch oudste eigenschappen, verklaarde Eimer, want die zijn in de jeugd het duidelijkst waarneembaar. Donkere kleuren en lengtestrepen zijn de meest oorspronkelijke, en de slotfase is lichte kleuren en dwarsreeksen vlekken. Kleuren en vlekkenrangschikking wijzigen zich van noord naar zuid, parallel in elke ondersoort (door schedelbouw te onderscheiden) volgens een reeks: striata (gestreept) → maculata (punctata, gevlekt, gespikkeld) → reticulata (tigrina, gemarmerd). Tevens gaan de kleurvarianten nog samen met lokale omstandigheden: waar veel Blauwbloemige maagdepalm (*Vinca*) groeit vond Eimer Muurhagedissen met blauwe keel, waar veel Gele klaverzuring (*Oxalis*) met gele keel; in dicht begroeid terrein groene dieren en op kale, bruine grond (rotsen) bruine. Elk kenmerk varieert, maar steeds binnen een variatiebreedte die bepaald is en ook nog met sekse samengaat. De mannetjes kleuren meer volkomen en krachtiger dan de vrouwtjes (Präponderanz).

De vergelijkende studie van dagvlinders (1889–1895) onthult dat de adering en de kleurtekening een ingeboren aanleg gehoorzamen. De afstammingsreeksen handhaven een thema met variaties en omdat vogels – die in tegenstelling met wat Darwinisten geloven slechts hoogst zelden dagvlinders vangen – de loop van de evolutie niet storen, zijn dagvlinders erg goede studieobjecten. Vlinders in ver uiteen liggende arealen gelijken soms sterk op elkaar omdat ze dezelfde aanleg behielden. De opvallende gelijkenis met de om-

geving (mimicry) van vele vlindersoorten komt voort uit hun aangeboren vermogen om kleuren van de omgeving in de huid weer te geven, zoiets als kleurfotografie.

Natuurlijke selectie kan vernietigen, maar niet bouwen of verbeteren. Variaties zijn niet alzijdig en kunnen dat, dank zij de erfelijke voorbestemming, niet zijn. Op deze grondslagen rust Eimers Theorie der Orthogenesis (1897). Zijn Die Entstehung der Arten (in drie delen, 1888–1901) behoort tot de geschiedenis van de biologie en behoudt daar een blijvende plaats, werk van een toegewijde bioloog wiens werkwijze en waarnemingen, gevoelens en gedachten, dikwijls herinneren aan Koelreuter (p. VIII.12) en aan Sprengel (p. 661).

A.S. Packard (1839–1905) studeerde onder meer enige tijd palaeontologie bij Agassiz en was als entomoloog in veel functies werkzaam in zijn geboorteland, Noord-Amerika. Hij vestigde zijn naam als onderzoeker met zijn Textbook of Entomology (1898). Baanbrekend onderzoek verrichtte hij over blinde grotbewoners (vissen, kreeften, amfibieën) en hij constateerde dat de jonge dieren goed ontwikkelde ogen bezitten, zodat hij besloot dat een uitdrukking als 'natural selection', hoe vaak herhaald ook, ons de ware factoren van evolutie niet kan verduidelijken. Zijn opvattingen sluiten nauw aan bij die van Cope.

47. August Weismann en de onsterfelijke kiem

August Weismann (1834, Frankfurt am Main – 1914, Freiburg im Breisgau) studeerde in Göttingen medicijnen. Na een docentschap voor de zoölogie aan de universiteit van Freiburg (sinds 1863) volgde een benoeming als hoogleraar (1873) en hij bezette de leerstoel tot 1912. Erfelijkheid en evolutie zijn de voornaamste onderwerpen van zijn talrijke publikaties. Hij had grote invloed op het biologisch denken van de laatste decaden van de 19e eeuw en koos nadrukkelijk partij voor Darwin in 1868 (Ueber die Berechtigung des Darwinschen Theorie). Een poging om Wagners standpunten te verzoenen met die van Darwin ondernam Weismann in 1872 (Ueber den Einflusz der Isolierung auf die Artbildung). Twee delen Studien ueber Deszendenztheorie verschenen in 1875 en 1876.

Evolutie, verklaarde Weismann, kan het gevolg zijn van een fyletische kracht (phyletische Kraft), maar als wetenschappelijke theorie is die veronderstelling waardeloos. Transformisme in het nageslacht komt voort uit gewijzigde eigenschappen van de kiemcellen. Nägeli's (en Strasburgers) model van twee essentieel verschillende protoplasma's in elke levende cel, nam Weismann over, en hij redeneerde als volgt.

De celdeling van eencellige organismen verduidelijkt waarom nakomelingen op de ouders gelijken. Elke dochtercel van een eencellige heeft dezelfde inhoud als de moedercel. Moeder en dochter zijn gelijke organismen.

Meercellige planten zich echter door gameten voort, door kiemcellen; deze cellen zijn de enige band met, de enige weg naar de nakomeling. Dit feit – dat Haeckel als 'Hypertelie' bescheven had – toont aan, zei Weismann, dat alle eigenschappen van een soort in elke kiemcel schuilen. De kiemcellen zijn (bij meercelligen) omgeven door lichaamscellen en deze lichaamscellen kunnen geen nakomelingen, geen nieuwe organismen voortbrengen.

De inhoud van kiemcellen is zowel kiemplasma (Keimplasma) als lichaamsplasma (Körperplasma), met dien verstande dat de twee plasma's als potenties aanwezig zijn. Pas tijdens de celdelingen en de groei krijgen ze hun activiteit (kwaliteit). Kiemplasma kan in lichaamscellen geheel ontbreken, maar ook in grotere of kleinere hoeveelheden samen

met het Körperplasma aanwezig zijn.

Zolang het protoplasma leeft, leeft het organisme, zei Weismann in 1881. Amoeben en eencelligen in het algemeen sterven niet, want telkens splitst zich één levende cel in twee levende dochtercellen. Het lichaam van meercelligen sterft, maar de kiemcellen zetten het leven voort. De dood is dan ook geen wezenlijke begeleider van leven. Sterven is een aanpassing aan het milieu die zich geleidelijk heeft ontwikkeld toen de organismen meercellig werden. Het verschijnsel sterven is vereist voor een evenwichtigheid in de (levende) natuur. Zonder dood zou het eeuwige leven van meercelligen een 'zweckloser Luxus' zijn. Hogere organismen sterven om voor andere plaats te maken en zij hoeven slechts lang genoeg te leven om voor nakomelingschap te zorgen. Insekten hebben geen broedzorg en sterven dan ook dadelijk of weldra na eierleggen. Zoogdieren daarentegen, met broedzorg, leven daarom na voortplanting veel langer. Hiermee was de dood Darwinistisch verklaard.

Wat wij nu chromosoom noemen, noemde Weismann Idant. Elk schijfje van een Idant is een Id (meervoud Ide, vgl. Aristoteles' *eidè*). Elke Id is uit kleinere deeltjes opgebouwd, de Determinanten en deze laatste bepalen de ontwikkeling van elk lichaamsgedeelte afzonderlijk van een groeiend organisme. Elke Determinant bestaat uit talrijke Biophoren. Biophoren omschreef Weismann als 'chemische Moleküle', en zij zijn de ware 'Eigenschaftsträger'. De Determinanten regelen de celdelingen en ordenen en distribueren de Biophoren. Streng geordend zijn millioenen Biophoren in het Keimplasma aanwezig. De Kernsubstanz is een 'Magazin von verschiedenen Biophorenarten'.

H. von Helmholtz sprak in Innsbrück de biologen toe bij de opening van hun congres in 1869 en zei: 'Darwins theorie bevat een wezenlijk nieuwe creatieve stelling. De theorie toont aan hoe het blinde toedoen van een natuurwet zonder enige inmenging van een Intelligentie de doelmatigheid van de vormen der organismen bewerkstelligen kan'. Darwin had hetzelfde, maar voorzichtiger en veel minder duidelijk gezegd. Weismann sloot zich aan. De 'blinde' natuurwet is de natuurlijke teeltkeus, die hij echter vooral als strijd om het bestaan wil begrijpen: 'de struggle for life is de enige progressieve kracht en als die achterwege blijft, treedt degeneratie op'.

Voor de omzichtigheid waarmee Darwin natuurlijke teeltkeus aanwees als leidende en vormende factor voor het ontstaan van hoog georganiseerde zintuigen zoals het oog, had Weismann geen waardering. De meest subtiel gevormde organen zijn eigenlijk zo volmaakt niet.

> 'Het oog van een kikker is een hoogst gebrekkig waarnemingszintuig vergeleken met het oog van een valk of het mensenoog, maar het is toereikend om de krabbelende vlieg of de kronkelende worm te zien, dat wil zeggen dat het kikkers in staat stelt voldoende voedsel te verkrijgen. Ook het oog van een valk is, als optisch instrument beoordeeld, lang niet perfect, maar juist toereikend om de vogel van grote hoogte zijn prooi te laten ontdekken. Dat is voor de soort voldoende om voort te bestaan en verhindert daarom elke vervolmaking van het gezichtzintuig door natuurlijke teeltkeus'. (Aufsätze über Vererbung; 1892).

Met die slotfrase werkte Weismann zich in de nesten. Het 'principle of divergence', een hoofdmotief in de Darwinse evolutieleer, zette hij ermee opzij en de progressieve vervolmaking van de organen ontnam Weismann de in Darwins theorie vereiste stimulans. Open bleef bovendien nog steeds de vraag hoe verworven eigenschappen kunnen worden doorgegeven, hoe en waardoor organen rudimentair kunnen worden in de loop der tijden.

In 1896 verscheen Weismanns Ueber Germinalselektion. De afmetingen en de vermogens van de erfpartikeltjes (Biophoren) zijn van voeding afhankelijk en daar is het orgaan

dat zij zullen bouwen dus ook van afhankelijk. De van nature sterkere partikels maken zich van meer voedsel meester en onderdrukken de zwakkere partikels. Weismann geeft onder meer als voorbeeld dat een dier zich aanwent in gedempt licht te leven. De ogen worden meer en meer overbodig en kunnen zelfs door hun kwetsbaarheid een gevaar voor overleving worden. De nakomelingen hebben deels een geringer gezichtsvermogen. In de 'struggle' in het donker zijn die dieren niet benadeeld ten aanzien van de dieren met goede ogen, want er is toch niets te zien. Kruisingen tussen goed zienden en de minder kwetsbare zwak zienden hebben plaats, en dit voert tot reductie van de ogen van nakomelingen. Weismann noemt dit 'panmixie' en dit is de oorsprong van rudimentaire organen.

De kijkkorreltjes die de eigenschappen van slecht zien dragen, zijn zwakker dan de korreltjes voor de andere lichaamseigenschappen. Ze komen steeds verder achter en verdwijnen, zodat oogloze dieren ontstaan. Een gerichte variatie en een orthogenese laat zich met deze theorie verklaren.

Kritiek bleef niet uit. Voor de hand lag de tegenwerping dat de embryonen en zeer jonge dieren van oogloze soorten gewoonlijk wel degelijk ogen hebben, maar ernstiger nog: hoe moet evolutie plaatshebben als het kiemplasma onverstoorbaar in eeuwige continuïteit zich voortzet? Weismann haalde in 1913 bakzeil.

Zijn lezers vernamen dat hij steeds verklaard had dat Keimplasma 'een ongewoon grote mate van constantie bezit' (Substanz von ungemein groszem Beharrungsvermögen) en dat het zich daarom moeilijk of traag veranderen laat (schwer oder langsam veränderlich). Toch veranderlijk, hoe constant ook. Daarna neemt hij de sprong: 'Steeds heb ik mij heel duidelijk rekenschap gegeven dat de hele fyletische ontwikkeling van de levende natuur slechts denkbaar is als de Keimplasma's zich voortdurend wijzigen en dat dit kortweg de grondslag is voor de fylogenie'.

Weismann heeft aan de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie aanmerkelijk bijgedragen door zijn originele biofilosofische invallen, door zijn Darwinistische redeneringen, dat wil zeggen materialistisch-mechanistische betogen, terwijl een oogziekte hem belette met de microscoop zijn conclusies nader te toetsen. Eenmaal gekozen standpunten hield hij hardnekkig vast en al theoretiserend bewees hij dikwijls zwakheden in zijn uitgangspunten. Natuurwetenschap is, zo schreef hij in 1876, niets dan de toeleg de mechanismen aan het licht te brengen die de natuur beheersen. Waar het mechanistisch denken ophoudt, eindigt tegelijkertijd het domein van de natuurwetenschap.

Een eeuwigdurende continuïteit van een onveranderd, soorteigen kiemplasma waar hij in 1885 over schreef, leidde in 1887 tot de noodzakelijke conclusie dat de door het organisme tijdens het leven opgedane eigenschappen niet op nakomelingen overgaan, niet kunnen worden doorgegeven. Dat was in conflict met het Darwinisme (volgens Origin; 1859). Weismann wenste zo'n conflict te vermijden en zag zich bovendien geconfronteerd met de vraag: 'Hoe zouden de veranderingen van een veel gebruikte spier, of de verkommering daarvan die onbruik veroorzaakt, een kiemcel zo kunnen beïnvloeden dat daarna, als de kiemcel een nieuw organisme vormt, dezelfde spier... zich overeenkomstig die verandering zal vormen?'

Weismann ontwierp een Theorie der Vererbung (1892). Kiemplasma bevat – en dat was het uitgangspunt – de Vererbungssubstanz (erf-materie). De aanwezigheid van Vererbungssubstanz staat vast, verzekerde Weismann, even onmiskenbaar als de aanwezigheid van Denksubstanz bij mensen.

Twintigste-eeuwers zijn geneigd te denken dat Weismann met zijn Vererbungssubstanz de Kernsubstanz bedoelde, beter nog, de chromosomen of de Kernstrukturen die sedert

1883 (Roux) bestudeerd werden maar Weismann koos een andere uitleg.

Gedachtig aan de regel, dat een lichaamscel na iedere deling minder erf-materie bevat zodat bij voorbeeld een zenuwcel geen nieuw organisme meer kan voortbrengen, staat dus enerzijds vast dat een kiembaan de erfelijke continuïteit verzekert en anderzijds dat daartoe bij de vorming van gameten die cellen uit de lichaamscellen Vererbungssubstanz moeten ontvangen. Geheel verstoken zijn lichaamcellen dus nooit van die Vererbungssubstanz, soms zelfs daar rijk van voorzien. De epidermiscellen van *Begonia*-bladeren kunnen een nieuwe *Begonia*-plant in zijn geheel vormen.

De eerste deling van de eicel is (van meercelligen) dus al dadelijk ongelijkwaardig. De ene dochtercel (van Wormen) levert ectoderm en de andere dochtercel entoderm van de nakomeling.

Op grond van proeven met zeeëgeleieren verzette J. Loeb zich (IX.24) tegen Weismanns bewering over ongelijkwaardigheid van de eerste deling, maar Weismann bleef bij zijn standpunt. Als bij uitzondering een eerste deling gelijkwaardige dochtercellen ten gevolge heeft, dan zijn de latere delingen in elk geval ongelijkwaardig.

De staafjes en korreltjes die in de jaren tachtig ontdekt werden in de Kernsubstanz en die later chromosomen kwamen te heten, interpreteerde Weismann zo dat ze zijn hypothese steunden. Chromosomen bestaan uit schijfjes en korrels, constateerde hij, en iedere korrel is drager van alle eigenschappen van een compleet dier. Dat model roept Leibniz (VII.1) in herinnering.

Vrijwel alle evolutionisten in Weismanns tijd hanteerden de mystieke frase 'drager van erfelijke eigenschappen' en geen mens wist wat daarmee nu eigenlijk precies bedoeld werd. De Darwinisten in het bijzonder gebruikten de formule met voorliefde omdat Darwin in zijn theoretische beschouwingen een levend organisme steeds beschouwt als een verzameling van (schier) talloze eigenschappen. Weismann probeerde zelfs een telling van het aantal eigenschappen van een zoetwaterkreeftje, een Watervlo (*Daphnia*).

In Frankrijk behoorde A. Giard (1846–1908) tot de daar te lande schaarse pleitbezorgers van het Darwinisme, zij het dat zijn werk onmiskenbaar Lamarckistische accenten heeft. Hij studeerde aan de cole Normale Supérieure in Parijs (sinds 1867), werd daar préparateur (1871) en doctoreerde (1872). Daarna was hij als docent voor de zoölogie in Lille werkzaam (1875) om in 1887 lector aan de cole Normale te worden, waarop in 1888 zijn benoeming als hoogleraar aan de Sorbonne voor de zoölogie (embryologie) volgde. Vijftien jaar eerder had Giard in Wimëreux (bij Boulogne) een Station voor het Onderzoek der Zee gesticht (hij werd in 1874 directeur).

Primaire en secundaire factoren bevorderen transformisme. Primair zijn de invloeden afkomstig van het milieu (licht, temperatuur, voedsel, beschadiging als gevolg van de 'struggle for existence' enzovoorts). Tijdens hun leven daardoor veranderde dieren krijgen dikwijls op dezelfde manier veranderd nageslacht.

Hij stutte deze bewering vooral met resultaten die C.E. Brown-Séquard (1817–1894), opvolger van Claude Bernard (VII.28,37), bekend maakte. Brown-Séquard was een bioloog van Amerikaans-Franse herkomst, die voornamelijk onderzoek deed over klieren met interne secretie (geslachtsklierhormonen) dat zeer de aandacht heeft getrokken. Hij bracht letsel toe aan het centrale zenuwstelsel van cavia's, bereikte dat hetzij de tenen van een poot gevoelloos werden of dat een vorm van blindheid optrad en deze 'verworven eigenschappen zouden (gewoonlijk) op nageslacht overgaan; epileptische verschijnselen evenzo' (1882). Nader onderzoek echter leidde tot andere verklaringen van Brown-Séquards resultaten en zijn conclusies over transformisme werden niet bevestigd. Giard

en Brown-Séquard volgden Darwin (en Lamarck) met hun standpunt dat verworven eigenschappen door erfelijkheid behouden blijven en bestreden Weismann op dat stuk.

Secundair achtte Giard de werking van de natuurlijke teeltkeus die zonder begeleiding van de primaire factoren niet bij machte is nieuwe levensvormen te doen ontstaan. Giard modificeerde het Darwinisme dus aanmerkelijk. Uit Buffons teksten begreep hij dat Buffon een verkapte Darwinist was. Erkend moet worden dat Giard de richtlijn van Darwins toeleg goed formuleerde: 'De *causa finalis* is buiten bereik van experimenteel onderzoek en behoort tot de metafysica.' (1905). Gebundeld publiceerde Giard zijn opstellen over evolutie in 1904 (Controverses Transformistes), een waardevolle bron voor de historie van de evolutietheorie in de tweede helft van de 19e eeuw.

O. Bütschli (1848–1920), leidend onderzoeker van parasitaire organismen, protoplasma en Protozoa, Eencelligen en Nematoden (Draadwormen) was veertig jaar werkzaam in Heidelberg als hoogleraar-directeur van het Zoologisches Institut van de universiteit (1878–1919). In 1901 publiceerde hij een gedrukte toespraak, historisch een belangrijk document (Mechanismus und Vitalismus), omdat bij het aanbreken van de 20e eeuw een overtuigde Darwinist zich toch gedwongen zag nieuwe stellingen te betrekken. Het mechanisme der atomen, erkende Bütschli, kan de levende natuur niet verklaren, maar het Darwinisme blijft toch de meest waarschijnlijk juiste leer, want de chemie en de fysica samen kunnen dat wel. Toeval is alom in de natuur tegenwoordig en werkzaam, soms oppermachtig, soms toegevoegd. Aristoteles had hetzelfde probleem beter behandeld (Epiloog 4).

R. Semon (1859–1919) trachtte een mechanisme te bedenken dat verworven eigenschappen zonder een intracellulaire strijd om te overleven (volgens Weismanns concept) als erfstukken zou bewaren. Semon had medicijnen gestudeerd, werkte bij Haeckel (in Jena), bij O. Bütschli (in Heidelberg) en werd in 1891 hoogleraar voor de vergelijkende anatomie te Jena. Fraai onderzoek over ongewervelde dieren verrichtte hij in het maritieme onderzoekstation in Napels (1886) nadat hij tevoren (1885) in tropisch Afrika gereisd had. Van 1891–1893 maakte hij een studiereis naar Australië terwille van vogelbekdier en mierenegel.

Darwins theorie had grote belangstelling voor de mensenbiologie gewekt en men probeerde aan lichaamseigenschappen en levensgewoonten van mensvarianten in verre landen – en van mensapen – gegevens te ontlenen voor de afstamming (en geaardheid) van de mens. Veel materiaal (geraamten, huiden, anatomische preparaten) werden in de late 19e eeuw in privé-collecties en musea, en veel gegevens door geschreven waarnemingen van reizende biologen bijeengebracht. Semons reisrapporten trokken daarom veel belangstelling. Semon vestigde zich in 1897 in München en zette daar, vrij van ambtelijke verplichtingen, zijn studies voort.

Zijn uitgangspunt ter verklaring van evolutie is de Reizbarkeit van levend protoplasma. Prikkelgevoelig protoplasma reageert op uitwendige beïnvloeding. Minder juist is het, betoogde Semon, te spreken over overdracht van verworven eigenschappen, 'erfelijke verworven reacties' is beter.

Door inwerking van milieufactoren krijgt lichaamscellenprotoplasma een merkteken, een Engramm. Alle Engramme samen zijn een Mneme. De lichaamscellen zijn milieu voor de geslachtscellen en brengen op het prikkelgevoelige kiemplasma mnemen over, zodat dit in overeenstemming daarmee reageert. Zo kan de tenenreductie van sommige gewervelde dieren in het verre verleden begrepen worden. Mnemen bewerken het behoud van ingegrifte eigenschap-bepalende protoplasmawerkingen. (Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens; 1904).

J.G. Fichte (1762–1814), volgeling van Spinoza en Kant, beschouwde het 'ik' (Ich) als het enige actuele en werkelijk bestaande, een grondslag die Descartes anders geformuleerd had. Fichte volgde Descartes' dualisme, want hij wilde behalve Ich een absoluut Ich, een universeel Ego, een wereldziel die het individuele Ich vermoeden kan, erkennen. Kant had ongelijk, dacht Fichte, de natuur is niet zelfstandig en voert geen bestaan buiten ons kenvermogen. Natuur leren wij kennen als een voortbrengsel van ons Ich-bewustzijn. Natuur is in feite een tegenstelling die ons Ich oproept, een Anti-Ich. Beide, Ich en Anti-Ich worteIen in het universele Ich en Ich zonder Anti-Ich is onmogelijk.

Dit was het denkmodel dat Herakleitos (I.8) ontworpen had en dat in de 19e-eeuwse filosofie als 'these', 'antithese' en 'synthese' tot volle ontplooiing kwam. De Wissenschaftslehre die Fichte schreef, had geen aanwijsbare invloed op de biologie, maar was wel een aanloop naar Von Schellings zeer invloedrijke turbulente bespiegelingen.

F.W.J. von Schelling (1775, Lemberg (Stuttgart) – 1854, Bad Regaz (Chur)) was 23 jaar toen zijn Ideeën zu einer Philosophie der Natur in druk verscheen. Fichtes romantiek en Von Schellings biomystiek maakten vooral op de Duitse gemoederen grote indruk en Goethe haalde beiden naar Jena. De leiding die Von Schellings twaalf jaar oudere vrouw hem gaf, had de wild romantische hemelbestormer bitter nodig, maar zij stierf al in 1804. In de kleine Jenaer coterie maakten Von Schellings onwil en onvermogen met collega's taktvol om te gaan het al spoedig gewenst dat hij zich elders zou vestigen. In 1803 doceerde hij in Würzburg, daarna in Erlangen, en in München (1827–1841), en ten slotte kwam hij op uitnodiging naar Berlijn 'niet alleen als een gewone professor, maar bovendien als de door God uitverkoren en tot leraar der mensheid geroepen wijsgeer.' Het bleek vervolgens niet moeilijk om Von Schelling dank zij zijn onbekookte agressiviteit en blinde overschatting van eigen oordeel onmogelijk te maken. In 1843 trad hij af en hij stierf, lang en breed uitgeteld, in 1854.

Zoekend naar inzicht bezocht Von Schelling de hemelen, driemaal. Het leidde tot drie filosofische systemen die aan alle aardse maten ontsnappen. Slechts het eerste systeem (ca. 1797–1800) is voor biologen van belang. Hier volgen hoofdzaken:

Fichte is fout. De natuur is geen produkt van de menselijke geest, van het Ich. Juist het omgekeerde, zegt Von Schelling. De menselijke geest is het produkt van de natuur. Natuur en geest zijn dan ook in wezen dezelfde, zodat in allerhoogste abstractie het werkelijke en het ideële identiek zijn. Wie zou hier niet aan Cusanus en aan Spinoza denken?

Levende en dode materie moeten in samenhang begrepen worden. Opvallend stemt Von Schellings opvatting overeen met gedachten die Diderot veertig jaar eerder neergeschreven had (maar die toen nog niet gepubliceerd waren). Von Schelling verklaarde dat levenloze materie 'verstarde geest' is en dat de eigenschappen van dode stof 'verdoofde' of slapende gewaarwordingen zijn. De wereldziel (Allgeist) slaapt, is bewusteloos in dode stof aanwezig, maar is in levende stof ontwaakt. Naarmate levende wezens hoger georganiseerd zijn is de Allgeist tot hoger bewustzijn gekomen. Lagere organismen gedragen zich instinctief terwijl een begin van redelijk verstand zich aankondigt. De creatieve oerkracht die de levensprocessen voortdrijft, veroorzaakt ook in de menselijke geest het zichzelf bewust zijn.

Kants rustige en bescheiden besluit dat de mens met een beperkt kenvermogen genoegen heeft te nemen, verbleekte bij Von Schellings romantiek. Von Schellings Ik verdraagt dat niet. Het Ik wordt bij Kant normbesef en het bepaalt wezen en werkelijkheid der dingen, meende Von Schelling. Integendeel, de Allgeist bestuurt ons bewustzijn.

Spinoza's stelling dat geest en stof in beginsel hetzelfde zijn, twee aspecten van één Principe, maakte Von Schelling tot springplank voor de bewering dat de menselijke geest dan ook overal en tot alles toegang heeft. Spinoza's algemene metafysica spitste Von Schelling toe op de fysica, de natuurwetenschappen. Deze ingreep, gekoppeld aan de Naturphilosophie van zijn tijd en zijn land, en opgeblazen door zijn Verlichte Ego, liep uit op betogen en uitspraken die biologen niet anders dan als curiositeiten kunnen beschouwen. Met de citaten 'Geslachtelijkheid is de wortel van het dier' en 'Bloemen zijn de hersenen van de planten' koos ik twee van Von Schellings meest toegankelijke uitspraken. Herakleitos' leer der tegenstellingen zag Von Schelling bevestigd en aangetoond door het natuurkundige onderzoek van zijn tijd, zoals de twee polen van magnetisme en positieve en negatieve elektriciteit.

Samen met de techniek in duistere bewoordingen te schrijven liet Hegel de filosofie van Herakleitos herleven. Na Fichte maakte hij opnieuw de leer der eeuwige, alomtegenwoordige tegenstellingen een hoeksteen van zijn systeem terwijl Marx van klassenstrijd sprak, en Spencer (en Darwin) van 'struggle for survival'.

Hier de filosofie van Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1775, Stuttgart - 1854, Berlijn) samen te vatten is onnodig, onnut en onmogelijk. Een directe invloed op de biologie heeft hij niet gehad, een indirecte des te meer. Enige karaktertrekken van zijn theorieën droegen beslissend bij tot de ontwikkeling van de biologie in de 20e eeuw.

Na met wat moeite zijn studie bekostigd te hebben kon Hegel toch in Jena promoveren. Hij bleef daar van 1801-1805 werkzaam (in nauw contact met Von Schelling), doceerde in Heidelberg en Berlijn (1818). Toen stond al een reeks belangrijke boeken op zijn naam en dat hij in Berlijn als opvolger van Fichte benoemd werd, strekte hem tot grote voldoening. Hegel beschouwde het Griekenland van de Oudheid als zijn tweede vaderland. Daar voegde hij aan toe dat Pruisen misschien in omvang en macht de overige Europese mogendheden niet kon evenaren, maar mentaal was het niemands mindere, ja zelfs vulde de bloei der wetenschappen in Pruisen elke achterstand ruimschoots aan. Hegel werd Pruisische Staatsfilosoof en de leidende autoriteit in het Duitse cultuurgebied als het de wijsbegeerte van het recht, de godsdienst, de kunst of de geschiedenis betrof. Aan natuurwetenschappen besteedde Hegel weinig aandacht en aan biologie had hij een hekel.

Toen hij zich gereed maakte Jena te ontvluchten omdat de veldslag van 1806 ophanden was, zag hij Napoleon in levenden lijve. Hij schreef, geëmotioneerd: 'Eén man, een man te paard, houdt de wereld in zijn greep, beheerst de wereld.'

De mens maakt de geschiedenis, werd Hegels conclusie die Fichte en Von Schelling hadden voorbereid. Napoleons nederlaag tegen de natuur wijzigde Hegels mening niet. Bij herhaling verklaarde hij dat de praktijk, de feiten, het empirisme hem niet deerden. Hij was zoals Fichte en Von Schelling een romanticus, een idealist, een religieuze figuur die de Idee beluistert en gehoorzaamt. Feiten moeten, desnoods, voor de Rede wijken.

Elke geschiedenis makende mens is slechts tijdelijk een deelnemer in het schaakspel der historie. Bedacht moet worden dat een nooit aflatende ontwikkeling zich in de loop der eeuwen voortzet. Een buitenmenselijke tijdstroom richt zich opwaarts, stuwt omhoog. De individuele mens heeft zich daarnaar te schikken en moet bijdragen, zo nodig zonder recht op de mogelijkheid zelf te beslissen over zijn handelen. Het historisch schouwtoneel liet Hegel zien en bewees hem dat een onbewust verstand zich gaandeweg tot een zichzelf rekenschap gevend, differentiërend denkvermogen ontwikkelt, zoals Darwin dat later in het biologisch schouwtoneel zou ontdekken.

De aanschouwende werkelijkheid is het redelijk verstaanbare. Filosofie regeert het

menselijk denken en geeft de doorslag. Hoe in later jaren verschillende politieke stromingen aan Hegels stellingen inspiratie ontleenden heeft geen toelichting nodig.

Denken, zei Hegel, is identiek met leven en leven is het denkende bestaan. De leer van de tegenstellingen is de enige levende filosofie. Een bloem doet een vrucht ontstaan, vooronderstelt een vrucht (these). Een vrucht veronderstelt de voorafgaande aanwezigheid en het sterven van een bloem (antithese). Het bestaan van these en antithese ligt besloten in de synthese, dat is het voortbestaan van de plant.

Een groep Hegelianen meende dat Hegel de fenomenologische methode grondvestte: de logische beredenering van ervaren werkelijkheid tot een volkomen en onaantastbaar weten. Dit zou door zichzelf de juistheid van de fenomenologische methode bewijzen (naar Hegels opvatting). Een andere groep oordeelde, eveneens vanwege geschriften van de meester, dat integendeel blijkt dat fenomenologie de logica niet gehoorzaamt en dat daarom menselijk denken niet tot verdiept inzicht hoeft te leiden. Dan is de loop der geschiedenis geen manifestatie van een Allgeist, maar slechts van menselijk gedrag. Op deze laatste uitleg bouwden L. Feuerbach (1804–1872) en K. Marx (1818–1883) verder.

Feuerbach, leerling van Hegel, wees diens idealisme af. De mens bedenkt zijn goden volgens zijn verlangens (zoals Xenofanes had overwogen; p. 23). Of Xenofanes Feuerbachs voorschrift om na idealismen opzij gezet te hebben, een gelukkig leven in vrijheid op eigen kracht te construeren, een leven ontworsteld aan de natuur en toeval en zodoende de natuur aan wetenschap en beschaving te onderwerpen, verwelkomd zou hebben, schijnt mij twijfelachtig. Ofschoon F. Bacon en de materialisten van de 17e eeuw de natuur als heerseres erkenden, een heerseres die zich liet vermurwen indien zij gehoorzaamd werd, zouden zij Feuerbachs beweringen en opdrachten als platvloers ondervonden hebben, wil ik geloven. Enige 18e-eeuwse materialisten in Frankrijk zouden zich in Feuerbach goed herkennen. En verder had Descartes over biologische kwesties weliswaar dikwijls de plank ver misgeslagen, maar dit belette hem niet zijn mening te steunen dat de mens zich als heer en meester van de natuur behoorde op te stellen: 'maître et possesseur de la nature'. In de 20e eeuw worden Descartes' en Feuerbachs stellingen op dit stuk allerwege als vanzelfsprekend in de biologie aanvaard.

Het Hegeliaanse model van de dialectiek nam Marx over, maar maakte het letterlijk tot een revolutionair beginsel en dit gericht op de samenleving. Hij volgde Hegel eveneens in zijn veronachtzaming van de biologie. Toch dient de wereld der levende organismen zich aan als het perfecte voorbeeld van een eeuwigdurend bewegen, worden en vergaan. Marx ontging dit niet en het verklaart zijn tevredenheid over Darwins Origin, een aanvulling van zijn leerstellingen.

Marx oordeelde verder – zoals Feuerbach – dat niets meer en niets anders dan materie abstracties of begrippen in het menselijk bewustzijn doet ontstaan. Het denkend bewustzijn weerspiegelt de werkelijkheid. De materiële hulpbronnen die de mens ter beschikking staan bepalen zijn denken en groeperingen die over verschillende materiële voorzieningen beschikken botsen onvermijdelijk. Hegel dacht juist andersom, maar Marx en Hegel komen beiden tot de conclusie dat de geschiedenis van de mensheid het rechtstreekse gevolg is van de botsing van tegenstellingen tussen mensen onderling.

Door Hegel en Marx' theorieën verloor de biologie in de 20e eeuw zijn status als autonome wetenschap, maatschappelijk en ook, vrijwel, theoretisch. Levende stof werd een bron van materieel profijt, een grondstof die mits goed gehanteerd overtuigend grote opbrengsten levert, onmisbaar voor de alle perken te buiten gaande aantallen mensen op aarde.

De biologie van het Westen beperkt zich in de loop van de 20e eeuw steeds straffer tot onderzoek dat zich volstrekt onderwerpt aan natuurwetten die gelijkelijk van toepassing zijn op dode (inerte) en levende stof. De wetenschappelijke biologie is natuurwetenschappelijke biologie geworden en wordt gedoogd en gedresseerd in zoverre zij 'maatschappelijk relevant' is. Levende en dode stof zijn dezelfde categorie, dachten de voor-Sokratische biofilosofen en denken de 20e-eeuwse Westerse biologen, verreweg de meesten, toen en nu.

49. Het aanbreken van de 20e eeuw

Een zeer beperkte keuze uit het werk van biologen die zich met evolutievraagstukken hebben beziggehouden vóór het begin van de 20e eeuw, was noodzakelijk, want een bevredigend en veel meer gedetailleerd overzicht zou vele malen meer ruimte vergen dan ik ter beschikking heb. De keuze was erop gericht een indruk te geven van de hoofdzaken die de ontwikkeling van de afstammingsbiologie kenmerkten. Alle auteurs – al dan niet hierboven genoemd – trachtten bewijs aan te voeren voor Lamarcks en Darwins stellingen door hun specialistische studies op die stellingen te richten.

Afgezien van de verbazende stimulans die de evolutietheorie op het biologisch onderzoek uitoefende, won de overtuigingskracht van het Darwinisme, en ook wel van het Lamarckisme, stormenderhand terrein door de veelsoortige nieuwe interpretaties en inzichten die in hoog tempo aan het licht kwamen. Dat de resultaten toch nimmer Lamarcks finalisme of Darwins opbouwende teeltkeus afdoende bewezen, telde niet zwaar, want de tijd waarin Westerse biologen leefden en werkten – de tweede helft van de 19e eeuw – was een periode van geloof aan vooruitgang, overal, en geloof verjaagt twijfels en vult tekorten aan. Eén der voornaamste struikelblokken was onzekerheid over het erven van ouderlijke eigenschappen. Lamarckisme en Darwinisme vereisten een wetmatige erfelijkheid. Door Nägeli's falen om de kardinale betekenis van Mendels waarnemingen, proefnemingen en conclusies te doorzien, bleven Mendels wetten in vergetelheid tot de 20e eeuw en het evolutieonderzoek verstoken van die onmisbare gegevens.

In 1901 verscheen het eerste deel van Hugo de Vries' Die Mutationstheorie. Hij begreep Darwins denkmodel ten volle: organismen zijn aggregaten van talloze eigenschapjes, en begon zijn boek dan ook met de aanhef:

Die Mutationstheorie, Einleitung: 'Als Mutationstheorie bezeichne ich den Satz, das die Eigenschaften der Organismen aus scharf von einander unterschiedene Einheiten aufgebaut sind.'

De Vries had, opmerkzaam gemaakt op Mendels werk door Beijerinck en door Focke, tevens voorzien dat het evolutieonderzoek door Mendels wetten een volstrekt nieuwe natuurwetenschappelijk wezenlijk betere toekomst wachtte. In 1900 maakte De Vries de betekenis van Mendels onderzoek bekend, terwijl in hetzelfde jaar C. Correns en E. von Tschermak-Seysenegg eveneens naar aanleiding van eigen kruisingsexperimenten aandacht voor Mendels 'Regel' vroegen. Een overzicht van het werk van Mendel en van De Vries wordt gegeven in VIII.24. Zij plaatsten de hoekstenen voor de ontwikkeling van de erfelijkheidsleer en de afstammingstheoriën van de 20e eeuw. Hoe snel, omvangrijk, briljant en inspirerend die natuurwetenschappen zich in de 20e eeuw ontplooiden zal ik niet proberen te beschrijven.

Epiloog

1. De biologie van het Westen in vijfvoud

Vijf hoofdstromingen in de ontwikkelingsgeschiedenis van de Westerse biologie laten zich onderscheiden.

De eerste, deïstische biologie was de Griekse. Thales tot Galenus. Ongeveer 800 jaar. Bijbel onbekend.

De tweede, theïstisch, ontstond aan het begin van onze jaartelling, een met de christelijke religie verbonden biologie. Augustinus greep in en kon de voortgang aanzienlijk vertragen. In de 13e eeuw trokken Albertus en Thomas de grenzen voor het theïstisch biologisch bereik. Incidenteel briljante resultaten, maar na deze hoogtepunten en na Vesalius en Fernel verloor de theïstische biologie, vooral in de 18e eeuw, aan natuurwetenschappelijke kwaliteit (en gezag). De 19e eeuw zag meer en meer een vermindering van het aantal theïstische biologen en in de 20e eeuw handhaven nog weinigen de bijbelse trouw. Bijbel binnen, op de greep in het studeervertrek.

De derde stroming, deïstisch, kreeg vaart in de 16e eeuw, verwierp het Kerkgezag en aanvaardde uit bijbelse gegevens slechts wat passend geoordeeld wordt na kritisch onderzoek op grond van natuurwetenschappelijke vondsten en dat houdbaar blijkt na toetsing aan de Rede (Leibniz). De deïstische biologie kwam tijdens de Verlichting en daarna in de eerste helft van de 19e eeuw tot grote bloei. Een Schepper wordt erkend. Empirisme, materialisme, mechanicisme, opspoorbare natuurwetten beheersen de causaal gebonden levensverschijnselen. Bijbel buiten, maar in zicht.

De vierde, atheïstische, stroming is gedeeltelijk gebaseerd op Demokritos, Epikoeros, en Lucretius en ontplooide zich sneller naarmate de greep van de clerus op de mensenmaatschappij verzwakte en de techniek (industrialisatie, experimenteren) grotere mogelijkheden bood. Weerstand van de deïstische biologie hoeft de atheïstische biologie niet te duchten. God is natuurwetenschappelijk een vergissing, een ontmaskerd bijgeloof. De materie werd levend door toevallige ontmoetingen van atomen, en de levende wezens van tegenwoordig zijn daarvan het noodzakelijke gevolg. In de 20e eeuw wordt deze stroming verreweg de grootste. Bijbel weg.

De vijfde, agnostische, stroming stelt vast dat bevredigende antwoorden op de kernvragen van de Westerse biologie niet gegeven zijn en de gevonden feiten bieden onvoldoende grond om die op korte termijn te verwachten. Twee groepen. De grotere groep is recruten uit de drie laatstgenoemde stromingen. Zij moesten vaststellen dat de weg die zij kozen wat biologie aangaat, doodliep of in een nevelig verschiet verdween. Ontmoedigd maar toch hoopvol wachten zij op nieuw licht en verschansen zich achter een 'nog niet weten'. De kleinere groep is volgelingen van Pyrrhoon die, constaterend dat natuurwetenschappen en metafysica in gebreke bleven, verklaren dat dit falen een natuurlijke toestand is. Goed-

gerichte vraagstellingen en volledige antwoorden betreffende de leer van het leven, liggen buiten menselijk bereik omdat menselijk kenvermogen onmeetbaar te kort schiet. Binnen menselijk begrijpen kunnen de essentialia van de biologie noch met zekerheid benaderd, noch doorzien worden. De levende natuur kan, zeggen Pyrrhonisten, niet anders zijn dan een fascinerend schouwspel dat elke bioloog levenslang in vrijheid bindt, terwijl hij zijn rol vervult zoals zijn hart hem ingeeft en zijn verstand hem leidt. Hij wil en kan niet anders. Bijbel een weergaloos Westers cultuurmonument.

2. *Feiten zijn feiten of laat ons een kat een kat noemen*

De voorchristelijke biologen waren bijna zonder uitzondering van mening dat een levend organisme een verbond van ziel en materie is en daardoor een bestanddeel - duurzaam en onmisbaar - van het immense raderwerk 'kosmos'. Alle levensverschijnselen laten zich begrijpen als de noodzakelijke, te verwachten gevolgen van dat bestel.

De christen-biologen zagen in de Middeleeuwen de levende natuur als een bijzondere gave Gods. Om de levensverschijnselen te begrijpen was één toegang beschikbaar: het Woord Gods toegelicht door de kerkleraren.

De Renaissance is de verwonderde en verrukte ontdekking van de wereld vol levende dingen waarin wij leven, van de onuitputtelijke veelvoudigheid van een kosmisch levensraadsel.

De 16e eeuw maakte maat, gewicht en tijd souverein. Levende wezens en alle levensverrichtingen zijn meetbare biologie. Gaandeweg vangt een grens de Westerse biologie: de beperking tot meetbare feiten. Onmeetbare realiteiten zijn misschien wel feiten, maar zeker geen biologische realiteit. Bij definitie.

De definitie - hoe voortreffelijk ook verdedigd - kan op den duur niet beletten dat een brede grensstrook van onzekerheden ontstaat. Behoren bij voorbeeld willen, denken, weten, geweten, psychologie, ethiek, ethologie, leven, dood, die alle onmeetbare eigenschappen van levende wezens zijn, tot de wetenschap van de levende natuur, in het geheel niet of gedeeltelijk, en indien gedeeltelijk, welk gedeelte?

Een verdienstelijke biohistoricus gaf in de jaren twintig van de 20e eeuw uiting aan de opvatting die de 20e-eeuwse biologen in meerderheid onderschrijven. 'Als het de natuur betreft rust onze kennis ontegenzeggelijk op bepaalde feiten die voor iedereen dezelfde zijn. Wie weigert dit te erkennen kan niet beter doen dan de exacte natuurwetenschap voorgoed de rug toe te keren.'

Feiten. Voor iedereen gelijke 'bepaalde' feiten blijken veranderlijk te zijn. Geen bepaling van maat, van gewicht, van tijd, of nader onderzoek wijst uit dat elk gevonden feit in de drie categorieën slechts voorwaardelijk en bij hoge uitzondering als onveranderlijk kan gelden. Feiten die de conclusies droegen, zijn veranderlijk en onderhevig aan verschillende interpretaties.

Feiten zijn in de biologie gegevens, informatie. Zij kunnen nimmer afzonderlijk beoordeeld worden, niet synchroon en ook niet diachroon. De dood van een walvis is in 1985 een ander feit dan in 1585, afgezien van het feit dat het walvissterven op de twee datums identiek is. Binnen het feitencomplex dat walvisbiologie kan heten is hetzelfde feit sterk van positie veranderd en dus zelf veranderd.

Slechts die feiten die gedurende enige tijd dezelfde schijnen te blijven, worden wetenschappelijk biologisch erkend en gehanteerd. Voor elke bioloog zijn die feiten - ook in

de periode dat zij niet schijnen te veranderen – toch anders, want een ieder rangschikt en waardeert de feiten, het biologische informatiemateriaal tot een eigen synthese om naar eigen inzicht tot een oordeel te komen. Als de omvang van de kennis van de onderzoeker toeneemt zal zijn voorafgaande waardering van 'hetzelfde' feit zich gewoonlijk wijzigen. Nieuw ter kennis gekomen of gevonden feiten veranderen het gewicht, de reikwijdte en de draagkracht die vroeger aan het feit werden toegekend. In het algemeen veranderen de aan het onderhavige feit gekoppelde feiten en ook het feit als afzonderlijk beschouwd gegeven.

Biologen moeten werken met vroeger door anderen vastgestelde feiten en gewoonlijk kunnen zij de overgeleverde feiten niet ijken door herhaling. Dikwijls voegen zij door eigen onderzoek nieuwe feiten toe aan de bestaande. Zij kennen de zelf gevonden feiten in de regel meer stabiliteit en constantie toe dan de feiten uit andere bronnen verkregen. Hun opvolgers zullen op dezelfde wijze te werk gaan.

Steeds moeten biologen uit een andere feitenbron putten dan hun voorgangers en steeds moeten zij bovendien hun bron van informatie kiezen. Tweemaal in dezelfde rivier baden is onmogelijk, onnatuurlijk (I.8). Niet zelden zijn biologen gedwongen hun bronnen van de levende natuur af te zonderen, moeten zij gekozen en dood organisch materiaal bestuderen. Algemeen erkende invariante feiten hebben in biologische argumentaties, afhankelijk van allerlei factoren, meer of minder gewicht.

Wie de zojuist geciteerde eis stelt dat biologisch onderzoek moet rusten op 'feiten die voor iedereen dezelfde zijn' kan niet beter doen dan de biologie voorgoed de rug toekeren.

De twee excommunicaties veronachtzamen echter het vrijwel onveranderlijke feit dat geen bioloog, geconfronteerd met begrip van de ware aard van feiten, zijn wetenschap daarom in de steek zal laten. Hij is niet in staat de biologie de rug toe te keren en zal zijn bijdrage aan de levenswetenschappen leveren, naar zijn voorkeur en naar kwaliteit gebonden aan zijn aanleg, in de mate die het milieu toelaat. Hij is vrij om te erkennen dat elk feit in de loop der tijd en in wijder verband voor hem een ander feit zal zijn dan voor ieder ander: gelijkheid van feiten is een werkhypothese, niet meer en niet minder.

Voor iedere bioloog zal ieder feit op den duur veranderen, kleur, vorm en overtuigingskracht wijzigen, accent verliezen of verkrijgen. Wie dit niet wil inzien kan, met vele duizenden gelijkgezinde collega's, in onze eeuw toch een biotechnicus zijn, een onmisbare medewerker bij de ontwikkeling van de biologie. Zonder ploeg geen brood.

3. *Summa biologiae*

In de 4e eeuw v. Chr. stelde Aristoteles,verwijzend naar denkbeelden van Empedokles, de vragen die tweeduizend jaar het biologische denken hebben beheerst. Aldus:

> *Fysika* II, c. 8: 'Nu moeten we allereerst uiteenzetten waarom men de Natuur (*fysis*) beschouwt als een der drijfveren tot doelstelling, daarna noodzakelijkheid bespreken en hoe deze zich in natuurlijke dingen uit, want noodzaak is een drijfveer (motief) die iedereen aan de dingen toeschrijft. Men zegt dat warmte en koude, en alle andere dergelijke hoedanigheden bestaan, vanwege oorzaken die bij die bijzondere eigenschappen passen en veroorzaken dat zij [de dingen] werkelijkheden worden. Zelfs als men andersoortige oorzaken noemt, dan verwijst men daar terloops naar en laat het vervolgens daarbij. De een praat van Liefde en Begeerte [Herakleitos] en de ander over Rede [Anaxagoras].

De vraag is nu hoe vast te stellen of iets de natuur kan weerhouden zonder doelstelling werkzaam te zijn, anders te handelen dan ter wille van het beste voor de dingen, die het beste worden indien de natuur ze maakt.

Zeus zendt de regen niet om het graan te doen groeien; hij zendt regen uit noodzaak, want hetgeen omhoog getrokken wordt en verdampt moet koud worden, en wat koud geworden is moet weer als water omlaag komen, en toeval is het dat, als dit gebeurd is, graan groeit. En evenzo, als iemands graan verloren gaat op de dorsvloer [buiten] dan viel de regen niet om het graan te bederven. Het was toeval dat dit gebeurde.

Wat zou verhinderen dat het met de delen van het natuurlijk bestel evenzo in elkaar steekt? Wat zou verhinderen, bij voorbeeld, dat noodzakelijkerwijs iemands voortanden scherp en geschikt om dingen fijn te snijden verschijnen, en dat de kiezen plat en geschikt om dingen te vermalen, verschijnen? Men zou in dit geval ook kunnen zeggen dat deze organen niet met een bedoeling verwerkelijkt werden, maar bij toeval ontstonden. Zo ook met alle andere (lichaams)delen die met een bedoeling tot stand gekomen schijnen te zijn. Volgens deze redenering zouden alle dingen die toevallig tot stand kwamen en werden wat ze geworden zijn, schijnen met een bedoeling tot stand gekomen te zijn. Vervolgens bleven ze, vanzelfsprekend, voortbestaan indien ze eerst op goed passende manier samengesteld werkelijkheid werden. Organismen die niet op deze wijze tot ontwikkeling kwamen, gingen te gronde, en zullen voortdurend te gronde blijven gaan, zoals Empedokles zei dat zijn menshoofdige ossen overkwam.

Dit betoog, en andere dergelijke redeneringen, voeren op een dwaalspoor als men wil ontdekken of de natuur doelgericht is. Het is onmogelijk dat de dingen toevallig zo zouden zijn, want de genoemde dingen en alle natuurlijke voorwerpen ontstaan in overeenstemming met een vaststaand patroon, hetzij steeds hetzij gewoonlijk, en elk ding, wat ook, dat door toeval of zonder oorzaak ontstaat, ontsnapt aan die regelmaat. We denken immers niet als het in de winter dikwijls regent dat het bij toeval of zonder oorzaak zou zijn, maar als het in de hondsdagen regent, dan geloven we aan toeval.'

Toeval in natuurlijke dingen herkent Aristoteles door de afwijking van de bestaande regelmaat en gemis van duurzaamheid. Indien echter natuurlijke dingen, toevallig of niet, goed komen te passen in het natuurlijke bestel, bestaan ze voort.

Het valt op dat Aristoteles de werkzaamheid van *fysis* personifieert, zoals Darwin 'natural selection' personifieerde. De natuur is, zoals een goede econoom (*oikonomos agathos*) niet gewoon iets weg te werpen als het nog enig nut heeft en doet nimmer iets dat overtollig of zinloos is (*Gen. Anim.* 744 a 38). De natuur is werkzaam en beoogt daarbij het 'beste'.

Natuurlijke dingen komen tot stand hetzij bij toeval, hetzij door een doelgerichte oorzaak, zowel het een als het ander. Is noodzaak in de natuur een algemeen geldige wet?

Men onderscheide zuiver mechanistische, toevallig optredende feiten of gebeurtenissen, die niet met een doelstelling verbonden zijn. De kleur van de ogen is een voorbeeld: blauwe ogen zijn toeval, maar ook een noodzakelijk resultaat van het samengaan van niet meer dan de materiële en de efficiënte causa's (p. 54–55 en *Gen. Anim.* 778 a 16 - b 19).

Lichaamseigenschappen die altijd en overal zijn zoals ze zijn, moeten zich doelgericht, volgens plan, van begin tot voltooiing ontwikkelen en daarbij zijn een vormende en de finale *causa* onontbeerlijk om met zekerheid het noodzakelijke resultaat te bereiken. Twee

noodzakelijkheden: de metafysische noodzaak en de fysische. De fysische (directe of 'eenvoudige') noodzaak is òf het gevolg van het toevallig samentreffen van de materiële en efficiënte causa's, òf van meer causa's. Doelmatigheid wordt soms verkregen door de fysische noodzaak, doelgerichtheid is een immaterieel onontbeerlijk kenmerk van de levende natuur.

Op deze natuurbeschouwing stoelden de biologische overwegingen en het onderzoek tot de 16e eeuw. Daarna koos een groeiend aantal onderzoekers een eigen weg: die van de fysische noodzaak. In de 19e en 20e eeuw werd, naarmate de ontwikkeling van de natuur- en scheikunde gelegenheid verschafte, de biologie door de overgrote meerderheid der onderzoekers en overdenkers gereduceerd tot mechanistisch-materialistisch natuuronderzoek. Men zag zich echter genoodzaakt – en dit niet bij toeval – om aan de materie dezelfde vermogens toe te schrijven als Aristoteles aan zijn causa's toekende.

Geen voorval zonder geëigende oorzaak: het was van oudsher de grondwet voor elke vorm van onderzoek van de dode en de levende natuur en de weg naar ieder antwoord op biologische vraagstukken. Aristoteles vroeg zich af of die grondwet steeds en overal en toereikend is voor een volkomen inzicht in *fysis*. De analytische beschouwing van de oorzakelijke natuur is het werktuig dat de biofilosoof hanteert. Zal de logische opbouw van zijn waarnemingen en de cirkelgang van oorzaken en gevolgen, de beweging van *fysis* voor wat levende wezens betreft, kunnen verklaren?

Hij antwoordt: in de materie schuilt energie die in levende wezens doelgericht de materiebewegingen stuurt en beheerst om de organismen tot voltooiing te brengen. Men ziet de resultaten van die werkzaamheid tijdens de ontwikkeling en door de eigenschappen van het bereikte, het organisme. Die resultaten zijn voorspelbaar, zijn steeds dezelfde, althans bijna steeds en vrijwel. Enige ruimte voor toeval, voor onzekerheid blijft, afhankelijk van de interpretatie van 'toeval', herkenbaar bestaan. Aristoteles, Augustinus en Ockham zijn diep overtuigd van de onwrikbare cirkelgang van *fysis*, maar zij erkennen een mogelijkheid van niet door mensen verklaarbare natuurverschijnselen, toevalligheden misschien, en zonder aanwijsbare oorzaak. Bacon en Descartes willen dit niet aanvaarden en verschansen zich door dualistische standpunten en nevelige stellingen met het air van helderheid.

Het gerijpte materialisme en het dogma van de kringloop van onverbreekbaar verbonden oorzaken en gevolgen, sloten toeval uit, omdat elk ding en elk voorval het resultaat van materiebeweging is, en materie gehoorzaamt aan de wet van oorzaak en gevolg, zonder uitzondering.

Dit leidt tot het deterministische natuurwetenschappelijke denken van de 19e eeuw, dat dwingend voorschreef dat elk natuurverschijnsel in samenhang met een bijbehorende oorzakelijkheid moest worden begrepen. De revolutie in de natuurwetenschappen van de 20e eeuw, versneld door de bestorming en het openbreken van het atoom, leidde in de laatste decennia tot conclusies van de atoomfysica die het denken over biologie in een nieuw tijdperk binnenvoeren.

De wet van oorzaak en gevolg handhaaft zich onverkort, maar vast is komen te staan dat een oorzaak van fysische beweging niet aanwijsbaar behoeft te zijn, soms zelfs niet aanwijsbaar is of kán zijn. Bovendien kunnen in sommige atoom-fysische vraagstukken oorzaken en gevolgen niet vrijgemaakt worden van menselijke maat en mening. In de fundamenten van *fysis* is enige ruimte voor datgene wat niet van 'toeval' onderscheiden kan worden. Toeval wordt de term voor een onvatbaarheid door middel van de wet van oorzaak en gevolg.

Het gegeven citaat uit *Fysika* getuigt van Aristoteles' zoeken naar een toereikend inzicht in de verschijnselen 'leven' en 'natuurlijke' verandering. Zijn besef dat oorzaak en gevolg de controle van hun trouw kunnen ontwijken is de inleiding tot de huidige erkenning van leidende atoomfysici dat voor mensen oorzaak, gevolg en toeval identiek kunnen zijn, en als gelijken kunnen bijdragen aan het mysterie dat biologen levenslang en ononderbroken boeit.

Het 20e-eeuwse natuurwetenschappelijke onderzoek en denken bevestigt de onveranderlijke kringloop van de wetenschap der levende natuur: de vragen in het middelpunt bleven dezelfde, de antwoorden wijzigden zich voortdurend. Zo is het goed.

Literatuur

De volgende lijst bevat de titels van de meeste publikaties die ik heb gebruikt of gelezen. Niet opgenomen zijn de titels die in de tekst voldoende gedetailleerd worden vermeld om lezers dorstend naar de bronnen, de weg te wijzen; n.v. wil zeggen 'niet gezien' ofschoon onmisbaar, n.s. betekent 'nieuwe serie' en ff. betekent 'en volgende'.

De lijst is zonder bibliografische verdienste, biedt over de publikaties van vrijwel geen enkele auteur volledige informatie aan maar beantwoordt aan zijn doel als de gebruiker de gegevens met succes benut om boeken en artikelen die hij zou willen inzien, ter beschikking te krijgen. Standaard-naslagwerken heb ik zelden vermeld.

De in de tweede helft van de 20e eeuw ingeburgerde gewoonte om het citeren van een publikatie te beschouwen als een vergroting van de wetenschappelijke reputatie van de auteur – een evaluatie-maatstaf gehanteerd door machtige overheidsinstanties – brengt mij tot de opmerking dat hier de verwijzing naar een auteur geen enkele zekerheid verschaft dat zijn werk mij meer aanstond dan publikaties van niet genoemde auteurs. Nu en dan, bijvoorbeeld, heb ik bij keuze een titel opgenomen vanwege de uitvoerige literatuurlijst, en niet om de inhoud.

Degenen met een bijzondere belangstelling die meer willen lezen, kunnen nauwelijks beter doen dan de beredeneerde bibliografie History of the Life Sciences, door P. Smit, 1974, raadplegen naast deze literatuurlijst.

Abel, O. et al., 1922. Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit (ed. 2, 1927) G. Fischer, Jena.

Acharius, E., 1803. Methodus qua omnes detectos lichenes... (F.D.D. Ulrich), Stockholm.

Ackermann, R., 1865. Theories of Knowledge. McGraw-Hill Book Cy, New York-Sydney.

Adams, A.B., 1969. Eternal Quest. Putnam, New York.

Adams, F.D., 1938. The birth and development of the geological sciences. Baltimore.

Adams, G. & O. Whicher, 1949. The living plant and the science of physical and ethereal spaces... Goethe Sci. Found., Stourbridge (Worc.).

Adanson, M., 1757. Histoire naturelle du Sénégal. Paris.

Adanson, M., 1769. Examen de la question: si les espèces changent parmi les plantes. Mém. Acad. Sci.: 31–48, 71–77, 383–419.

Adanson, M., 1963/1964. Michel Adanson (2 vols, facs. repr. Familles des Plantes (1763/1764), G.H.L. Lawrence (ed.), with essays i.a. by J.P. Nicolas (vol. 1: 1–121), F.A. Stafleu (vol. 1: 123–264), and W.D. Margadant (vol. 1: 265–368). Hunt Bot. Libr., Pittsburgh (Pa).

Adelmann, H.B., 1965–1966. Marcello Malpighi and the evolution of embryology, (5 vols). Cornell Univ. Press, Ithaca, N.Y.

Aegidius de Columna, 1975. Giles of Rome... Athlone Press, Londen.

Aelianus, 1958–1959. On the characteristics of animals (ed. & transl. A.F. Scholfield) 3 delen. Loeb Classical Library, Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.) and Heinemann, Londen.

Aemilius Macer, zie Macer Floridus.

Agassiz, L., 1857. Essay on Classification (repr. ed. Edw. Luri). Belknap Pr. of Harvard U.P., Cambridge (Mass.).
Agricola, G., 1958. De Natura Fossilium Lib. X (heruitg. 1e ed. 1546 (1955 Engelse vert.)). V.E.B. Verlag, Berlijn.
Agricola, G., 1971. De animantibus subterraneis. V.E.B. Verlag, Berlijn.
Aiken, P., 1947. The animal history of Albertus Magnus and Thomas of Cantimpré. Speculum XXII.
Ainsworth, G.C., 1975. Introduction to the history of mycology. Cambridge.
Albertus Magnus, 1867. De Vegetabilibus (ed. C. Jessen). Berlijn.
Albertus Magnus, 1916–1920. De Animalibus Libri XXVI (Beitr. Gesch. Philos. Mittelalt. XV–XVI) (ed. H. Stadler) 2 delen. Münster i.W.
Albertus Magnus, 1923. De Secretis Mulierum (Incunabula Medica) (ed. W. Osler). Univ. Press, Oxford (heruitg. H. & T. Boom, Amstelodami, 1669).
Albertus Magnus, 1955. Quaestiones super De Animalibus (ed. E. Filhaut) (Opera Omnia, ed. Inst. Alb. Magn. Col., XII). Münster.
Albertus Magnus, 1973. The Book of Secrets of Albertus Magnus... (ed. M.R. Best & F.H. Brightman). Clarendon Press, Oxford.
Albertus Magnus, 1980. Albertus Magnus and the sciences (ed. J.A. Weisheipl O.P.). Comm. Ess., Port. Inst. Med. Stud., Toronto.
Albinus, B.S., 1737. Icones Ossium Foetus Humani. Verbeek, Leiden.
Albinus, B.S., 1748. Tabulae Septem... Verbeek, Leiden.
Albury, W.R., 1977. Experiment and Explanation in the Physiology of Bichat and Magendie. Studies Hist. Biol. 1: 47–131 (Johns Hopkins Univ. Pr.).
Aldrovandi, U., 1963. Aldrovandi on Chickens (ed. and transl. L.R. Lind). Univ. Oklahoma Press, Norman (Okl.).
Alkmaioon: zie Leboucq, G. (1946); Sarton, G. (1952); Kirk, G.S. & J.E. Raven (1957); Guthrie W.K.C. (1962); Schumacher, J. (1963); Zeller, E. (1963).
Almborn, O., 1980. Three centuries of Botany at the University of Lund. Bot. Not. 133: 451–474.
Almeida, F. d', 1824. Notice sur la vie et les travaux de M. Corréa de Serra. Mém. Mus. Hist. Nat., Paris XI: 215–219.
Almquist, E., 1931. Grosse Biologen. Lehmann, München.
Alpino, P., 1735. Historiae Aegypti... Leyden.
Amici, G.B., 1824. Observationes microscopiques... Ann. Sci. Nat., Bot. 2: 41–71, 211–249.
Amici, G.B., 1847. Über die Befruchting der Orchideen. Bot. Zeit. 5: 364–370, 381–386.
Anaxagoras: zie Gomperz, T. (1922–1931); Cleve, F.M. (1949); Baccou, R. (1951); Diels, H. (1959–1960); Zeller, E. (1963).
Anaximandros: zie Tannery, P. (1930); Diels, H. (1959–1960); Kahn, C.H. (1960); Seligmann, P. (1962).
Anaximenes: zie Tannery, P. (1930); Baccou, R. (1951); Kirk, G.S. & J.E. Raven (1957); Diels, H. (1959–1960); Guthrie, W.K.C. (1962); Zeller, E. (1963, deel 1).
Andernach, Gonthier d', 1539. Anatomicarum institutionum secundum Galeni... R. Winter, Basel.
Anderson, F.J., 1977. An Illustrated History of the Herbals. Columbia Univ. Pr., New York.
Anderson, F.J. (ed.), 1983. The Illustrated Bartsch. Abaris Books, New York.
Andry, N., 1700–1701. De La Génération des Vers dans le corps de l'Homme (Londen, Eng. ed. 1701). Paris 1700, Amsterdam 1701.
Anker, J. & S. Dahl, 1938. Werdegang der Biologie. Hiersemann, Leipzig (vert. Leven en Wetenschap; 3000 jaren biologie. Thieme, Zutphen, 1944).
Apelt, O., 1922–1923. Platon Sämtliche Dialoge. (2e druk) 7 delen. Felix Meiner, Leipzig.
Apuleius, 1935. The Herbal of Pseudo-Apulejus from the 9th century (Codex Cass. 97). Leiden.
Arber, A., 1912. Herbals, their origin and evolution (1470–1670) (ed. 2, 1938). Cambridge.
Arber, A., 1918–1919. The 'Law of Loss' in Evolution. Proc. Linn. Soc., London, Sess. 131: 70–78.
Arber, A., 1925. Monocotyledons: A Morphological Study. Cambridge.
Arber, A., 1928. The Tree Habit in Angiosperms. New Phytol. XXVII: 69–84.
Arber, A., 1934. Spinoza and Boëthius. Isis 34: 399–403.
Arber, A., 1934. The Gramineae. Cambridge.
Arber, A., 1941. Nehemiah Grew and Marcello Malpighi. Proc. Linn. Soc., London, Sess. 153(2): 218–238.

Arber, A., 1946. Goethe's Botany. Chron. Bot. 10: 63–126.
Arber, A., 1946. Analogy in the History of Science in Stud. Ess. Hist. Sci. Learn. presented to G. Sarton (ed. M.F. Ashley Montagu), New York.
Arber, A., 1950. The natural philosophy of Plant Form. Cambridge Univ. Pr.
Arber, A., 1954. The mind and the eye. Cambridge Univ. Press.
Arcieri, J.P., 1937. Alcmeone de Crotone e la Scuola Pitagorica. Paolella's Press, New York.
Arcieri, J.P., 1945. The Circulation of the Blood and Andrea Cesalpino of Arezzo. Vanni, New York.
Arcy Thompson, W. d', zie Thompson, d'Arcy W.
Aristoteles, 1910–1913. The Works of Aristotle (ed. J.A. Smith & W.D. Ross), Historia Animalium (transl. d'Arcy W. Thompson, vol. IV, 1910), De Generatione Animalium (transl. A. Platt, vol. V, 1912), De Plantis (transl. E.S. Foster, vol. VI, 1913). Oxford Univ. Pr., Londen.
Aristoteles, 1937. Part of Animals, Movements of Animals, Progression of Animals (transl. A.L. Peck & E.S. Foster; herziene herdr. 1945, 1955, 1961, 1968). Loeb Classical Libr., Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.); Heinemann, Londen.
Aristoteles, 1942. Generation of Animals (transl. A.L. Peck; herdr. 1953, 1963, 1979). Loeb Classical Libr., Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.); Heinemann, Londen.
Aristoteles, 1956. Les Parties des Animaux (trad. P. Louis). Les Belles Lettres, Paris.
Aristoteles, 1957. Histoire des animaux (trad. J. Tricot) 2 delen. Vrin, Paris; (trad. P. Louis, Lib. I–IV, 1964), Les Belles Lettres, Paris.
Aristoteles, 1959. Organon I. Catégories, II. De l'Interprétation (trad. nouv. et Notes, J. Tricot). Vrin, Paris.
Aristoteles, 1961. La Génération des Animaux (trad. P. Louis). Les Belles Lettres, Paris.
Aristoteles, 1965–1969. Historia Animalium (transl. A.L. Peck, herdr. deel 1 en 2, 1970 en 1979), 3 delen. Loeb Classical Libr., Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.); Heinemann, Londen.
Aristoteles, 1975. Die Naturphilosophie des Aristoteles (ed. G.A. Seeck). Wissensch. Buchges., Darmstadt.
Aromatari, J. de, 1625. Epistola de generatione plantarum... (herdruk in Phil. Transact. Roy. Soc. 1693 in J. Jungius, Opuscula, 1747).
Arrianus, Flavius Nicodemus, 1927. L'Inde (ed. P. Chantraine, thèse). Les Belles Lettres, Paris.
Asimov, J., 1963. The wellsprings of life. New American Library, Mentor Books.
Asimov, J., 1966. Biologie in hoofdlijnen. Wereldbibliotheek.
Asklepiades, zie Green, R.M. (1955).
Athenaeus, 1961. Deipnosophistae (transl. C.B. Gulick), 7 delen. Loeb Classical Library, Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.); Heinemann, Londen.
Atlan, H., 1972. l'Organisation biologique et la théorie d'information. Hermann, Paris.
Augustinus, zie Bonner, G. (1963); Sizoo, A. (1957).
Averroës, 1961. Epitome of Parva Naturalia (ed. H. Blumberg). Mediev. Ac. America, Cambridge (Mass.).
Avicenna, 1968, 1972. Avicenna Latinus, Liber de Anima seu Sectus de Naturalibus (vert. S. van Riet, introd. G. Verbeke). Brill, Leiden; Peeters, Louvain.
Ayala, F.J., 1968. Biology as an autonomous science. Amer. Sci. 56: 207–221.
Ayala, F.J., 1970. Teleological explanations in evolutionary biology. Phil. Sci. 37: 1–15.
Ayala, F.J., 1974. Biological evolution: Natural Selection or Random Walk. Amer. Scient. 62: 692–701.
Ayala, F.J. & Th. Dobzhansky (eds.), 1974. Studies in the philosophy of biology... MacMillan, Londen.
Ayer, A.J., 1946. Language, truth and logic. Londen.
Ayer, A.J., 1956. Chance. Scientif. Amer. 213: 44–54.
Aymard, J., 1953. Essai sur les chasses romaines. De Boccard, Paris.
Aymonin, G.G., 1981. l'Herbier de Lamarck. Revue d'Hist. Sci. 34(1): 25–58.
Baas, P., 1982. Systematic, phylogenetic and ecological wood-anatomy. New Perspectives of Wood Anatomy. Nijhoff-Junk, Den Haag.
Baccou, R., 1951. Histoire de la Science grècque de Thalès à Socrate. Montaigne, Paris.
Bacon, F., 1905. De Dignitate et Augmentis Scientiarum (ed. Ellis & Spedding). Routledge, Londen.
Bacon, F., 1974. The Advancement of Learning and New Atlantis (ed. A. Johnston). Clarendon Press, Oxford.
Baer, K.E. von, 1853. Fragments relating to Philosophical Zoology... (ed. A. Henfrey & Th.H. Huxley, art. 7). Scientif. Mem.: 176–238.

Baer, K.E. von, 1828, 1837, 1888. Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion (I, II, III). Königsberg.
Baer, K.E. von, 1931. De ovi mammalium et hominis genesi. Lipsiae 1827 (facsim. repr. in Sarton's Isis XVI: 315).
Bajema, C.J., 1982. Artificial Selection and the development of evolutionary theory. Hutchinson Ross. Stroudsburg (Penns.).
Baker, J.R., 1948–1953. The Cell-Theory. Quart. J. Microsc. Sci. 89: 103–123; 90: 87–108; 93: 157–190.
Baker, J.R., 1952. Abraham Trembley, scientist and philosopher (1710–1784). Arnold, Londen.
Ball, I.R., 1975. Nature and formulation of biogeographical hypotheses. Syst. Zool. 24: 407–430.
Balss, H., 1923. Präformation und Epigenese in der griechischen Philosophie. Archivio di Storia d. sci. IV: 319–325 (Archeion).
Balss, H., 1928. Albertus Magnus als Zoologe. München.
Balss, H., 1936. Die Zeugungslehre und Embryologie in der Antike. Quellen u. Studien z. Gesch. d. Mediz. V: 1–82, 193–274.
Balss, H., 1947. Albertus Magnus als Biologe. Grosse Naturforscher 51. Wissensch. Verlagsges., Stuttgart.
Balz, A.G.A., 1935. Cartesian Doctrine and the Animal Soul. Studies in the History of Ideas III: 117–177.
Barber, L., 1980. The heyday of natural history, 1820–1870. Doubleday, Garden City, New York.
Barge, J.A.J., 1936. Forme et Fonction. Folia Biotheor. I: 12–26.
Barge, J.A.J., 1938. Praeformatie en epigenese. Rede, Leiden.
Barlow, N. (ed.), 1967. Darwin and Henslow. The growth of an idea. Letters 1831–1860. Univ. Calif. Press, Berkeley L.A.
Barnett, C.S., 1958. A century of Darwin. Mercury Books.
Barrett, P.H., D.J. Weinshank & T.T. Pottleber, 1981. Concordance to Darwin's Origin of Species First Edition. Cornell Univ. Pr. (n.v.).
Barthez, P.J., 1773. Oratio de principio vitali hominis. Montpellier. (n.v.).
Bartholin, Th., 1670. Opuscula Nova Anatomica (herdruk van De lacteis thoracis (1652) en van Vasa lymphatica nuper in animalibus (1653–1654)). Lugdunum Batavorum.
Bartholin, Th., 1673. Anatomia, ex Caspari Bartholini parentis... locupletata, 1641 (herdruk). Lugdunum Batavorum.
Bartholin, C. jr., 1675. Exercitationes Miscellaneae. Hackiana, Leiden.
Bartholin, C. jr., 1678. De ovariis mulierum... Westen, Amsterdam.
Bartholomeus Anglicus, 1964. De Proprietatibus rerum (Frankfurt, 1601) herdruk. Frankfort.
Bartholomeus Anglicus, 1975. On the Properties of Things (John Trevisa's translation. 2 vols). Clarendon Press, Oxford.
Baruch, J.Z., 1964. Leven en Werk van Andreas Vesalius. Kruseman, 's-Gravenhage.
Bary, A. de, 1866. Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Mycomyceten. Leipzig.
Bary, A. de, 1884. Comparative Anatomy of the Vegetative Organs of the Phanerogams and Ferns. Oxford.
Bastian, H.Ch., 1905. The nature and origin of living matter. Fisher Unwin, Londen.
Bates, Marston, 1951. The nature of natural history. Chapman and Hall, London.
Battandier, A., 1883. Sainte Hildegarde, sa vie et ses oeuvres. Rev. quest. hist. XXXIII: 395–425.
Bauhin, C., 1620. Prodromos Theatri Botanici. P. Jacobi, Francofurt ad Maenum.
Bauhin, C., 1658. Theatri Botanici sive Historiae Plantarum... J. König, Basiliae.
Baumann, E.D., 1926. Studiën over de Hippocratici. Naeff, Den Haag.
Baumann, E.D., 1949. Francois de le Boe Sylvius. Brill, Leiden.
Beaujeu, J., 1957. La vie scientifique à Rome au premier siècle de l'Empire. Conf. Palais Découv. Série D, no. 51. Paris.
Beauvais, Vincent de, 1964. Speculum naturale; Speculum quadruplex (herdruk). Graz.
Beckner, M., 1959. The biological way of thought. Columbia Univ. Pr., New York.
Becquerel, P., 1950. La suspension de la vie. Compt. Rend. Acad. Sci. Paris 231: 1274, 1392–1394; 232, 1951: 22–25.
Behringer, J.H., z.j. Lithographia Wirceburgensis.
Beijerinck, M.W., 1940. Martinus Willem Beijerinck door G. van Iterson, L.E. den Dooren-de Jong en A.J. Kluyver. Nijhoff, Den Haag.

Bellini, L. Exercitatio Anatomica De Structura et Usu Renum cui... (met overzichten van anatomisch werk van Leonardus Botallus, Casparus Bauhinus, Gerardus Blasius, Thomas Bartholinus en Joannes van Horne). Andrea Frisius, Amstelodamus.

Beneden, E. van, 1868. Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf. Mém. Sav. Etr. 34.

Berendes, J., 1891. Die Pharmacie bei den alten Culturvölkern. 2 delen. Tausch und Grosse, Halle a. S. (herdruk 1965, Olms, Hildesheim).

Berendes, J., 1914. Paulus von Aegina... Brill, Leiden.

Berendt, A., 1978. Carolus Clusius (1526–1609) and Bernardus Paludanus (1550–1633). Lias V(2): 49 ff.

Berg, A., 1942. Die Lehre von den Fasern... der Zellenlehre. Virchow's Arch. f. path. Anatomie u. Physiol. 309(2): 333–461.

Berg, J.H. van den, 1956. Metabletica of Leer der Veranderingen. Callenbach, Nijkerk.

Berg, J.H. van den, 1959, 1961. Het menselijk lichaam. 2 delen. Callenbach, Nijkerk.

Berg, J.H. van den, 1968. Metabletica van de materie. Callenbach, Nijkerk.

Berg, J.H. van den, 1972. Zien... Callenbach, Nijkerk.

Berg, J.H. van den, 1977. Gedane zaken (Metabletica van de materie, deel II). Callenbach, Nijkerk.

Berg, J.H. van den, 1984. Koude rillingen over de rug van Charles Darwin. Callenbach, Nijkerk.

Bergmann, C. & R. Leuckart, 1852. Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreichs (ed. 1855). Mueller, Stuttgart.

Bergson, H., 1896. Matière et Mémoire. (ed. 1933). Alcan, Paris.

Bergson, H., 1917. l'Evolution créatrice. (ed. 1948). Press. Univ. France, Paris.

Berk, J.H.G. van den, 1973. Over het proces van vervreemding tussen de natuur en de exacte wetenschap. Roermond.

Bernal, J.D., 1965. Science in History 1–4 (3rd ed.). Pelican Books.

Bernal, J.D., 1967. The Origin of Life. World Publ. Cy, Cleveland.

Bernard, Cl., 1881. L'Oeuvre (Biblioth. G. Malloizel). Baillière, Paris.

Bertalanffy, L. von, 1932, 1942. Theoretische Biologie I, II. Borntraeger, Berlin.

Bertalanffy, L. von, 1965. Een biologisch wereldbeeld. Utrecht.

Bertalanffy, L. von, 1973. General System Theory. Penguin Univ. Book XXII.

Bertalanffy, L. von, 1975. Evolution, Chance or Law (Perspectives of General System Theory). New York.

Berthier, A.G., 1914, 1920–1921. Le mécanisme cartésien et la physiologie au XVIIe siècle. Isis (1914): 37–189; (1920–1921): 21–58.

Bichat, M.F.X., 1822. Recherches physiologiques sur la vie et la mort (éd. F. Magendie) (4e ed.). Paris.

Bidez, J., 1913. Vie de porphyre... Gand (herdruk 1964, Hildesheim).

Bilikiewiecz, T., 1932. Die Embryologie im Zeitalter des Barock und des Rokoko. Arb. Inst. Gesch. Med. Univ. Leipzig.

Blainville, H.M. Ducrotay de, 1825. Manuel de Malacologie et de Conchyliologie (texte, histoire, système etc.; planches 1827). Levrault, Paris.

Blainville, H.M. Ducrotay de, 1827. Mémoire sur les Bélemnites. Levrault, Paris.

Blainville, H.M. Ducrotay de, 1834. Manuel d'Actinologie ou de Zoophytologie. Levrault, Paris.

Blainville, H.M. Ducrotay de, 1845. Histoire des sciences de l'organisation. Paris.

Blainville, H.M. Ducrotay de, 1839–1864. Ostéographie des Mammifères (met Etude sur la vie... Blainville par M.P. Nicard) 4 delen tekst, 4 delen platen. Baillière, Paris.

Bliemetzrieder, F.J.P., 1935. Adelard von Bath. Hueber, München.

Bloch, B., 1904. Die Grundzüge des älteren Embryologie bis Harvey. Zool. Ann. 1(1): 51–73.

Bloch, B., 1904. Die geschichtlichen Grundlagen der Embryologie im Altertum. Inaug. Diss., Halle a.d. Saale.

Bloch, K., 1956. Zur Theorie des naturwissenschaftlichen Systematik. Acta Bioth. XI, Suppl. 1.

Bloch, M.E., 1782. Abhandlung von der Erzeugung der Eingeweidewürmer... (1788 Franse vertaling). Berlin.

Bloch, O.E., 1971. La physiologie de Gassendi... Arch. Int. d'Hist. Idées 38. Nijhoff, 's-Gravenhage.

Blumenbach, J.F., 1780, 1781, 1791. Ueber den Bildungstrieb (Eng. vert. An essay on Generation, Londen, 1792). Göttingen.

Blumenbach, J.F., 1776 (1775), 1781, 1795. De generis humani varietate nativa liber. Vandenhoek u. Ruprecht, Göttingen.

Blumenbach, J.F., 1790. Decas Collectionis suae craniorum diversarum gentium. Dieterich, Göttingen. (n.v.).
Blumenbach, J.F., 1830. Handbuch der Naturgeschichte. 12e rechtmäszige Ausgabe. Dieterich, Göttingen.
Blunt, W., 1950. The Art of Botanical Illustration. Collins, Londen.
Blunt, W. & W.T. Stearn, 1971. The Compleat Naturalist. A Life of Linnaeus. Collins, Londen.
Boas, M., 1966. The Scientific Renaissance 1450–1630. Harper Torchbooks, Harper and Row, New York.
Bock, W.J., 1980. The definition and recognition of biological adaptation. Amer. Zool. 20: 217–227.
Bodenheimer, F.S., 1928–1929. Materialen zur Geschichte der Entomologie bis Linné. 2 delen. Junk, La Haye.
Bodenheimer, F.S., 1948. A survey of the zoology of the ancient Sumerians and Assyrians. Arch. Int. Hist. Sci. I: 261–269.
Bodenheimer, F.S., 1952. Xenophon in the history of Biology. Arch. Int. Hist. Sci.: 18–19; 56–64.
Bodenheimer, F.S., 1952. Aristote biologiste. Confér. Palais Découv., Paris, Série D, no. 15. Paris.
Bodenheimer, F.S., 1953. l'Anatomie de Léonard da Vinci. Press. Univ., Paris.
Bodenheimer, F.S., 1954. Aristotle the father of animal ecology. Vol. Jubil. Millas-Vallicrosa I: 165–182.
Bodenheimer, F.S., 1958. The history of biology. Dawson & Sons, Londen.
Bodenheimer, F.S., 1960. Animals and Man in Bible Lands. Brill, Leiden.
Boerhaave, H., 1710. Index Plantarum quae in Horto Academico... C. Boutestein, Lugdunum Batavorum.
Boerhaave, H., 1927. Index Alter... 2 delen. J. van der Aa, Lugdunum Batavorum.
Bok, S.T., 1963. Het ontstaan van het leven. Aula Boeken.
Bonner, G., 1963. St. Augustine of Hippo. Londen.
Bonnet, G., 1930. Charles Bonnet, 1720–1793.
Bonniec, H. le, 1946. Bibliographie de l'Histoire Naturelle de Pline l'Ancien. Klincksieck, Paris.
Bordeu, Th. de, 1818. Oeuvres complètes. Paris.
Borelli, G.A., 1927. Die Bewegung der Tiere (De motu animalium, 2 delen (1680–1681) übers. M. Mengeringhausen), Ostwald's Klassiker der Exacten Wiss. 221, Akad. Verl. Ges., Leipzig.
Bots, J., 1972. Tussen Descartes en Darwin. Assen.
Boullier, D.R., 1727–1728. Essai philosophique sur l'Ame des Bêtes. Amsterdam.
Boveri, Th., 1904. Ergebnisse über die Konstitution der chromatische Substanz des Zellkerns. Gustav Fischer, Jena.
Boveri, Th., 1910. Die Potenzen der Ascaris-Blastomeren bei abgeänderten Furchung. Festschr. für R. Hertwig III: 133–214. Gustav Fischer, Jena.
Bower, F.O., 1918. On the natural classification of plants as exemplified in the Filicales. Hooker Lecture in Journ. Linn. Soc., London, Bot. 44: 107–124.
Bower, F.O., 1930. Size and Form in Land Plants. Londen.
Bowler, P.J., 1971. Preformation and preexistence in the seventeenth century. Journ. Hist. Biol. 4: 221–244.
Bowler, P.J., 1975. The changing meaning of evolution. Journ. Hist. Ideas 36: 95–114.
Boyle, R., 1666 (1665). A Way of Preserving Birds Taken Out of the Egge. Philosoph. Transact. 1: 199–201.
Boyle, R., 1688. Disquisition about the Final Causes of Natural Things (in Works, ed. Th. Birch (2nd ed. 1772)). Londen.
Brandon, R.N., 1981. Biological Teleology: Questions and Explanations. Stud. Hist. Phil. Sci. 12(2): 91–105.
Bratchell, D.F., 1981. The impact of Darwinism. Avebury Publ. Comp.
Bremekamp, C.E.B., 1953. A re-examination of Caesalpino's classification. Acta Bot. Neerland. I: 580.
Bremekamp, C.E.B., 1962. The various aspects of biology. Verh. Kon. Acad. Wet. Afd. Nat., 2e reeks 14(2).
Bretzl, H., 1903. Botanische Forschungen des Alexanderzuges. Inaug.-Diss., Straszburg. Teubner, Leipzig.
Britten, J. & G.S. Boulger, 1931. A biographical Index of deceased British and Irish Botanists (2nd ed. by A.B. Rendle). Taylor and Francis, Londen.
Brown, R., 1810. Prodromus Florae Hollandiae I. Londen.
Bruggen, A.C. van, 1982. Charles Robert Darwin... Vakbl. Biol. 62: 420–426.
Brunet, P., 1929. Maupertuis. L'Oeuvre et sa place dans la pensée scientifique et philosophique du dix-huitième siècle. Paris.
Brunet, P., 1957. Histoire de la Science. Encycl. de la Pléiade.
Brunn, W.L., 1967. Kreislauffunktion in William Harvey's Schriften. Springer, Berlin.
Büchner, L., 1855. Kraft und Stoff (5e ed. 1858; Eng. vert. Force and Matter, 1864). Frankfurt.

Buess, H., 1945. Schweizer Aertzte als Forscher, Entdecker und Erfinder. Ciba Aktiengesellschaft, Bazel.
Bulloch, W., 1960. The History of Bacteriology. Oxford Univ. Pr., Londen.
Burckhardt, A., 1917. Geschichte der medizinische Fakultät zu Basel, 1460–1900. Reinhardt, Bazel.
Burckhardt, R. & H. Ehrhard, 1907. Geschichte der Zoologie und ihre wissenschaftlichen Probleme (Göschen; 1921 2e ed. met H. Ehrhard, 2 delen). Leipzig.
Burckhardt jr, R.W., 1972. The evolutionary thought of Jean-Baptiste Lamarck. Doct. Thes., Harvard Univ. (The inspiration of Jean-Baptiste Lamarcks belief in evolution. Journ. Hist. Biol. 5: 413–438).
Burdach, K.F., 1855–1857. Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft (2. Aufl.) 2 delen. Leipzig.
Burger, D., 1964. Galileo Galilei. Phoenix Pockets, Zeist.
Butterfield, H., 1957. The origins of modern science (3rd ed.). Bell, Londen.
Caesalpinus, A., 1583. De Plantis Libri XVI. G. Marescottus, Florentiae.
Caesalpinus, A., 1593. Quaestiones Peripateticarum Libri V. Junta, Venetië.
Caesalpinus, A., 1603. De Plantis et Quaestiones Peripateticis Appendix ad Libros. A. Zannettus, Romae.
Camerarius, R.J., 1899. Ueber das Geschlecht der Pflanzen... (Duitse vert. door M. Möbius). Ostwald's Klassiker der Exacten Wiss. 105, W. Engelmann, Leipzig.
Camp, W.H. & G.L. Gilly, 1943. The structure and origin of species. Brittonia 4: 333–386.
Campbell, B.G., 1962. The systematics of man. Nature 194(1485): 225–232.
Camper, P., 1782. Natuurkundige Verhandelingen over den Orang-Oetang en eenige andere aapsoorten, over den Rhinoceros met den dubbelen horen en over het Rendier. Amsterdam.
Camper, P., 1792. Redenvoeringen... over de verbaasende overeenkomst tusschen de viervoetige dieren, de vogelen en den Mensch. Rede gehouden in 1778. Utrecht.
Canano, G.B., 1925. Musculorum humani corporis picturata (facs. ed. H. Cushing & e. Streeter, van de ? 1543 uitgave bij F. Rossi, Ferrari). Monumenta Medica IV, Florence.
Candolle, A. de, 1855. Géographie botanique raisonnée. Paris.
Candolle, A. de, 1862. Mémoires et souvenirs. Genève.
Candolle, A.P. de, 1813. Théorie élémentaire de la Botanique. Paris.
Candolle, A.P. de, 1827. Organographie végétale, 2 delen. Paris.
Cangiamilla, F.E., 1745. Embryologica sacra, sive... in utero existentium salutem. (latere editie 1775, verkort in het Frans 1762 door C. Dinouart, Paris). Palermo. (n.v.)
Canguilhem, G., 1952. La connaissance de la Vie. Hachette, Paris.
Canguilhem, G., 1960. Du développement à l'évolution au XIXe siècle. Thalès 2: 363 ff.
Canguilhem, G., 1970. Du singulier et de la singularité en épistemologie biologique. Etudes d'hist. et phil. sciences (2e ed.). Vrin, Paris.
Cantimpré, Thomas de, 1902. Het Bienboec (ed. A.W. van der Vet), 's-Gravenhage.
Cantimpré, Thomas de, 1967. De naturis rerum, Proloog. in Vivarium 5: 152–155.
Capelle, W. (ed.), 1955. Hippokrates. Fünf auserlesene Schriften (herdr. 1959, Fischer, Frankfurt a. M.). Artemis, Zürich.
Caplin, A., 1979. Philosophical issues in the modern synthetic theory of evolution. Ph. D.-thesis. Columbia Univ. (n.v.)
Capparoni, P., 1932. La storia della scoperta della circolazione del sangue. Siena.
Capra, F., 1982. The turning point. Flamingo edition (repr. 1984). Londen.
Carus, C.G., 1819. Von den Naturreichen... Zeitschr. f. Nat. u. Heilk. 1: 1–72.
Carus, J.V., 1872. Geschichte der Zoologie bis auf Joh. Müller und Ch. Darwin. (Franse vert. door P.O. Hagenmuller 1880, Baillière, Paris). München (herdruk 1965, New York).
Casserio, C., 1601. De vocis auditisque organis... Vict. Baldinus, Ferrara.
Casserio, C., 1609. Pentaestheseion h.c. de quinque sensibus liber. N. Misserinum, Venetië (en N. Bassaeus, Francofurt, 1610).
Cassirer, E., 1932. Die Philosophie der Aufklärung. J.C.B. Mohr, Tübingen.
Castellani, C., 1973. Spermatozoan biology from Leeuwenhoek to Spallanzani. Journ. Hist. Biol. 6: 37–68.
Castiglione, A., 1941. The origin and Development of the Anatomical Theatre to the end of the Renaissance. Ciba Symposia III (ii): 826–844.
Caullery, M., 1941. Les étapes de la biologie (herdruk Pr. Univ. France, Paris, 1954). Paris.

Celsus, 1935–1938. De Medicina (transl. W.G. Spencer), 3 delen. Loeb Classical Library, Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.); Heinemann, Londen.
Chambers, R., 1844. Vestiges of the Natural History of Creation (anoniem gepubliceerd, duitse vertaling door Vogt in 1851, 1858). Londen.
Chamisso, Adelbert de, 1984. Naturwissenschaftliche Schriften (ed. R. Scheebeli-Graf). Reimer, Berlin.
Chauvois, L., 1966. Descartes. Sa méthode et ses erreurs en physiologie. Cèdre, Paris.
Child, C.M., 1941. Patterns and Problems of Development. Univ. Chicago Pr., Chicago.
Choulant, L., 1852. Geschichte und Bibliographie der anatomischen Abbildung (Engelse heruitgaven 1917, 1945, Univ. Chicago Press, 1962, Hafner, New York). Weigel, Leipzig.
Churchill, F.B., 1969. From machine theory to entelechy. Journ. Hist. Biol. 2: 165–185.
Churchill, F.B., 1979. Sex and the single organism. Stud. Hist. Biol. 3: 139–177.
Cicero, 1933. De Natura Deorum (transl. H. Rackham). Loeb Classical Library, Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.); Heinemann, Londen.
Clark-Kennedy, A.E., 1929. Stephen Hales. Univ. Press, Cambridge.
Cleve, F.M., 1949. The Philosophy of Anaxagoras. Kings Crown Press, Columbia Univ., N.Y.
Cohen, I.B., 1980. Album of Science. From Leonardo to Lavoisier (1450–1800). Scribner's, New York.
Cohen Rosenfield, L., 1940. From Beast-Machine to Man-Machine (1968 enlarged edition, Octagon Book). Oxford Univ. Press, New York.
Coiter, V., 1933. The 'De ovorum gallinaceorum generatione... (ed. H.B. Adelmann). Ann. Med. Hist. 5 (new ser.): 327–341, 444–457.
Coiter, V., 1955. Externarum et internarum principalium humani corporis partium tabulae (ed. B.W.Th. Nuyens & A. Schierbeek, ill., biogr. en bibliogr.). Opuscula Selecta Neerlandicorum De Arte Medica. Bohn, Haarlem.
Cole, F.J., 1926. The History of Protozoology. Londen.
Cole, F.J., 1930. Early theories of Sexual Generation. Clarendon Press, Oxford.
Cole, F.J., 1937. Leeuwenhoek's Zoological Researches. Ann. Sci. 2: 1–46, 185–(237).
Cole, F.J., 1938. Bibliographical Reflexions of a Biologist. Proc. Oxford Bibl. Soc., Oxford.
Cole, F.J., 1944. A History of comparative anatomy. MacMillan, Londen.
Coleman, W., 1964. Georges Cuvier, zoologist. Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.).
Columella, 1941–1955. De Re rustica (transl. H.B. Ash, E.S. Foster en E.H. Heffner), 3 delen. Loeb Classical Library, Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.); Heinemann, Londen.
Conant, J., 1951. Science and Common Sense. New Haven.
Conant, J. (ed.), 1957. Harvard Case Histories in Experimental Science. Harvard Univ. Pr. Cambridge (Mass.).
Condillac, E.B. de, 1755. Traité des Animaux. Amsterdam.
Constance, L., 1955. The Systematics of the Angiosperms (in A Century of Progress in the Natural Sciences, 1853–1953). California Ac. Sci., San Francisco.
Cope, E.D., 1887. The origin of the Fittest (repr. 1974, Arno Press Inc.). Appleton & Co, New York.
Cope, E.D., 1895. The primary factors of evolution. Chicago.
Copleston, F., 1985. A history of Philosophy (9 vols in 3 'books'). Image Books, Doubleday, Garden City, New York.
Cordier, H., 1891. Les voyages de l'Asie au XIVme siècle du bienheureux frère Odoric de Pordenone. (n.v.).
Corner, E.J.H., 1949. The Durian Theory or the origin of the modern tree. Ann. Bot., Londen (n.s.) 13: 367–414.
Corner, E.J.H., 1953, 1954. The Durian Theory extended. Phytomorph. 3: 465–476; 4: 152–165, 263–274.
Corner, E.J.H., 1964. The life of plants. Weidenfeld & Nicolson, Londen.
Corner, E.J.H., 1966. The Natural History of Palms. Weidenfeld & Nicolson, Londen.
Corner, E.J.H., 1976. The seeds of Dicotyledons. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.
Corner, E.J.H., 1981. Angiosperm classification and phylogeny: a criticism. Bot. Journ. Linn. Soc. 82: 81–87.
Cornford, F.M., 1932. Before and After Socrates. Cambridge.
Cornford, F.M., 1937. Plato's Cosmology. The Timaeus... (transl., comm.). Londen.
Corréa da Serra, J.F., 1807. Vues carpologiques. Ann. Mus. Hist. Nat. X: 151–162.
Costatin, J., 1930. Les derniers jours de Lamarck. Arch. Mus. Nat. Hist. nat., sér. 6(6): 5–10.
Crick, F.H.C., 1966. Of molecules and men. Univ. Washington Press. Washington.
Crick, F.H.C., 1981. Life itself. Simon & Schuster. New York.

Croizat, L., 1964. Space, Time, Form. Croizat, Caracas.
Crombie, 1952. Augustine to Galileo. The History of Science. A.D. 400–1650 (herdr. 1959, 1970). Heinemann, Londen.
Crombie, 1953. Robert Grosseteste and the origins of experimental science, 1100–1700. Oxford.
Cuénot, L., 1936. L'Espèce. Doin, Paris.
Cuénot, L., 1941. Invention et Finalité en Biologie. Flammarion, Paris.
Cuénot, L. & A. Tetry, 1951. L'Evolution biologique. Masson, Paris.
Cuvier, G.L.F.D., 1796. Notice sur la squelette d'une très grande espèce de quadrupède. Magasin encycl. I.
Cuvier, G.L.F.D., 1807. Éloge historique de Michel Adanson. Mém. Classe Sci. Inst. Nat. France 7(1): 159–188.
Cuvier, G.L.F.D., 1812. Recherches sur les ossemens fossiles de quadrupèdes, 4 delen. Paris.
Cuvier, G.L.F.D., 1841. Histoire des sciences naturelles depuis leur origine jusqu'à nos jours. 5 delen (1966 herdruk, Cregg, Farnborough, Hants.).
Cuvier, G.L.F.D., z.j. Tableau élémentaire de l'Histoire Naturelle. Baudouin, Paris.
Cuvier, G.L.F.D. & A. Brongniart, 1811. Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris. Baudouin, Paris.
Cuvier, G.L.F.D. & F. Valenciennes, 1828–1849. Histoire Naturelle des poissons, 25 delen. Paris et Strasbourg (1965, herdruk Asher, Amsterdam).
Damascenus, N., 1841. De Plantis Libri Duo Aristoteli vulgo adscripti (ed. E.H.F. Meyer, Lat. vert. door Isaac ben Honain). L. Voss, Lipsiae.
Dankmeijer, J., 1951. Les travaux biologiques de René Descartes (1596–1650). Arch. Int. d'Hist. Sci. 16: 675–680.
Danneman, F., 1921. Plinius und seine Naturgeschichte. Diederichs, Jena.
Daremberg, C., 1854. Oeuvres anatomiques, physiologiques et médicales de Galien. Paris.
Daremberg, C., 1870. Histoire des sciences médicales. 2 delen. Baillière, Paris. (n.v.)
Darlington, C.D., 1953. The facts of life. George Allen & Unwin Ltd, London.
Darwin, C., 1859. On the origin of species. John Murray, London. Facs. ed. E. Mayr, 1966, Harvard U.P., Cambridge, Mass.
Darwin, C., 1868. Provisional hypothesis of pangenesis. Chapter 27, in The Variation of Animals and Plants under Domestication 2, New York (rev. ed. 1890, New York).
Darwin, C., 1898. The Life and Letters of Charles Darwin (ed. F. Darwin). New York.
Darwin, C., 1986. The Correspondence of... (1837–1842), ed. F. Burkhart & S. Smith. Cambridge U.P., New York.
Darwin, C. & A.R. Wallace, 1958. Evolution by Natural Selection. Cambridge.
Darwin, E., 1791. The Botanic Garden (2 vols). London.
Darwin, E., 1794. Zoonomia, or the Laws of Organic Life (3rd corrected edition, 1801). London.
Darwin, E., 1804. The temple of Nature or, the Origin of Society. New York.
Daudin, H., 1926. Études d'histoire des sciences naturelles (I. De Linné à Jussieu; II. Cuvier et Lamarck). Alcan, Paris.
Davy de Virville, A., et al., 1954. Histoire de la Botanique en France (VIIIe Congrès Int. Bot., Paris). Soc. d'Ed. d'Ens. Sup., Paris.
Debus, A.G., 1972. Science, Medicine and Society in the Renaissance (Essays to honor Walter Pagel), 2 vols. Heinemann, London.
Dedu, M., 1658. Anatomie des plantes... Grew... et l'Ame des Plantes avec un receuil d'Experiences. Pierre van der Aa, Leiden.
Delage, Y., 1895. La structure du Protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale. Paris.
Delaunay, P., 1926. L'aventureuse existence de P. Belon du Mans. Champion, Paris.
Delaunay, P., 1926. Ambroise Paré naturaliste. Laval Goupil, Paris.
Delaunay, P., 1962. La Zoologie au seizième siècle. Hermann, Paris.
Democrates, zie Meyer, E.H.F. (1855, deel 2); Singer, C. (1927).
Demokritos, zie Baccou, R. (1951); Sarton, G. (1952); Kirk, G.S. & J.E. Raven (1957), Diels, H. (1959–1960); Schumacher, J. (1963); Zeller, E. (1963); Guthrie, W.K.C. (1965).

Dengler, R.E., 1927. Theophrastus: De causis plantarum I (Eng. vert., Doctor's Thesis, Univ. Philadelphia). Philadelphia.
Descartes, R., 1950. Vertoog over de Methode (ed. Pos & Pos). Wereldbibliotheek, Amsterdam, Antwerpen.
Descartes, R., 1958. Oeuvres et Lettres. Bibl. de la Pleiade. Paris.
Descartes, R., 1969. Uber den Menschen (1632) sowie Beschreibung des Menschlichen Körpers (1648; red. Rothschuh, K.E.). Lambert Schneider, Heidelberg.
Descartes, R., z.j. Treatise of Man (transl. and comm. Hall, Th.S.). Harvard U.P., Cambridge, Mass.
Descartes, R., z.j. Oeuvres de Descartes. Libr. Gibert, Paris.
Dictionary of Scientific Biography I–XV, 1970–1978 (Ed. Gillispie, C.C.). Scribner & Sons, New York.
Diderot, D., 1951. Le rêve d'Alembert. Didier, Paris.
Diderot, D., 1951. Oeuvres (ed. André Billy). Bibl. de la Pleiade. Gallimard, Paris.
Diels, H., 1923–1924. Lukrez von der Natur (Latijn en Duits), 2 vols. Weidmann, Berlin.
Diels, H., 1934–1960. Die Fragmente der Vorsokratiker (10 edities, ed. W. Kranz). Weidmann, Berlin. (zie Freeman, K.).
Dijksterhuis, E.J., 1950. De mechanisering van het wereldbeeld. Meulenhoff, Amsterdam.
Dilg, P., 1969. Das Botanologicon des Euricius Cordus. E. Mauersberger, Marburg.
Diogenes van Apollonia, zie Zafiropoulo, J. (1956); Guthrie, W.K.C. (1965).
Diokles van Karystos, zie Jaeger, W. (1938, 1963).
Dioskorides, zie Wellmann, M. (3 vols, 1906–1909); Singer, C. (1921); Gunther, R.T. (1959).
Dioskorides, 1970. Codex Vindobonensis Medicus Graecus I (ed. H. Gerstinger). Akad. Druck-u. Verlag Anst., Graz.
Dittmeyer, L., 1915. Guilelmi Moerbekensis translatio commentationis Aristotelicae de generatione animalium. Dillingen.
Dobell, C., 1932. Antony van Leeuwenhoek and his 'Little Animals'. Harcourt & Brace. New York.
Dobson, J.F., 1925–1927. Herophilus of Alexandria. Proc. Roy. Soc. Med. Hist. Sect. 18: 19–31; 20: 49, 825–832.
Dobzhansky, T., 1941. Genetics and the Origin of Species (2nd. ed.). Columbia U.P., New York.
Dobzhansky, T., E. Boesiger & D. Sperlich, 1980. Beiträge zur Evolutionstheorie. GEB G. Fischer, Jena.
Dombrowski, H.J., 1963. Lebende Bakterien aus dem Paläeozoicum. Zentralb. f. Bakter., Parasitenk., Infektionsk. u. Hygiene 82: 477–484.
Driesch, H., 1891. Die mathematisch-mechanistische Betrachtung morphologischer Probleme der Biologie. Eine kritische Studie. Gustav Fischer, Jena.
Driesch, H., 1891. Entwicklungsmechanistische Studien I und II. Zeitschr. f. wiss. Zool. 53: 160–183 (III–VI, ibid. 55: 1–62).
Driesch, H., 1893., Als boven VII–X, Mitt. zool. Stat. Neapel 11: 221–254.
Driesch, H., 1904. Naturbegriffe und Natururteile. Leipzig.
Driesch, H., 1908. The Science and Philosophy of the Organism (Giff. Lect., London; 2nd ed. 1921).
Driesch, H., 1914. History and Theory of Vitalism (vert. van Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre, 1905, Barth, Leipzig). Macmillan, London.
Duchesneau, F., 1982. La Physiologie des Lumières (Arch. Int. Hist. Idées, 95). Nijhoff, Den Haag.
Ducker, S.C. & R.B. Knox, 1985. Pollen and Pollination: a historical review. Taxon 34(3): 401–419.
Duckworth, W.L.H., 1962. Galen on anatomical procedures (the later books transl.). Cambridge U.P.
Düring, I., 1969. Naturphilosophie bei Aristoteles und Theophrast. Lothar Stiehm Verl., Heidelberg.
Duhamel de Monceau, H.L., 1758. La physique des arbres (2 vols). Guerin & De La Tour, Paris.
Duhamel de Monceau, H.L., 1835. Traité des Arbres Fruitiers I (nouv. éd. A. Poiteau & P.J.F. Turpin). Levrault, Paris.
Dujardin, F., 1835. Sur les prétendus estomacs des animalcules... appelée sarcode (2me partie des Recherches sur les organismes inférieurs). Ann. Sci. Nat., Partie Zool., 2me série, 4: 364.
Dujardin, F., 1841. Histoire naturelle des zoophytes. Paris.
Dullemeijer, P., 1974. Concepts and approaches in animal morphology. Van Gorcum, Assen.
Dunn, L.C., 1965. A short history of Genetics. McGraw Hill Book Co, New York.

Durand, D.B., 1943. Tradition and Innovation in Fifteenth Century Italy. Journ. Hist. Ideas IV: 1–40.
Du Rietz, G.E., 1930. The fundamental units of plant taxonomy. Svensk Bot. Tidskr. 24(3): 333–428.
Du Rietz, G.E., 1931. Life Forms of terrestrial flowering plants. Acta Phytogeogr. Suecica 3: 1–95.
Dussen, M. van der, 1979. Aristoteles. Nieuw onderzoek naar de betekenis van zijn kategorieën. Servire, Katwijk.
Dutrochet, R.J.H., 1824. Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux et sur la motilité. Paris.
Dutrochet, R.J.H., 1826. L'agent immédiat du mouvement vital, devoilé dans sa nature et dans sa mode d'action chez les végétaux et les animaux. Paris, London.
Dutrochet, R.J.H., 1837. Mém... anatomiques et physiologiques... Atlas. Cans et Co. Bruxelles, Meline.
Easton, E.C., 1952. Roger Bacon and his search for a universal science. New York.
Ebbell, B., 1937. The Papyrus Ebers. Oxford U.P., London.
Edelstein, L., 1935. The Development of Greek Anatomy. Bull. Inst. Hist. Medic. III (4): 235–248.
Ehrenberg, C.G., 1832. Ueber das Entstehen des Organischen aus einfacher sichtbarer Materie. Ann. Phys. u. Chem. 24: 1–48.
Ehrenberg, C.G., 1838. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Leipzig.
Ehrensvärd, G., 1962. Life, Origin and Development. Univ. Chicago Pr.
Eigen, M., 1971. Selforganisation of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. Naturwiss. 58: 465–523.
Eisely, Loren, 1961. Darwin's Century. Anchor Books, New York.
Ellegärd, A., 1958. Darwin and the General Reader. Götebörg.
Ellis, J., 1770. Directions for Bringing Over Seeds and Plants...
Empedocles, zie Kranz, W. (1949); Baccou, R. (1951); Diels, H. (1959–1960).
Endlicher, S.L., 1836–1841. Genera Plantarum secundum ordines naturalis disposita (18 fasciculi; 5 supplementen, 1841, 1842, 1843, 1848, 1850).
Endlicher, S.L., 1841. Enchiridion Botanicum.
Endlicher, S.L., 1847. Synopsis Coniferarum.
Engelmann, W., 1960. Bibliotheca Historia-Naturalis (repr., ed. J. Cramer & H.K. Swann, Weinheim).
Engels, F., 1934. Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft. Ring-Verlag A.-G. Zürich.
Engels, F., 1954. On the part played by labor in the transition from ape to man. Dialectics of Nature. Foreign Languages Publ. House, Moscow.
Entralgo, L., 1949. Conceptos fundamentales para una historia de la anatomia. Pub. Arch. Ib. Am. de Hist. de la Med. I: 419–423.
Epikoeros, zie Farrington, B. (1940); Hadzsits, G.D. (1963); Zeller, E. (1963).
Erasistratos, zie Berendes, J. (1891); Schöner, E. (1964); Majno, G. (1977).
Eriksson, R., 1959. Andreas Vesalius' first public anatomy at Bologna. Uppsala.
Ernout, A., 1962. Lucrèce. De la Nature (2 vols). Les Belles Lettres, Paris.
Espinasse, M. l', 1956. Robert Hooke. London.
Eustachius, B., 1707. Opuscula anatomica... et de Dentibus, ed. 2, accedit De Partibus Semen... (herdruk van de 1564-editie (V. Luchinus, Venetië) door J. van der Linden, Lugduno-Batavorum).
Everaerts, A., 1661. Novus et genuinus Hominis Brutique Animali exortus. Fr. Krook, Middelburg.
Ewan, J. (ed.), 1969. A short history of botany in the United States. New York.
Fabricius, H., 1737. Opera Omnia... ed. nov. Joh. v. Kerckhem, Leiden.
Fabricius, H., 1933. De venarum ostiolis... ed. K.J. Franklin. Springfield, Baltimore.
Fabricius, H., 1942. The embryological treatises of H. Fabricius of Aquapendente (ed. H.B. Adelmann, Cornell U.P., Ithaca; repr. 1967).
Falconnet, C., 1711. Non est fetii sanguis maternus alimenti, Paris (in A. von Haller, Disputationes selectae, 1750).
Fallopio, G., 1928. Gabrielle Fallopio (MDXXIII–MDLXII). Studio biografico... a Favaro, G. Immac. Concez., Modena.
Farber, P.L., 1972. Buffon and the concept of species. Journ. Hist. Biol. 5: 259–284.
Farber, P.L., 1975. Buffon and Daubenton. Isis 66: 63–74.
Farber, P.L., 1982. The emergence of Ornithology as a scientific discipline 1760–1850. Reidel, Dordrecht, Bos-

ton, London.
Farley, J., 1977. The Spontaneous Generatio Controversy from Descartes to Oparin. Johns Hopkins U.P., Baltimore & London.
Farrington, B., 1931. The last Chapter of the De Fabrica of Vesalius... (transl.). Transact. Royal Soc. S. Africa (Cape Town) XX: 1–14.
Farrington, B., 1932. The Preface of Andreas Vesalius to De Fabrica... 1543 (transl.) Proc. Roy. Soc. Medic. XXV, ii, London: 1357–1360.
Farrington, B., 1940. Science and politics in the ancient world. Allen and Unwin, London.
Farrington, B., 1951. Francis Bacon. MacMillan, London (repr. 1973).
Farrington, B., 1953. Greek Science. Penguin, London.
Febvre, L., 1942. Le problème de l'incroyance au 16e siècle. Paris.
Febvre, L. (ed.), 1953. Léonard da Vinci et l'expérience scientifique au seizième siècle. Paris.
Feinus (Feyens), Th., 1620. De formatrice foetus. Liber... tertia dia. Willem van Tongeren, Antwerpen.
Fichte, J.G., 1794. Ueber den Begriff der Wissenschaftslehre (2 vervolgen in 1797).
Field, G.C., 1930. Plato and his Contemporaries (hered. 1967). London.
Figuier, L., 1868–1883. Vies des savants illustres... (5 vols). Hachette, Paris.
Filolaos, zie Kirk, G.S. & J.E. Raven (1957); Diels, H. (1959–1960); Guthrie, W.K.C. (1962).
Fischer, H. & W.H. Schopfer, 1945. Die Geschichte des Zeugungs- und Entwicklungstheorien (im 18e und 19e Jahrhundert). Gesnerus 2: 49–[103].
Fischer, H.W.K., 1929. Mittelalterliche Pflanzenkunde (in Geschichte der Wissenschaften). Münchner Drücke, München.
Fischer, R.A., 1936. Has Mendel's work been rediscovered? Ann. Sci. 1: 115–137.
Fischer-Benzon, R.V., 1895. Uber die Physica der heiligen Hildegard. Schr. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein X: 133–145.
Fischer-Benzon, R.V., 1927. Die heilige Hildegard von Bingen. Münch. Beitr. Gesch. Lit. Naturw. Med., München 7/8.
Flamm, D., 1979. Der Entropiesatz und das Leben. Naturwiss. Rundschau 6: 225–238.
Fleeming Jenkin, 1868. The Origin of Species. North British Review 116: 277–318. (n.v.).
Fleming, D., 1955. Galen on the Motions of the Blood in the Heart and Lungs. Isis 46: 14–21.
Fleming, D., 1955. William Harvey and the Pulmonary Circulation. Isis 46: 319–327.
Florkin, M., 1944. l'Evolution Biochimique. Masson, Paris.
Florkin, M., 1960. Naissance et déviation de la théorie cellulaire dans l'oeuvre de Théodore Schwann. Hermann, Paris.
Florkin, M. (ed.), 1960. Aspects of the Origin of Life. Pergamon Press, New York.
Folsome, C.E., 1979. The origin of life. Freeman, San Francisco.
Forbes, R.J., 1940–1950. Bibliographica Antiqua, Philosophia Naturalis (I–X). Suppl. I, 1952, Suppl. II, 1963. Leiden.
Forbes, R.J. & E.J. Dijksterhuis, 1963. A History of Science and Technology. Pelican Books, Harmondsworth, Middlesex.
Foster, M., 1901. Lectures on the History of Physiology in the 16th, 17th and 18th centuries. Cambridge.
Foucault, M., 1966. Les mots et les choses (Ned. vert.: De woorden en de dingen, 1973, Bilthoven). Gallimard, Paris.
Fournier, P., 1932. Voyages et Découvertes Scientifiques des Missionnaires naturalistes français (in Encylop. Biol. X). P. Chevalier, Paris.
Fox, S.W. (ed.), 1965. The origin of prebiological systems. Academic Press, New York.
Fox, S.W. & K. Dose, 1972. Molecular evolution and the origin of life. Freeman, San Francisco.
Frederik II, 1943. De Arte Venandi cum Avibus (ed. C.A. Wood & Fyfe), Stanford U.P., London, Oxford.
Freeman, K., 1962. (Ancilla to) the pre-Socratic philosophers. Blackwell, Oxford.
Fretz, D., 1948. Konrad Gessner als Gärtner. Atlantis Verlag, Zürich.
Freund, H. & A. Berg, 1963. Geschichte der Mikroscopie. I. Biologie. Umschau Verlag, Frankfurt a/M.
Frisk, G., 1949. A middle English translation of Macer Floridus De Viribus Herbarum. Almquist & Wiksell, Uppsala.

Fruton, J.S., 1972. Molecules and Life. John Wiley, New York.
Fuchs, L., 1938. New Kreüterbuch in welchem... vormals nie gesehen noch an tag kommen. (1543, M. Isengrin, Basell). Koehlers Antiqu. Leipzig.
Fuchs, R., 1895–1900. Hippokrates, sämmtliche Werke (3 vols.). München.
Fulton, J.F. (& L.G. Wilson), 1930. Selected readings in the history of physiology (2nd ed., 1966). Thomas, Springfield (Ill.).
Futuyma, D.J., 1983. Science on Trial. Pantheon Books, New York.
Gabelli, L., 1907. Ulisse Aldrovandi (Botanico). Riv. Fis. Mat. Sci. Nat. (Pavia) VIII: 1–8.
Galenus, C., 1854–1856. Oeuvres anatomiques, physiologiques... (trad. Daremberg, C., 2 vols). Baillière, Paris.
Galenus, C., 1916. On the Natural Faculties (ed. A.J. Brock, Engl. transl., herdr. 1952). Loeb Classical Libr., Harvard U.P. & Heinemann, W., London.
Gallot, E., 1951. La renaissance des sciences de la vie au XVIe siècle. Pr. Univers., Paris.
Gärtner, H., 1962. Rufus von Ephesos (Duitse vert.). Corpus Medicorum Graecorum, Suppl. IV, Akademie Verl., Berlin.
Gegenbaur, C., 1859. Grundzüge der vergleichenden Anatomie (ed. II, 1870). Leipzig.
Geison, G.L., 1969. The protoplasmic theory of life and the vitalist-mechanist debate. Isis 60: 285.
Genet-Varcin, E., 1952. La génération des êtres vivants d'après Buffon. In Buffon, ed. Mus. Hist. Nat., Paris: 137–156.
Geoffroy Saint-Hilaire, E., 1818–1822. Philosophie anatomique (2 vols). Paris.
Geoffroy Saint-Hilaire, E., 1832–1836. Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux, 3 vols. (Ook Mém. Mus. d'Hist. Nat. 13, 1826). Paris.
Gerhardt, M.I., 1970. Zoologie médiévale: Préoccupations et procédés. Misc. Mediaev., Thomas Inst. Univ. Köln 7: 231–248.
Gesner, C., 1973–?. Conradi Gesneri Historia Plantarum, Facs. Ed. H. Zoller & M. Steinmann. Urs Graf-Verl., Dietikon, Zürich.
Gesner, C., 1984. A Bio-Bibliography (H.H. Wellisch). Int. Docum. Cent. AG, Zug.
Geurts, P.M.M., 1941. De Erfelijkheid in de oudere Griekse Wetenschap. Dekker & Van de Vegt, Nijmegen-Utrecht.
Ghiselin, M.T., 1969. The triumph of the Darwinian method. Univ. Calif. Pr., Berkeley.
Gilbert, N.W., 1963. Renaissance Concepts of Method. Columbia U.P., New York and London.
Gilibert, J.E., 1792–1790. Exercitia Phytologica. J.B. Delamollière, Lyon.
Gillispie, C.C., 1956. The formation of Lamarck's evolution theory. Arch. Intern. de l'Hist. Sci. 9(4): 323–338.
Gilson, E., 1951. Etudes sur le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartesien. Vrin, Paris.
Gilson, E., 1962. La philosophie au Moyen Age. Paris.
Gilson, E., 1971. D'Aristote à Darwin et retour. Vrin, Paris.
Gish, D.T., 1974. Evolution: The Fossils say no! Creation-Life Publ., San Diego.
Glas, E., 1979. Chemistry and Physiology in their Historical and Philosophical Relations. Delft U.P.
Goethe, J.W., 1790. Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären. Gotha.
Goethe, J.W., 1917. Goethes Naturwissenschaftliche Schriften in Auswahl. Inselverlag, Leipzig.
Goethe, J.W., 1952. Goethe's botanical writings (transl. B. Mueller). Univ. Hawaii Press, Honolulu.
Goethe, J.W., 1975. Goethes Naturwissenschaftliche Schriften (ed. R. Steiner, 1883–1897; 5 vols. Herdruk R. Steiner Verl.). Dornach, Schweiz.
Gomperz, T., 1922–1931. Griechische Denker (3 vols; Eng. vert. Magnus L., 4 vols, Scribner's New York N.Y., 1901–1912). De Gruyter, Berlin und Leipzig.
Gould, S.J., 1977. Ever Since Darwin. Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex.
Gould, S.J., 1977. Ontogeny and Phylogeny. Cambridge (Mass.) and London.
Gould, S.J., 1979. Agassiz's Marginalia in Lyell's Principles, or the Perils of Uniformity and the Ambiguity of Heroes. Studies Hist. Biol. 3: 119–138.
Gould, S.J. & N. Eldredge, 1977. Punctuated equilibria; the tempo and mode of evolution considered. Palaeobiology 3: 115–151.
Gould, S.J. & R.G. Lewontin, 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of

the adaptionist programme. Proc. Roy. Soc. B 205: 581–598.
Grant, V., 1963. The origin of adaptation. Columbia U.P.
Grant, V., 1977. Organismic Evolution. Freeman & Co, San Francisco.
Green, J.R., 1914. A history of botany in the United Kingdom... end of the 19th century. Dent, London & Toronto; Dutton, New York N.Y.
Green, R.M., 1955. Asclepiades, his life and writings. Elisabeth Licht, New Haven (Conn.)
Greene, E.L., 1909. Landmarks of Botanical History I, Prior to 1562 A.D. – Smithsonian Miscell. Coll. 54, no 1870.
Greene, J.C., 1961. Evolution and its impact on Western thought: the death of Adam. New American Libr., Mentor Book.
Grondijs, L.H., 1960. L'âme, le 'nous' et les hénades... Proclus. Med. Kon. Ned. Akad. Wet., Amsterdam.
Grumman, V., 1974. Biographisches-bibliographisches Handbuch der Lichenology. Lehre.
Gudger, E.W., 1934-1935. The five great Naturalists of the Sixteenth Century. Isis XXII: 21-40.
Guer, M., 1749. Histoire critique de l'âme des bêtes (2 vols). Fr. Changuion, Amsterdam.
Guerlac, H., 1951. Selected readings in the History of Science (3 vols). Ithaca.
Gunther, A.E., 1975. A century of zoology at the British Museum, London.
Gunther, R.T., 1925. The Herbal of Apuleius Barbarus... Oxford.
Gunther, R.T., 1934, 1959. The Greek Herbal of Dioscorides (ill. by a Byzantine A.D. 512; englished by John Goodyer A.D. 1655; ed. and first pr. A.D. 1933). Hafner, New York N.Y.
Gunther, R.T., 1937. Early Science in Cambridge. Univ. Press, Oxford.
Guthrie, W.K.C., 1962, 1965. A History of Greek Philosophy (2 vols). Univ. Press, Cambridge.
Guthrie, W.K.C., 1967. The Greek Philosophers. London.
Haberling, W., 1924. Johannes Mueller, das Leben... Akad. Verlagsg., Leipzig.
Haberling, W., 1927. Johannes Mueller (in Grosse Männer, Bd 9). Arch. f. Gesch. der Math. der Naturw. u. d. Technik 10: 166–184.
Hadzsits, G.D., 1963. Lucretius and his influence. Cooper Square, New York N.Y.
Haeckel, E., 1899. Kunstformen der Natur. Bibliogr. Instit., Leipzig und Wien.
Haedicke, W., 1936. Die Gedanken der Griechen über Familienherkunft und Vererbung (Inaug. Diss. Univ. Halle). Klinz Buchdruck, Halle (Saale).
Hagen, J.B., 1982. Experimental Taxonomy (1930–1950). Univ. Microfilm Int., London.
Hahn, O., 1897. Die Urzelle. Tübingen. (n.v.).
Haldane, J.B.S., 1932. The Inequality of Man. London.
Haldane, J.B.S., 1947. What is Life? New York.
Haldane, J.B.S., 1954. Origin of Life (New Biology no 16). Penguin Books, London.
Hales, S., 1969. Vegetable Staticks 1727 (reprod., introd. Hoskin, M.A.) Hist. Sci. Libr. 1961. Macdonald & Elsevier.
Hall, D.L., 1981. Why do animals breathe? Amo Press Inc., New York.
Hall, T.S., 1950. Scientific origins of the protoplasm concept. Journ. Hist. Ideas XI: 339.
Hall, T.S., 1951. A source book in Animal Biology (repr. 1964). Hafner Publ. Comp., New York-London.
Hall, T.S., 1969. Ideas of Life and Matter (2 vols; repr. 1975 'History of General Physiology', 2 vols). Univ. Chicago Press, Chicago-London.
Hall, T.S., 1970. Descartes' Physiological Method. Journ. Hist. Biol. 3(1): 53–79.
Hall, T.S., 1971. Life, Death, and the Radical Moisture. Clio Medica 6: 3–23.
Hallé, F. & R.A.A. Oldeman, 1975. L'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux. Masson & Cie, Paris.
Haller, A. v., 1757–1782. Elementa Physiologicae corporis humani (8 vols, Auct.). Bousquet, Lausanne. (Soc. Typogr., Bern).
Haller, A. v., 1768. Historia Stirpium Indigenarum Helvetiae Inchoatae (3 vols). Soc. Typogr., Bern.
Haller, A. v., 1966. First lines of physiology. Johnson Reprod. Co. New York.
Haller, A. v., 1969. Bibiotheca anatomica (2 vols, 1774/1777. facs. reprod.) G. Olms, Hildesheim & New York.
Hallier, H., 1905. Ein zweiter Entwurf des natürlichen (phylogenetischen) Systems der Blütenpflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 23: 85–91.

ıburger, J., 1984. La raison et la passion. Seuil, Paris.
ımett, F.S., 1950. Zoological knowledge of ancient India. Scientia 85: 201–209; Suppl. 91–99.
ıy, E.T., 1900. Le père de la zoologie francaise, Pierre Gilles d'Albi. Extr. Revue Pyrenées XII. Toulouse.
ıy, E.T., 1909. Les débuts de Lamarck. Paris.
ıy, E.T., 1941. Les derniers jours du Jardin du Roi et la fondation du Muséum d'Histoire naturelle. Paris.
awalt, P.C. & R.H. Haynes (ed.), 1973. Chemical Basis of Life. Freeman Cy, San Francisco.
'é, R., 1965. Early Seventeenth Century Scientists. Pergamon Press, Oxford.
:is, C.R.S., 1973. The Heart and the Vascular System in Ancient Greek Medicine from Alcmeon to Galen. larendon Pr., Oxford.
mann, F., z.j. The Life of Philippus Theophrastus Bombast of Hohenheim (2nd ed.). Kegan Paul c.s., Lon-ɔn.
/ey, W., 1847. The Works of William Harvey (transl. R. Willis). Sydenham Soc.
/ey, W., 1961. William Harvey, his life and times (1st ed. 1957, Hutchinson). Scientif. Book Guild.
/ey, W., 1962. Exercitationes duae anatomicae... Riolanum (1649; Eng. vert. K.J. Franklin, 1958 (Blackwell, xford), Franse vert. C. Richet). Alliance cultur. du Livre, Geneva, Paris, Bruxelles.
cins, C.H., 1924. Studies in the History of Medieval Science. Cambridge (Mass.).
cins, C.H., 1927. The Renaissance of the 12th Century. Cambridge (Mass.).
cins, C.H., 1940. The rise of the universities. New York.
ata, B., 1921. The natural classification of plants according to the dynamic system. Icones Pl. Formos. 10: ;–95.
ata, B., 1931. Uber das 'Dynamische System' der Pflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 49: 328–348.
ard, P., 1946. La pensée européenne au XVIIIe siècle. Paris.
el, G.W.F., 1970. Hegel's Philosophy of Nature (transl. A.V. Miller). Oxford U.P., London.
nauer, R., 1962–1972. Chemotaxonomie der Pflanzen (6 vols). Birkhäuser, Basel.
mann, K.E., 1966. Kräuterbücher in Bild und Geschichte (2e ed. 1973). K. Köbl, München-Allach.
er, J.L., 1964. The early history of binomial nomenclature. Huntia 1: 33–70.
nont, J.B. van, 1648. Ortus Medicinae... ad vitam longam (ed. F.M. van Helmont). L. Elsevier, Amsterdam.
nont, J.B. van, 1660. Dageraad, oftewel Nieuwe opkomst der geneeskonst. Rotterdam.
nont, J.B. van, z.j. Johan Baptist van Helmont (ed. H. De Waele). Coll. Nat. No 78, Office de Publicité. russel.
nis, W., 1966. Phylogenetic systematics. Univ. Illinois Press, Urbana.
ıkleitos, zie Tannery, P. (1930); Solovine, M. (1931); Sarton, G. (1952); Kirk, G.S. & J.E. Raven (1957); Hippo-ates (1962–1967).
ault de Séchelles, 1945. Voyage à Montbard. Paris.
ɔdotos, zie Kanngieser, F. (1910).
ɔfilos, zie Dobson, J.F. (1925–1927); Marx, K.F.H. (1838).
ɔn, F.G., 1954. Of learned ignorance (Eng. vert. van De docta Ignorantia 1440).
rlinger, R., 1952. Volcher Coiter (1534–1576). Edelmann, Neurenberg.
twig, O., 1893. Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbelthiere (ed. 4). Jena.
twig, O., 1897. Zeit- und Streitfragen der Biologie. Jena.
twig, O., 1906. Allgemeine Biologie. G. Fischer, Jena.
twig, O., 1918. Das Werden der Organismen zur Widerlegung von Darwin's Zufallstheorie durch das Gesetz ı der Entwicklung (2te verm. u. verb. Aufl.). G. Fischer, Jena.
twig, O., 1959. Oscar Hertwig. Leben und Werk eines deutschen Biologen (door R. Weissenberg). J.A. Barth, eipzig.
twig, R. et al., 1914. Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie. Kult. d. Gegenwart III, (4). Teubner.
tzberger, M. comp. & E.J. van der Linden, 1927. Short-titel catalogue... Herman Boerhaave. M. Hertzber-er, Amsterdam.
iodos, zie Sinclair, T.A. (1932); Krafft, F. (1963, 1971).
iodos, 1936. The Homeric Humns... (Engl. vert. H.G. Evelyn-White) met Appendix door D.L. Page. Loeb lassical Libr., Harvard U.P. & W. Heinemann.

Hesiodos, 1944. Franse vert. door P. Mazon. Les Belles Lettres, Paris.
Hett, W.S., 1935. Aristotle: On the Soul. Parva Naturalia. On Breath. Loeb Classical Library, Harvard U.P., & W. Heinemann, London.
Hett, W.S., 1936. Aristotle, Minor Works. Loeb Classical Library, Harvard U.P. & W. Heinemann, London.
Heukelom, B., 1980. Over het gebruik van Wiskunde bij het biologisch onderzoek. Vakblad v. Biol. 9(60): 164–170.
Heussler, H., 1885. Der Rationalismus des 17. Jahrhunderts in seinen Beziehungen zur Entwicklungslehre (Descartes, Spinoza, Leibniz). Koebner, Breslau.
Heuvelmans, B., 1965. Le Grand Serpent de Mer. Plon, Meaux.
Hewson, M.A., 1975. Giles of Rome and the Medieval Theory of Conception. Athlone Press, London.
Hildegard von Bingen, 1903. Beatae Hildegardis Causae et Curae (ed. Paulus Kaiser). Teubner, Leipzig.
Hildegard von Bingen, zie Wasmann, E. 1913; Mulder, E. 1982.
Hintsche, E., 1968. Neue Funde zum thema – l'homme machine und Albrecht Haller. Gesnerus 25: 135–166.
Hippokrates, zie Littré, E. (1861).
Hippokrates, 1962–1968. Corpus Hippocraticum (transl. W.H.S. Jones & E.T. Withington; 4 vols, 1923–1931, repr.). Loeb Classical Library, Harvard U.P. & W. Heinemann, London.
His, W., 1870–1871. Die Theorien der geschlechtlichen Zeugung. Archiv f. Anthropol. 4: 197–220, 317–332; 5: 69–111.
Hocquette, M., 1946. Les fantaisies botaniques de Goethe. Yves Demailly, Lille.
Hoefer, F., 1873. Histoire de la Zoologie depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. Hachette, Paris.
Hofmeister, W., 1851. Beiträge zur Kenntnis der Gefäszkryptogamen. Abh. Sächs. Akad. Wiss., Math.-Phys. Klasse 4: 121–179; 5: 601–682.
Hofmeister, W., 1861. Neue Beitr. zur Kenntnis der Embryobildung der Phanerogamen. Abh. Sächs. Akad. Wiss., Math.-Phys. Klasse 6: 533–672; 7: 629–760.
Hofs, E.B.H., E.X. Maier, J.A. Schraag & Ch.M. Steen, 1979. Het biologie-onderwijs en de ontwikkeling van het denken. Meulenhoff, Amsterdam.
Holder, Ch.F., 1893. Louis Agassiz: his Life and Work. Putnam, New York.
Hommel, H., 1927. Moderne u. hippokratische Vererbungstheorien. Arch. f. Gesch. d. Med. 19: 105–122.
Hooke, R., 1956. Diary (ed. Robinson, H.W. & W. Adams). London.
Hooke, R., 1961. Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses... (Martyn & Allestry, London, 1665; facs. repr. ed. Gunther, R.T.). Dover, New York, N.Y.
Hooke, R., 1966. Micrographia. herdruk Ed. Culture et Civilisation, Brussels.
Hooykaas, R., 1954. Science and Theology in the Middle Ages. Free Univ. Quarterly 3: 77–163.
Hooykaas, R., 1958. Humanisme, Science et Réforme (Pierre de la Ramée 1515–1572). Leiden.
Hooykaas, R., 1959, 1963. The principle of Uniformity in Geology, Biology and Theology. Leiden.
Hooykaas, R., 1963. L'histoire des Sciences, ses problèmes, sa méthode, son but. Rev. Fac. Cie. Univ. Coïmbra 32.
Hooykaas, R., 1972. Religion and the Rise of modern Science. Edinburgh.
Hoppe, B., 1969. Das Kräuterbuch des Hieronymus Bock. A. Hiersemann, Stuttgart.
Hoppe, B., 1976. Biologie, Wissenschaft von der belebten Materie von der Antike zur Neuzeit. Sudhoffs Archiv, Beih. 17. Wiesbaden.
Hoyle, F. & N.C. Wickramasinghe, 1979. Disease from space. Dent & Sons, London.
Hoyle, F. & N.C. Wickramasinghe, 1981. Evolution from space. Dent, London.
Huizinga, J., 1948. Herfsttij der Middeleeuwen.
Humbert, P., 1947. Cet effrayant génie. L'oeuvre scientifique de Blaise Pascal. Paris.
Humbert, P., 1951. Peiresc et le microscope. Rev. d'Hist. d. Sciences IV: 154–158.
Humphries, R., 1968. Lucretius: the way things are (transl.). Indiana U.P., Bloomington.
Hunger, F.W.T., 1927/1943. Charles de l'Escluse (2 vols). Nijhoff, den Haag.
Hunger, F.W.T., 1935. The Herbal of Pseudo-Apulejus (Codex Cassinensis 97, samen met Joh. Phil. de Lignamine in facsimile). Brill, Leiden.
Husserl, E., 1922. Logische Untersuchungen (3e druk). Halle.
Huxley, J.S., 1923. Essays of a Biologist. Pelican Books (repr. 1939, Hazell, Watson & Véney). London.
Huxley, J.S., 1942. Evolution. The modern Synthesis (4e druk, 1945). Allen v. Unwin, London.

Huxley, J.S., 1947. Evolution and Ethics. London.
Huxley, J.S., 1953. Evolution in Action. New American Library. New York.
Huxley, J.S. (ed.), 1940. The New Systematics. Clarendon Press, Oxford.
Huxley, J.S. & G.R. de Beer, 1934. Elements of Experimental Embryology. Cambridge U.P.
Huxley, T.H., 1853. A Lecture on the identity of structure of plants and animals. Quart. Journ. Micr. Soc. I: 307–311.
Huxley, T.H., 1870. Lay Sermons, Addresses and Reviews (2nd ed. 1880). MacMillan & Co, London.
Ibn Qutayab, 1949. The Uyûn Al-Akhbâr (transl. Kopf, L.). Ac. Int. Hist. Sci., Paris & Brill, Leiden.
Ilberg, J., 1924. Die Arzteschule von Knidos. Ber. Verh. Sächs. Akad. d. Wiss., Philolog.-hist. Klasse 76 (3).
Illies, J., 1978. Die andere Seite der Biologie. No 677. Herderbücherei, Basel-Wien.
Iltis, H., 1924. Gregor Johann Mendel. Berlin.
Irsay, S. d', 1930. Albrecht von Haller. Arb. d. Inst. f. Gesch. d. Med. 1. Thieme, Leipzig.
Isidoor, 1911. Isidori Hispalensis Episcopi libri XX (2 vols; ed. Lindsay, repr. 1966). Clarendon Press, Oxford, London.
Isidorus of Sevilla, 1912. An Encyclopedist of the Dark Ages; Isidore of Seville. (trad. Brehaut, E.). Columbia Univ. Studies in Hist. 48.
Iterson, G. van, 1907. Mathem.- und Mikrosk.-anatomische Studien über die Blattstellung. Gustav Fischer, Jena.
Ivanowskij, D., 1903. Ueber die Mosaikkrankheit der Tabakspflanzen. Zeitschr. Pflz. Krankheiten 13: 1–41.
Jacob, F., 1970. La logique du vivant (The Logic of Life, transl. Spillmann, B.E., Pantheon Books, 1973). Gallimard, Paris.
Jacobs, F., 1981. Le jeu des possibles. A. Fayard, Paris.
Jacobs, M., 1980. Revolutions in Plant Description. Misc. Pap. Landbouwhogeschool Wageningen 19: 155–181.
Jacoby, F., 1911. Zu Hippokrates Peri Aeroon Hydatoon Topoon. Hermes 46: 518–567.
Jaeger, W., 1938. Diokles von Karystos (2e ed., 1963). De Gruyter, Berlin.
Jahn, I., R. Löther, K. Senglaub & W. Heese, 1982. Geschichte der Biologie (2e Aufl. 1985). VEB Fischer, Jena.
Jansen, A., 1885. Jean-Jacques Rousseau als Botaniker. G. Reiner, Berlin.
Jansen, A.J., 1985. Goodbye Darwin... Hallo Darwin!. Vakbl. v. Biol. 65(8): 153–156.
Jardine, W. (ed.), 1854. Memoir of Ulysses Aldrovandi (Macgillivray, W.). The Naturalist's Library 17. H.G. Bohn, London; W.H. Lizars, Edinburgh.
Jenkins, A.C., 1978. The Naturalists. Mayflower, New York City.
Jessen, C., 1867. Alberti Magni Historia Animalium. Arch. f. Naturgesch. XXXIII: 95-105.
Jessen, K.F.W., 1948. Botanik der Gegenwart und der Vorzeit in kulturhistorischer Entwicklung (1864, Leipzig). Chronica Botanica, Waltham.
Jeuken, M., 1952. The concept 'Individual' in Biology. Acta Biotheoretica 10: 57–87.
Jeuken, M., 1979. Materie, Leven, Geest. Terreinverkenningen in de filosofie. Van Gorkum, Assen.
Johannsen, W., 1917. Die Vererbungslehre bei Aristoteles und Hippokrates. Die Naturwissenschaft V: 389–397.
Jonas, H., 1966. The Phenomenon of Life. Harper and Low, New York.
Jones, W.H.S., 1946. Philosophy and Method in Ancient Greece. Bull. Hist. Med. Suppl. VIII. Baltimore.
Jordan, H.J., 1935. Het begrip 'leven'. Algem. Tijdschr. Wijsbeg. Psycholog. 39: 195–203.
Jung, J., 1929. Beiträge zur Jungius-Forschung. Prolegomena... Werke von Joachim Jungius (1587–1657). Paul Hartig, Hamburg.
Jussieu, A.-L. de, 1964. Genera Plantarum secundum ordines naturales disposita, 1789, Paris; facs. repr., intr. Stafleu, F.). Weinheim.
Kämpfe, L. (ed.), 1985. Evolution und Stammesgeschichte der Organismen (2e Aufl.). VEB Gustav Fischer Verl., Jena.
Kahn, C.H., 1960. Anaximander and the origins of Greek cosmology. Columbia U.P., New York, N.Y.
Kalkman, C., 1972. Mossen en Vaatplanten. Oosthoek, Utrecht.
Kanngieser, F., 1910. Die Flora des Herodots. Arch. Gesch. Naturwiss. Techn. III(2): 81–102.
Kant, I., ?1880. Träume eines Geistersehers (1766). Ph. Reclam, Leipzig.
Kant, I., 1902–1938. Gesammelte Schriften. Ed. Preuss. Akad. Wiss., Berlin.
Kaplan, W., 1978. Der Ursprung des Lebens: Biogenetik... (2e Aufl.). Georg Thieme Verl., Stuttgart.
Keitel-Holz, K., 1982. Charles Darwin und sein Werk (2e Aufl.). R.G. Fischer Verl., Frankfurt (Main).

Keynes, G., 1966. The life of William Harvey. Oxford.
Kieser, D.G., 1814. Mémoire sur l'organisation des plantes. Verh. Teyler's 2e Genootsch. (1812), 18e stuk. J.J. Beets, Haarlem.
Kimball, A.P. & J. Oro, 1971. Prebiotic and Biochemical Evolution. North-Holland, Amsterdam.
Kimura, M. & T. Ohta, 1971. Protein polymorphism as a phase of molecular evolution. Nature 229: 467–469.
King, J.K. & Th.J. Jukes, 1969. Non-darwinian evolution. Science 164: 788.
Kirchhof, A., 1867. Die Idee der Pflanzen-metamorphose bei Wolff und bei Goethe. R. Gaertner, Berlin.
Kirk, G.S. & J.E. Raven, 1957. The pre-Socratic Philosophers. Univ. Pr., Cambridge.
Klaauw, C.J. van der, 1931. Plaats, omvang en betekenis der morphologie in verband met het systeem der biologie. Bibl. biotheoretica.
Klaauw, C.J. van der, 1948–1952. Size and position of... the skull... Arch. Néerl. de Zoologie 9: 1–361.
Klaauw, C.J. van der, 1959. Teleologie in de moderne biologie. Alg. Ned. Tijdschr. v. Wijsbegeerte en Psych. 52: 68–79.
Klaauw, C.J. van der, 1966. Introduction to the philosophic backgrounds... Verh. Kon. Akad. Wet., 2e reeks, no. 57, Amsterdam.
Klein, M., 1956. Histoire des origines de la Théorie cellulaire. Paris.
Klingender, F., 1971. Animals in art and thought to the end of the Middle Ages. Routledge & Kegan Paul, London.
Klug, A., 1980. Van macromoleculen tot biologische systemen. Vakbl. v. Biol. 60(16): 319–338.
Koch, F., 1929. Ursprung und Verbreitung des Menschengeschlechts. G. Fischer, Jena.
Koestler, A., 1971. The case of the midwife toad. Random House, New York.
Kohn, D., 1980. Theories to Work By: Rejected Theories, Reproduction, and Darwin's Path to Natural Selection. Stud. Hist. Biol. 4: 67–170.
Koller, G., 1958. Das Leben des Biologen Johannes Müller, 1801–1856. Wiss. Verlagsg. Stuttgart.
Kopf, L., 1956. The book of animals (Kitab-el-Hawayan) of Al-Jahiz. (Act. 7e Congr. Int. Hist. Sci. Jérusalem, 1953). Osiris 12: 390–466.
Kovalevski, V.O., 1873–1874. Monographie der Gattung Anthracotherium Cuv. und Versuch einer natürlichen Classification der fossilen Huftiere. Palaeontographie, Cassel 22 (N.F. 2) 3–5.
Krafft, F, 1963. Vergleichende Untersuchungen zu Homer und Hesiod. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
Krafft, F., 1971. Geschichte der Naturwissenschaft 1. Rombach Verl., Freiburg.
Krafft, F. & A. Meyer-Abich, 1970. Grosze Naturwissenschaftler. Biographisches Lexikon, Fischer Handb. no 6010. Frankfurt a. Main.
Kranz, W., 1949. Empedocles. Artemis, Zürich.
Krateuas, zie Wellmann, M. (1897); Singer, C. (1927).
Kroner, R., 1913. Zweck und Gesetz in der Biologie. Tübingen.
Kroner, R., 1919. Das Problem der historischen Biologie. Bornträger, Berlin.
Krumbiegel, I., 1957. Gregor Mendel und das Schicksal einer Entdeckung. Wiss. Verl. Ges., Stuttgart.
Kuhn, H., 1976. Model consideration for the origin of life. Naturwiss. 63: 68–80.
Kuhn, T., 1962. The structure of Scientific Revolutions (2e druk 1970). University of Chicago Press, Chicago.
Lacépède, B.G.E., 1800. Histoire naturelle des poissons II: XXIII–LXIV, discours sur la durée des espèces. Paris.
Lack, David, 1961. Darwin's finches, an essay... Harper & Bros., New York.
Lam, H.J., 1936. Phylogenetic Symbols, Past and Present. Acta Biotheoretica A, 2: 153–194.
Lacroix, A., 1938. Notice historique sur les cinq de Jussieu (introd. Stafleu, F.A.). Gauthier-Villars, Paris.
Lamarck, J.B. de, 1778. Flore françoise (3 vols). Paris.
Lamarck, J.B. de, 1783–1789. Encyclopédie Méthodique, Botanique (vols 1, 2, 3 tot P). Paris.
Lamarck, J.B. de, 1794. Recherches sur les causes... de la combustion (2 vols). Paris. (n.v.).
Lamarck, J.B. de, 1809. Philosophie zoologique (facs. repr. 1960). Weinheim.
Lamarck, J.B. de, 1815–1822. Historie des animaux sans vertèbres (7 vols; 2e druk door Deshayes, G.P. & H. Milne-Edwards, 1835–1845, 11 vols). Paris.
Landrieu, M., 1909. Lamarck, le fondateur du transformisme, sa vie, son oeuvre. Mém. Soc. Zool. France 21: 1–478.

Lang, P., 1911. De Speusippi academici scriptis. Dissertatie, Bonn.
Lanham, U., 1968. Origins of modern biology. Columbia U.P., New York & London.
Larsen, R.E., 1962. The Aristotelianism of Bacon's Novum Organum. Journ. Hist. Ideas 23: 435–450.
Launay, L. de, 1940. Adolphe Brongniart... G. Rapilly, Paris.
Lavoisier, A.-L., 1789. Traité élémentaire de Chimie (2 vols, Cuchet, Paris), repr. Class. Déc. Sci., 1937. Gauthier-Villars, Paris.
Lavoisier, A.-L., 1864. Oeuvres complètes. (6 vols). Paris. (n.v.)
Lavoisier, A.-L., 1923. L'air et l'eau. Les Class. Sci. VIII. Armand Colin, Paris.
Le Blond, J.M., [1945]. Aristote philosophe de la vie. Aubier-Montague, Paris.
Leboucq, G., 1946. Alcméon de Crotone, père de la Biologie. Bull. Acad. Roy. Méd. Belg. 11: 233–258.
Leedale, G.F., 1974. How many are the kingdoms of organisms? Taxon 23: 261–270.
Leeuwenhoek, A. van, 1696–1718. Ontdekte Onsigtbaarheden (4 vols). Boutenstein-Beman, Leiden en Delft.
Leeuwenhoek, A. van, 1939–1979. Alle de brieven... (vols I–X). Swets & Zeitlinger, Amsterdam.
Leeuwenhoek, A. van, 1966. Arcana Naturae detecta ab... H. Krooneveld, Delphis Batavorum, 1695, repr. Cult. Civ. Bruxelles.
Leeuwenhoek, A. van, 1982. Antoni van Leeuwenhoek. Ed. Palm, L.C. & H.A.M. Snelders, Rodopi, Amsterdam.
Lemoine, A., 1850. Charles Bonnet de Genève, philosophe et naturaliste. Durand, Paris.
Lenz, H.O., 1856. Zoologie der alten Griechen und Römer. Gotha.
Lenz, H.O., 1859. Botanik der alten Griechen und Römer (repr. Sändig, Wiesbaden, 1966). Gotha.
Lepeshinskaja, O.B., 1954. The Origin of Cells. Foreign Languages Publ. House, Moscow.
Leroy, J.F., 1966. Charles Darwin et la théorie moderne de l'évolution. Ed. Seghers, Paris.
Leukippos, zie Rey, A. (1930–1948); Sarton, G. (1952); Diels, H. (1959–1960); Schumacher, J. (1963); Zeller, E. (1963); Guthrie, W.K.C. (1965).
Lewin, R.A., 1981. Three species concepts. Taxon 30(3): 609–613.
Liebig, J. von, 1840. Die Chemie in Ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie (6e editie, 1846). Braunschweig.
Lindeboom, G.A., 1958. Haller in Holland. Kon. Ned. Gist- & Spiritusfabr., Delft.
Lindeboom, G.A., 1961. Geschiedenis der Geneeskunde. Haarlem.
Lindeboom, G.A., 1968. H. Boerhaave, the man and his work.
Lindeboom, G.A., 1973. Reinier de Graaf, leven en werken. Elnar, Delft.
Lindeboom, G.A., 1978. Descartes and Medicine. Rodopi, Amsterdam.
Lindeboom, G.A., 1980. Het Cabinet van Jan Swammerdam (1637–1680). Rodopi, Amsterdam.
Linnaeus, 1933. A Catalogue of the Work of Linnaeus... (2nd ed.) by A.C. Townsend, London.
Linnaeus, 1957/1959. Species Plantarum. Facs. repr. of 1753 ed. (2 vols met comm. en appendix, W.T. Stearn & J.L. Heller). Ray Soc., B. Quaritch, London.
Linnaeus, 1966. Philosophia botanica. Facs. repr. of Stockholm ed., 1751. Lehre, Amsterdam.
Lipmann, E.O. von, 1900/1913. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften (2 vols). Veit, Leipzig.
Lipmann, E.O. von, 1933. Urzeugung und Lebenskraft... J. Springer, Berlin.
Lipmann, F., 1971. Wanderings of a biochemist. Wiley (Interscience). New York.
Littré, E., 1961–1962. Oeuvres complètes d'Hippocrate (trad. nouv. 1839–1861, 10 vols, Baillière, Paris). Hakkert, Amsterdam.
Locy, W.A., 1908. Biology and its Makers (Duitse vert., G. Fischer, Jena, 1915). Rhinehart & Winston Inc., New York.
Lotsy, J.P., 1906/1908. Vorlesungen über Deszendenztheorien I, II. G. Fischer, Jena.
Lotsy, J.P., 1907/1909/1911. Vorträge über botanischen Stammesgeschichte I, II, III. G. Fischer, Jena.
Louis, A., 1977. Geschiedenis van de Plantkunde (Eerste periode). Story Scientia, Gent-Leuven.
Lovejoy, A.O., 1936. The great Chain of Being (repr. 1960). Harvard U.P., Cambridge (Mass.).
Lucretius, zie Diels, H. (1923–1924); Ernout, A. (1962); Sinker, A.P. (1962), Hadzsits, G.D. (1963); Winspear, A.D. (1963); Humphries, R. (1968).
Lucretius, 1942. Titi Lucreti Cari. De rerum natura libri sex (ed. W.E. Leonard & S.B. Smith). Univ. Wisconsin

Press.
Lucretius, 1947. Titi Lucreti Cari. De rerum natura libri sex (3 vols; ed. C. Bailey). Clarendon Press, Oxford.
Lucretius, 1951. On the Nature of the Universe (repr. 1973; transl. R.E. Latham). Penguin Books.
Lütjeharms, W.J., 1936. Zur Geschichte der Mykologie des XVIII Jahrhundert. Med. Ned. Mycol. Ver. 23: 1–262.
Luyendijk-Elshout, A.M., 1970. Death Enlightened... Frederik Ruysch. Journ. Amer. Med. Ass. 212: 21–126.
Lyell, Ch., 1834. Principles of Geology (3rd ed., 4 vols). London.
Lyell, Ch., 1865. Elements of Geology... (6th ed.) John Murray, London.
Lyell, Ch., 1962. Charles Lyell (by E. Bailey). Thomas Nelson, London.
Lysenko, T.D., 1954. Heredity and its variability. Foreign Langu. Publ. House, Moscow.
Mabberley, D.J., 1985. Jupiter Botanicus. Robert Brown of the British Museum. J. Cramer, Braunschweig.
Macer Floridus, zie Frisk, G. (1949).
MacLeod, A.M. & L.S. Cobley (eds.), 1961. Contemporary botanical thought. Bot. Soc. of Edinburgh. Oliver & Boyd.
Mägdefrau, K., 1968. Paläeobiologie der Pflanzen. G. Fischer Verl., Stuttgart.
Mägdefrau, K., 1973. Geschichte der Botanik. G. Fischer Verl., Stuttgart.
Majno, G., 1975. The Healing Hand (2nd ed. 1977). Harvard Univ. Press.
Malebranche, N. de, 1945–1946. De la Recherche de la Vérité où l'on traite de la nature de l'esprit de l'homme et de l'usage qu'il en doit faire; 1673, Paris, repr. intr. Lewis, G.; (3 vols). Vrin, Paris.
Malpighi, M., zie Adelmann, H.B. (1965–1966).
Malpighi, M., 1967. Opera scelte (ed. L. Belloni). Unione Tipogr.-Editr. Torinese, Torino.
Malpighi, M., 1975. Opera Omnia (London, 1687, repr. facs.) G. Olms Verlag, Hildesheim, New York.
Manilal, K.S. (ed.), 1980. Botany and History of Hortus Malabaricus. A.A. Balkema, Rotterdam.
Manquat, M., 1932. Aristote naturaliste. Vrin, Paris.
Margulis, F., 1973. Whittaker's five kingdoms... Evolution 25: 242–245.
Margulis, L. (ed.), 1970. The Origin of Life. Gordon and Breach. London.
Martin, E., 1880. Histoire des monstres depuis l'antiquité jusqu'à nos jours. Reinwald, Paris.
Marum, M. van, 1787. Schets der Leere van M. Lavoisier, omtrent de zuivere lucht... Verh. Teyler's Tweede Gen., no. 4.
Marx, K.F.H., 1838. Herophilus, ein Beitrag zur Geschichte der Medizin. Carlsruhe.
Mattirolo, O., 1897. L'Opera botanica di Ulisse Aldrovandi (1549–1605). Merlani, Bologna. (n.v.).
Maupertuis, P.L.M. de, 1744 (anoniem). Dissertation physique à l'occasion du nègre blanc. Leyde.
Maupertuis, P.L.M. de, 1756. Oeuvres (2 vols; met Venus Physique, heruitg. van Dissertation in deel 2). Bruyset, Lyon.
Maurer, F., 1928. Der Mensch und seine Ahnen. Ullstein, Berlin.
May, M.T., 1968. Galen on the usefulness of the parts of the body (transl., 2 vols). Cornell U.P., Ithaca.
May, W., 1917. Lucrez und Darwin. Die Naturwiss. V: 276.
Maynard Smith, J. & R. Holliday (eds), 1979. The evolution of adaptation by natural selection (Discussion Meeting). Proc. Roy. Soc., London B 205: 433–604.
Mayr, E., 1947. Ecological factors in speciation. Evolution 1: 263–288.
Mayr, E., 1963. Animal species and evolution. Belknap Pr. and Harvard Univ. Pr., Cambridge (Mass.)
Mayr, E., 1978. Evolution and the diversity of life (Duitse vert.: Evolution und die Vielfalt des Lebens). Springer Verl., Berlin.
McMurrich, J.P., 1930. Leonardo da Vinci, the Anatomist (1452–1519). Baltimore, London.
Mayr, E. (ed.), 1957. The Species Problem. American Ass. Advancement Sci.
Meeuse, A.D.J., 1970. The descent of flowering plants. Acta Bot. Neerl. 19: 61–72, 133–140.
Megenberg, Konrad von, 1971. Das Buch der Natur (ed. F. Pfeiffer). G. Olms Verl., Hildesheim-New York.
Meininger, J. van, 1970. Het denken van René Des-Cartes. Ned. Philosoph. Gen., Amsterdam.
Meisenheimer, J., 1921, 1930. Geschlecht und Geschlecther im Tierreiche (2 vols). G. Fischer, Jena.
Melsen, A.G.M. van, 1964. Evolutie en Wijsbegeerte. Aula Boeken, Utrecht-Antwerpen.
Mettrie, J.O. de la ('M.L.'), 1752. Venus métaphysique on essai sur l'origine de l'âme humaine. Berlin. (n.v.)
Mettrie, J.O. de la, 1978. De mens een machine (vert. van L'homme machine, 1748, Leiden; door H.W. Bakx).

Boom, Meppel-Amsterdam.
Metz, W., 1960. Julien Offray de la Mettrie. Janus 49: 235–272.
Meyen, F.J.F., 1837–1839. Neues System der Pflanzen-Physiologie. Haude & Spener, Berlin.
Meyer, A., 1934. Ideen und Ideale der biologischen Erkenntnis. J.A. Barth, Leipzig.
Meyer, A., 1935. Krisenepochen und Wendepunkte des biologischen Denkens. G. Fischer, Jena.
Meyer, A.W., 1936. An analysis of the 'De Generatione Animalium' of William Harvey. Stanford U.P.
Meyer, A.W., 1939. The rise of embryology. Stanford U.P.
Meyer, E., 1832. Die Metamorphose der Pflanzen und ihre Widersacher. Linnaea VII: 401–416.
Meyer, E.H.F., 1854–1857. Geschichte der Botanik (4 vols, repr. 1965, intr. Verdoorn, F., Asher, Amsterdam). Königsberg.
Meyer-Abich, A., 1958. Vom zweifachen historischen Ursprung aller Morphologie. Arch. Néerl. de Zool. 13, Suppl. 1: 10–27.
Meyer-Abich, A., 1963. Geistesgeschichtliche Grundlagen der Biologie. Gustav Fischer Verl., Stuttgart.
Meyerhof, M., 1935. Ibn An-Nafis (XIIIth Cent.) and his theory of the lesser circulation. Isis 23: 100–120.
Miall, L.C., 1912. The Early Naturalists... MacMillan, London.
Mieli, A., 1939. La science Arabe... Brill, Leiden.
Mieli, A., 1952. Panorama general de la historia de la ciencia (6 vols). Espasa-Calpe.
Miller, R.C., E.L. Kessel & G.F. Papenfusz (eds.), 1955. A Century of Progress in the Natural Sciences (1853–1953). Calif. Acad. of Sci., San Francisco.
Minot, C.S., 1908. The Problem of Age, Growth, and Death. Murray, London.
Mitra, J.N., 1964. An introduction to Systematic Botany and Ecology (2nd rev. ed.). World Press Private Ltd, Calcutta.
Möbius, M., 1968. Geschichte der Botanik (2e Aufl.). G. Fischer Verl., Stuttgart.
Monod, J., 1970. Le hasard et la nécessité. Seuil, Paris.
Moore, R., 1962. The coil of life. The story of the great discoveries in the life sciences (4e druk, 1967). A.A. Knopf, New York.
Morello, N., 1981. De Glossopetris Dissertatio: the demonstration by Fabio Colonna of the true nature of fossils. Arch. Int. d'Hist. Sci. 31: 63.
Morgan, T.H., 1926. The theory of the gene. Yale U.P., New Haven.
Mornet, D., 1911. Les sciences de la nature en France au XVIIIe siècle. Colin, Paris.
Morton, A.G., 1981. History of Botanical Science. Academic Press, London-San Francisco.
Mulder, E., 1982. Hildegard, een vrouwelijk genie in de late Middeleeuwen. Ambo Boeken, Baarn.
Mulkay, M.J., 1975. Vooruitgang in de wetenschap. Boom, Meppel.
Müller, H., 1881. Alpenblumen, ihre Befruchting durch Insekten und ihre Anpassungen an dieselben. W. Engelmann, Leipzig.
Muller, H.C.A., 1944. Voorloopers en Navolgers van Marco Polo. Sijthoff, Leiden.
Müller, J.P., 1826. Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes der Menschen und der Tiere. Leipzig.
Müller, J.P., 1837–1840. Handbuch der Physiologie des Menschen (2 vols). Koblenz.
Müller, J.P., 1842. Ueber den glatten Hai des Aristoteles. Berlin.
Mundinus (dei Luzzi), 1926. Anatomies de Mondino dei Luzzi et de Guido de Vigevano (ed. E. Wickersheimer). Paris.
Naudin, C., 1865. Nouvelles Recherches sur l'Hybridité dans les Végétaux. Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Paris I: 25–175.
Neckam, A., 1863. De naturis rerum (ed. Th. Wright). Longman, London.
Needham, J., 1934. History of Embryology. Cambridge U.P.
Needham, J. (ed.), 1971. The chemistry of life. Cambridge U.P.
Needham, R. (ed.), 1973. Right and Left... Univ. Chicago Press.
Nicolson, W., 1935. The microscope and English imagination. Smith College, Northampton (Mass.).
Nieuwentijt, B., 1715. Regt Gebruyk der Werelt Beschouwingen. Jean Pauli, Amsterdam.
Nikandros, zie Singer, C. (1921).
Nikandros, 1953. The Poems of Nicander (ed. and transl. A.S.F. Gow & A.F. Scholfield). Cambridge U.P.
Nissen, Cl., 1932. Die naturwissenschaftliche Abbildung vom Altertum bis zur Gegenwart (herdr. 1950, Die

naturwissenschaftliche Illustration, L. Hempe Verl., Bad Munster am Stein). Mainz.
Nissen, Cl., 1953. Die illustrierten Vogelbücher. Hiersemann, Stuttgart.
Nissen, Cl., z.j. Die botanische Buchillustration. Ihre Geschichte und Bibliographie (2 vols). Stuttgart.
Nordenskiöld, E., 1920–1924. Biologins Historia (3 vols. 1926, Duitse vert. E. Schneider, G. Fischer, Jena; 1928, Engelse vert. L.B. Eyre, Tudor Publ. Co, New York, repr. 1946). Björck & Börjesson, Stockholm.
Odo, zie Macer Floridus.
Ogden, C.K. & J.A. Richards, 1966. The meaning of meaning (1st ed. 1923). Routledge and Kegan Paul, London.
Ogle, W., 1882. Aristotle on the Parts of Animals. London.
Ogle, W., 1912. The Works of Aristotle, vol. V (transl. De partibus animalium). Oxford.
Oken, L., 1839–1841. Allgemeine Naturgeschichte für alle Stände; Botanik (4 vols). Hoffmannsche Verl.-Buchh., Stuttgart.
Oken, L., 1951. Oken Heft. Ber. Naturf. Ges. Freiburg, i.B. 41 (I).
Olby, R.C., 1963. Charles Darwin's manuscript on 'Pangenesis'. Journ. Hist. Sci. I(3): 251–263.
Olby, R.C., 1966. Origins of Mendelism. Schocken Book, New York.
Olby, R.C., 1974. The path to the double helix. MacMillan.
Oldeman, R.A.A., zie Hallé, F. & R.A.A. Oldeman (1975).
Oliver, W.W., z.j. Makers of British Botany.
O'Malley, C.D., 1953. Michael Servetus. Mem. Amer. Philos. Soc., Philadelphia 34.
O'Malley, C.D., 1964. Andreas Vesalius of Brussels 1514–1564. Univ. Calif. Pr., Berkeley & Los Angeles.
O'Malley, C.D., F.N.L. Poynter & K.F. Russell, 1961. William Harvey... Univ. Calif. Pr., Berkeley & Los Angeles.
O'Malley, C.D. & J.B. de C.M. Saunders, 1952. Leonardo da Vinci on the human body. Schumann. New York.
Oparin, A.I., 1936. The Origin of Life (transl. S. Margulis; 2nd. ed. 1953, Dover Publ. New York; 3rd ed. 1957, transl. Ann Synge, Oliver & Boyd, London). MacMillan, London.
Oparin, A.I., 1965. L'Origine de la vie sur la Terre. Masson, Paris.
Oparin, A.I., 1968. Genesis and Evolutionary Development of Life. Academic Pr., New York.
Oppenheimer, J.M., 1967. Essays in the history of embryology and biology. M.I.T. Press, Cambridge (Mass.) and London.
Oppianus, 1958. Oppian... (Engelse vert. A.W. Mair). Loeb Classical Libr., Harvard Univ. Press, Cambridge (Mass.) & Heinemann, London.
Orgel, L.E. & F.H.C. Crick, 1980. Selfish DNA: the ultimate parasite. Nature 284: 604–607.
Oribasios, zie Berendes, J. (1914); Toeply, R. von (1903).
Ornstein, M., 1938. The rôle of Scientific Societies in the Seventeenth Century (3rd ed.; private print 1913). Univ. Chicago Press.
Ospovat, Dov., 1978. Perfect Adaptation and Teleological Explanation... Stud. Hist. Biol. 2: 33–56.
Oye, P. van, 1967. Geschiedenis van de ontwikkeling der Hydrobiologie in België. Verh. Kon. Vlaamse Akad. XXIX, no 93, Paleis der Akad., Brussel.
Packard, A.S., 1901. Lamarck, the founder of evolution. New York.
Pagel, W., 1930. Jo. Bapt. van Helmont (herdruk 1982, Cambridge U.P., Cambridge). Springer, Berlin.
Pagel, W., 1944. The religious and philosophical aspects of Van Helmont's science... (suppl. Bull. Hist. Med. No 2). Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore.
Pagel, W., 1958. Paracelsus... Karger, Basel & New York, N.Y.
Pagel, W., 1967. William Harvey's biological ideas... Karger, Basel.
Paley, W., 1802. Natural theology or evidences of the existence and attributes of the Deity. (1970, repr., Gregg Int. Publ.). London.
Pallas, P.S., 1760. Dissertatio de insectis viventibus intra viventia. Lugd.-Batavorum.
Pallas, P.S., 1766. Elenchus Zoophytorum (vert. 1768, P. Boddaert). 's Hage.
Pamfilos, zie Singer, C. (1927).
Parabirsing, S., 1974. De metabletische methode. Boom, Meppel.
Paracelsus, zie Hartmann, F. (z.j.); Strebel, J. (1944–1949); Pagel, W. (1958); Sudhoff, K. (1929–1933); Peuckert, W.E. ed. (1965–1969).
Paracelsus, 1981. Kreatur und Kosmos. Internat. Beitr. Paracelsusforschung, Mediz. Hist. Journ. 16, Heft 1/2.

Parkinson, G.H.R. & M. Morris, 1973. Leibniz Philosophical Writings (herziene uitg. van 1934). Dent & Sons, London.
Parkinson, J., 1629. Paradisi in sole Paradisus terrestris (1904, facs. repr. Methuen & Co, London). Lownes & Young, London.
Parmenides, zie Tannery, P. (1930); Gomperz, T. (1922–1931, vol. 1); Raven, J.E. (1948); Sarton, G. (1952); Diels, H. (1959–1960); Guthrie, W.K.C. (1962, 1965); Zeller, E. (1963).
Pascal, B., 1934. Pensées (ed. L. Brunschvicq). Paris.
Passmore, J., 1975. The treatment of Animals. Journ. Hist. Ideas 36: 195–218.
Pasteur, L., 1933. Oeuvres de Pasteur. Ed. Vallery-Radot. Paris.
Paulos von Aegina, 1914. Des besten Arztes sieben Bücher (transl. ed. J. Berendes). E.J. Brill, Leiden.
Pellicer, A., 1966. Natura, Étude semantique et historique du mot latin. Pr. Univ. France, Univ. Montpellier XXVII publ., Fac. Lett. Sci. Hum., Paris.
Perrier, E., 1884. La philosophie zoologique avant Darwin (ed. 2, 1886). Alcan, Paris.
Perry, B.E., 1941. Physiologus, in Pauly-Wissowa, Realencycl. class. Altertumsw. 39: 1074–1129.
Petit, G. & J. Théodoridès, 1962. Histoire de la Zoologie des origines à Linné: Hermann, Paris.
Peuckert, W.E. (ed.), 1965–1969. Paracelsus' Werke (5 vols). Schwabe, Basel und Stuttgart.
Peyer, B, 1946. Ueber die zoologischen Schriften des Aristoteles. Gesnerus III: 48–71.
Philipp, W., 1963. Das Zeitalter der Aufklärung. Sammlung Dieterich, Band 272. Carl Schünemann Verl., Bremen.
Philostratos, 1960. The life of Apollonius of Tyana (2 vols; Engelse vert. F.C. Conybeare). Loeb Class. Libr., Harvard U.P., Cambridge (Mass.) & W. Heinemann, London.
Piaget, J., 1976. Le comportement, moteur de l'évolution. Collection Idées, Gallimard, Paris.
Picken, L., 1960. The Organization of Cells. Clarendon Pr., Oxford.
Piepers, M.C., 1898. Die Farbenevolution bei den Pieriden. Leiden.
Pirsig, R., 1976. Zen and the art of motorcycle maintenance. London.
Plato, zie Taylor, A.E. (1962).
Plato, 1922. Timaios in Sämtliche Dialoge VI (ed. en vert. Apelt, O., 2e druk). Felix Meiner, Leipzig.
Plato, 1975. Timaeus in Plato, vol. IX (transl. Bury, R.G.). Loeb Class. Libr. Harvard U.P., Cambridge (Mass.) & W. Heinemann, London.
Platt, A., 1921. Aristotle on the Heart. Studies Hist. Meth. Sci. (ed. Singer), Oxford.
Plesse, W. (ed.), 1982. Philosophische Aspekte der Biologie. VEB G. Fischer Verl., Jena.
Plinius, 1883. Histoire Naturelle (2 vols; trad. E. Littré). Firmin-Didot, Paris.
Plinius, 1938–1963. Natural History (11 vols; transl. H. Rackham, W.H.S. Jones & D.E. Eichholz). Loeb Class. Libr., Harvard U.P., Cambridge (Mass.) & W. Heinemann, London.
Plinius, 1950–1972. Histoire Naturelle (11 vols; trad. J. Beaujeu, J. André, E. Ernout, E. De Saint-Denis & R. Pepin). Les Belles Lettres, Paris.
Popper, K.R., 1959. The logic of scientific discovery. Hutchinson, London.
Porfyrios, 1747. Traité touchant l'Abstinence (trad. M. de Burigny). De Bure l'Ainé, Paris.
Porfyrios, 1765. De antro nympharum (met C. Gesner, Commentatio, ed. R.M. van Coens), Abraham van Paddenburg, Trai. ad Rhenum.
Porfyrios, 1767. De abstinentia ab esu animalium (ed. I.I. Reiskuis). Abraham van Paddenburg, Trai. ad Rhenum.
Porta, G.B. della, 1957. Natural Magick (transl. D.J. Price). New York, N.Y.
Porta, G.B. della, 1970. Della Magia Naturale (1658, ed. M. Gliozzi & R. Rudorff). Class. ital. pens. scient., vol. 3. Ferro Edizioni, Milano.
Portal, A., 1770–1773. Histoire de l'anatomie et de la chirurgie, contenant... (6 vols). Paris.
Portmann, A., 1961. Neue Wege der Biologie. München.
Pouchet, F.A., 1853. Histoire des sciences naturelles au Moyen Age ou Albert le Grand et son époque. Baillière, Paris.
Pouchet, F.A., 1859. Hétérogenie ou Traité de la Génération Spontanée. Baillière et Fils, Paris.
Power, d'Arcy, 1897. William Harvey. Longmans Green, New York.
Prévost, J.L. & J.B.A. Dumas, 1824. Nouvelle théorie de la génération (suivi du 2me et 3me Mémoire). Ann.

Sci. Nat. 1: 1–29, 167–1187, 274–292; 2: 100–121, 129–149; 3: 113–137. Bechet, Paris.
Priestley, J., 1970. Experiments and observations on different kinds of air and other branches of natural philosophy (1790). Kraus, Birmingham-New York.
Pseudo-Apuleius, 1927. Zie bibliografie in E. Howald & H.E. Sigerist, Antonii Musae de herba vettonica liber. Corpus medicorum latinorum IV.
Punnett, R.C., 1928. Ovists and Animalculists. The American Naturalist LXII: 481–507.
Pythagoras, zie Baccou, R. (1951); Sarton, G. (1952), Kirk, G.S. & J.E. Raven (1957); Guthrie, W.K.C. (1962).
Quispel, A., 1981. De Hypercyclus. Vakbl. v. Biol. 12(61): 255–258.
Radl, E., 1913. Geschichte der biologischen Theorien in der Neuzeit (2e Aufl., 2 vols). Engelmann Verl., Leipzig und Berlin.
Raff, R.A. & Th.C. Kaufman, 1983. Embryo's, Genes and Evolution. MacMillan, New York.
Raven, Ch.E., 1947. English Naturalists from Neckam to Ray. Cambridge U.P., Cambridge.
Raven, Ch.E., 1950. John Ray, Naturalist. Life and Works. Cambridge U.P., Cambridge.
Raven, Ch.E., 1953. Organic Design. Oxford U.P.
Raven, J.E., 1948. Pythagoreans and Eleatics. London.
Raven, P.H., B. Berlin & D.E. Breedlove, 1971. The Origins of Taxonomy. Science 174.
Ray, J., 1673. Catalogus Stirpium in Exteris Regionibus... observatis. Andreae Clark, J. Martyn, London.
Ray, J., 1673. Observations Topographical, Moral & Physiological, made in a Journey Through part of the Low Countries. John Martyn, London.
Ray, J., 1694. Stirpium Europearum extra Britannias nascentium... sylloge... S. Smith & B. Warford, London.
Réaumur, R.A.F. de, 1731 (1712). Sur les diverses reproductions... Écrevisses, les Omars, les Crabes... Mém. l'Acad. Sci.: 223.
Redi, F., 1671. Esperienze Intorno alla Generazione degl'Insetti (1668; Experimenta circa Generationem Insectorum (1686), Amsterdam). Amsterdam.
Reed, H.S., 1942. A short history of the plant sciences. Chronica Botanica Comp., Waltham (Mass.).
Reimarus, H.S., 1760. Allgemeine Betrachtungen über die Triebe der Tiere. Vornehmste Wahrheiten der Natürlichen Religion. (3e druk 1773). Hamburg.
Rensch, B., 1959. Evolution above the species level (Eng. vert. van Neuere Probleme der Abstammungslehre, 2e druk, 1954, Enke, Stuttgart). Methuen, London.
Rensch, B., 1968. Biophilosophie... G. Fischer, Stuttgart.
Rey, A., 1930–1948. La Science dans l'Antiquité (vols. II en III, (5 vols)). Michel, Paris.
Reynolds Green, J., 1909. A History of Botany (1860–1900). Clarendon Press, Oxford.
Reynolds Green, J., 1914. A History of Botany in the United Kingdom. London & Toronto.
Rickert, H., 1921. Die Grenzen der Naturwissenschaftlichen Begriffsbildung (3e–4e Aufl.). Mohr, Tübingen.
Rietz, G. Einar du, zie Du Rietz.
Ritterbush, P.C., 1964. Overtures to biology... 18th century naturalist. Yale U.P., New Haven (Conn.).
Robinet, J.B.R., 1768. Considérations philosophiques de la gradation naturelle des forms de l'être. Paris-Amsterdam.
Rodriguez, R.L., 1950. A Graphic Representation of Bessey's Taxonomic System. Madroño 10: 214–218.
Roger, J., 1963. Les Sciences de la vie dans la pensée française du XVIIIe siècle (seconde éd. completée, 1971). Armand Colin, Paris.
Rohde, E.S., 1922. The old English herbals. Longmans & Green, London and New York.
Romanes, G.J., 1892–1893. Darwin and after Darwin.
Rook, A. (ed.), 1964. The Origins and Growth of Biology. Pelican Books, Harmondsworth.
Rooseboom, M., 1959. Christiaan Huygens et la Microscopie. Arch. néerl. Zool. Suppl. (vol. jub. Van der Klaauw) XIII: 59–73.
Ross, D., 1923. Aristotle (repr. 1974). Methuen & Co. Ltd., London.
Ross, H.H., 1974. Biological systematics. Addison-Wesley, Reading (Mass.).
Rostand, J., 1930. La formation de l'être. Libraire Hachette, Paris.
Rostand, J., 1945. Esquisse d'une histoire de la Biologie (ed. 7). Gallimard, Paris.
Rostand, J., 1946. L'Avenir de la biologie. Paris.
Rostand, J., 1951. Les origines de la biologie experimentale et l'abbé Spallanzani, Fasquelle, Paris.

Rostand, J., 1956. L'Atomisme en biologie. Paris.
Rostand, J., 1958. Science fausse et fausses sciences. Gallimard, Paris.
Rostand, J., 1958. Bestiaire d'amour. Robert Laffont, Paris.
Rostand, J., 1970. Le courier d'un biologiste. Gallimard, Paris.
Roth, F.W.E., 1898. H. Bock. Bot. Zentr. bl. 74.
Roth, F.W.E., 1900. Otto Brunfels, Jahrb. f. Gesch., Sprache u. Lit. Elsasz-Loth. XVI.
Roth, F.W.E., 1902. Ryff. Zeitschr. f. Naturwiss. 75: 102–123.
Roth, M., 1902. Andreas Vesalius Bruxellensis (herdruk 1965). G. Reiner, Berlin.
Rothschuh, K.E., 1952. Entwicklung geschichtl. physiol. Probleme in Tabellenform. Urban & Schwarzenberg, München.
Rothschuh, K.E., 1953. Geschichte der Physiologie (transl. in Engl., new bibliogr., by G.B. Risse, 1973, Krieger, New York). Springer, Berlin.
Rothschuh, K.E., 1954. Entwicklungsstufen der physiologischen Denkweise. CIBA-Zeitschr. 6: 2218–2247.
Rothschuh, K.E., 1963. Theorie des Organismus. Bios-Psyche-Pathos. (2e Aufl.). München.
Rothschuh, K.E., 1968. Physiologie. Der Wandel ihrer Konzepte, Probleme und Methoden vom 16. bis 20. Jahrhundert (Orbis Academicus II, 15). Freiburg, München.
Rothschuh, K.E., 1969. Physiologie im Werden. Medizin in Geschichte u. Kultur 9. Gustav Fischer, Stuttgart.
Rothschuh, K.E., 1969. René Descartes über den Menschen (1632) sowie Beschreibung des menschlichen Körpers (1648) (übers. und komm. Rotschuh). L. Schneider, Heidelberg.
Rothschuh, K.E., 1976. Studien zu Friedrich Hoffmann (1660–1742). Sudhoffs Arch. f. Gesch. Mediz. u.d. Naturwiss. LX: 163–193, 235–270.
Rothschuh, K.E. (ed.), 1964. Von Boerhaave bis Berger. Medizin in Geschichte u. Kultur 5. Gustav Fischer, Stuttgart.
Rousseau, J.J., 1781. Fragmens pour un dictionnaire des termes d'usage en botanique; 1969. Oeuvr. Compl. J.J. Rousseau IV, Biblioth. Pléiade, Gallimard, Paris.
Rousseau, J.J., 1962. Lettres sur la botanique. (ed. B. Gagnebin). Club des Librairies de France.
Rousseau, J.J., 1979. Zehn Botanische Lehrbriefe (Duitse vert. door Schneebeli-Graff van Lettres élémentaires sur la Botanique). Insel, Frankfurt a.M.
Rousseau, J.J., 1979. Botany, A study of Pure Curiosity (Engelse vert. en comm., K. Ottevanger van 8 brieven van Rousseau). Michael Joseph, London.
Rufus, zie Gärtner, H. (1962).
Ruiter, L. de, 1959. Some remarks on the Problems of the Ecology and Evolution of Mimicry. Arch. Zool. Néerl., Suppl. (vol. jub. Van der Klaauw) XIII: 351–368.
Ruse, M., 1982. Darwinism defended. Addison-Wesley, Reading (Mass.).
Ruse, M., 1983. Nature animated. Third Int. Congr. Hist. Phil. Sci., Montreal (1981) II Reidel Publ. Co., Dordrecht.
Russell, B., 1948. Human knowledge, its scope and limits. (5th impr., 1966). London.
Russell, E.S., 1930. The interpretation of development and heredity. A study in biological method. Oxford.
Russell, E.S., 1945. The Directiveness of Organic Activities. Cambridge, 1945.
Russell, E.S. (ed.), 1973. Science and religious belief. Univ. London Pr., London.
Russell, E.S., J.A.J. Barge & H. Böker, 1936. Forma et Functio. Fol. Bioth. 1: 1–12.
Rutten, M.G., 1971. The Origin of Life by Natural Causes. Elsevier, Amsterdam.
Ruysch, F., 1744. Alle de ontleed- genees- en heelkundige werken ... door IJsbrand Gijsbert Arlebout ... (3 vols). Janssoons van Waesberge, Amsterdam.
Ruysch, F., 1964. Dilucidatio valvularum in vasis lymphaticis et lacteis (1665; facs. ed. A.M. Luyendijk-Elshout). De Graaf, Nieuwkoop.
Sachs, J., 1875. Geschichte der Botanik... Oldenbourg, München.
Santillana, G. de, 1961. The Origins of scientific thought: from Anaximander to Proclus... Mentor Books, Chicago U.P., Chicago (Ill.).
Santillana, G. de & F. Enriques, 1936. Les dernier 'Physiologues' de la Grèce. Paris.
Sarton, G., 1927–1948. An Introduction to the History of Science (3 vols, 5 parts). Carnegie Inst., Washington publ., no 376. Williams and Wilkins Co., Baltimore.

Sarton, G., 1931. The discovery of the Mammalian Egg and the foundation of Modern Embryology. Isis 16: 315–330.
Sarton, G., 1934. The artificial fertilization of date-palms in the time of Ashur-Nasir-Pal, B.C. 885–860. Isis 21: 8–13.
Sarton, G., 1952. A Guide to the History of Science. Chronica Botanica, Waltham (Mass.).
Sarton, G., 1952. A History of Science (Ancient Science) through the golden age of Greece. Science Editions, J. Wiley & Sons, Cambridge (Mass.).
Sarton, G., 1952/1959. A History of Science (2 vols). Harvard U.P., Cambridge (Mass.).
Sarton, G., 1954. Galenus of Pergamon. Lawrence (USA).
Sarton, G., 1955. The Appreciation of Ancient and Medieval Science during the Renaissance (1450–1600). Philadelphia.
Sarton, G., 1957. Six Wings, Men of Science in the Renaissance. Bloomington.
Sassen, F.L.R., 1928–1957. Geschiedenis van de wijsbegeerte (5 vols).
Sassen, F.L.R., 1960. De reis van Pierre Gassendi in de Nederlanden (1628–1629). Med. Kon. Ned. Akad. Wet. Afd. Lett. N. R. 23(10).
Sattler, R., 1978. Theoretical plant morphology. Acta Bioth. 27, suppl. Folia Bioth. 7. Leiden U.P.
Saunders, J.B. de C.M. & C.D. O'Malley, 1950. The illustrations from the works of Andreas Vesalius of Brussels. World Publ. Co., Cleveland & New York.
Savioz, R., 1948. La Philosophie de Charles Bonnet de Genève. Vrin, Paris.
Schaxel, J., 1919. Grundzüge der Theorienbildung in der Biologie (2e Aufl., 1922). G. Fischer, Jena.
Scheuchzer, J.J., 1716. Bibliotheca Scriptorum Historiae Naturalis.
Schierbeek, A., 1944. Goethe als natuuronderzoeker. Meulenhoff, Amsterdam.
Schierbeek, A., 1946. Jan Swammerdam (1637-1680). Lochem.
Schiller, J., 1973. The Genesis and Structure of Claude Bernard's Experimental Method. Foundations of Scientific Method: The Nineteenth Century (ed. R.N. Giere & R.S. Westfall). Bloomington, Indiana.
Schleiden, M.J., 1845–1846. Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik (2 vols; 3e Aufl., 1849). Leipzig.
Schleiden, M.J., 1848. Die Pflanze und ihr Leben. Leipzig.
Schmidt, P., 1972. Zu den geistigen Wurzeln von Johannes Müller... Münster. Beitr. z. Gesch. u. Theorie der Medizin 9. Westfäl. Wilhelms-univ., Münster.
Schmucker, T., 1936. Geschichte der Biologie... Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
Schmucker, T. & G. Linneman, 1951. Geschichte der Anatomie des Holzes in H. Freund, ed., Handbuch der Mikroscopie in der Technik V(1): 1–78.
Schneider, G., 1951. Die Evolutionstheorie des Grundproblem... Entwicklungsgedankens von Kaspar Friedrich Wolff... (2e Aufl.). Deutscher Bauernverlag, Berlin.
Schneider, W., 1968–1975. Lexikon zur Arzneimittelgeschichte (7 vols). Govi-Verl., Pharmaz. Verlag, Frankfurt a.M.
Schnitt, C.B., 1971. Theophrastus in Catalogus translationum... II (ed. P.O. Kristeller & F.E. Cranz). Catholic Univ. Amer. Pr., Washington D.C.
Schoffeniels, E., 1976. Anti-Chance. A reply to Monod... (vert. B.L. Reis). Pergamon Press, Oxford.
Schonack, W., 1913. Die Rezeptsammlung des Scribonius Largus..., zum ersten Male vollständig ins Deutsche übersetzt... G. Fischer, Jena.
Schöner, E., 1964. Das Viererschema in der Antiken Humoral-pathologie. Sudhoffs Arch. Gesch. Med., Beih. 4. Steiner, Wiesbaden.
Schoor, G. van, 1944. La botanique au 18e siècle.
Schouten, J., 1972. Johannes Walaeus... leer van de bloedsomloop. Hist. Bibl. no. 20, Van Gorcum, Assen.
Schrader, M. & A. Fürkotter, 1956. Die Echtheit des Schrifttums des Hildegard von Bingen.
Schrödinger, E., 1944. What is life? Cambridge U.P.
Schrödinger, E., 1954. Nature and the Greeks. Cambridge U.P.
Schulz, H., 1933. Der Aebtissin Hildegard von Bingen... München.
Schultz-Schultzenstein, K.H. von, 1861. Die Bedeutung der Verzweigung im Pflanzenreich. Flora N.R. XIX: 273–288, 297–302.
Schumacher J., 1963. Antike Medizin, 2e ed. De Gruyter, Berlijn.

Schwann, T., 1910. Mikroskopische Untersuchungen über die Ubereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen; 1839, Berlin). Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften. Leipzig.
Schwemmler, W., 1979. Mechanismen de Zellevolution. De Gruyter, Berlijn-New York.
Scribon(ian)us Largus, zie Schonack, W. (1913).
Seligmann, P., 1962. The apeiron of Anaximander. Athlone Press, London.
Seneca, L.A., 1971–1972. Naturales Quaestiones (Engelse vert. door T.H. Corcoran). Loeb Classical Libr., Harvard U.P. & W. Heinemann, London.
Senn, G., 1929. Theophrastos' Entwicklung vom Aristotelismus zur reinen Naturwissenschaft. Verh. Schweiz. Naturf. Ges., Davos, Teil II.
Senn, G., 1929. Uber Herkunft und Stil der Beschreibungen von Experimenten im Corpus Hippocraticum. Sudhoffs Arch. f. Gesch. der Medizin 22: 217–289.
Senn, G., 1930. Nochmals die Experimente im Corpus Hippocraticum. Verh. Schweiz. Naturf. Ges., Basel 41.
Senn, G., 1930. Hat Aristoteles eine selbständige Schrift über Pflanzen verfasst? Philologus, Leipzig LXXXV: 113–140.
Senn, G., 1933. Die Entwicklung der biologischen Forschungsmethode in der Antike und ihre grundsätzliche Förderung durch Theophrast von Eresos. Veröff. Schweiz. Ges. Gesch. Med. Naturwiss. VIII.
Senn, G., 1956. Die Pflanzenkunde des Theophrast von Eresos (ed. Gigon, O.). Priv. ed., Basel.
Serrurier, C., 1930. Descartes, leer en leven. Den Haag.
Servetus, M., 1563. Christianismi Restitutio, zonder titelpagina, met opschrift 'Serveti partus infernalis'. Universiteitsbibliotheek, Amsterdam.
Sherrington, Ch., 1953. Man on his Nature (2nd ed.). Doubleday Anchor Books, Garden City, New York.
Shetler, S.G., 1967. The Komarov Botanical Institute. 250 years of Russian research. Smithsonian Inst., Pr., Washington D.C.
Shlovskii, I.S. & C. Sagan, 1966. Intelligent Life in the Universe. Holden-Day, San Francisco.
Shute, R., 1888. On the history of the process by which the Aristotelian writings arrived at their present form. Oxford.
Sigerist, H.E., 1952. Alkmaion von Kroton und die Anfänge der europäischen Physiologie. Schweiz. Med. Woch. 82: 964–968.
Simpson, G.G., 1944. Tempo and Mode in Evolution. Columbia U.P., New York.
Simpson, G.G., 1949. The meaning of Evolution (rev. ed. 1967). Yale Univ. Pr., New Haven and Oxford.
Simpson, G.G., 1953. The major features of evolution (3rd ed. 1967). Columbia U.P., New York.
Simpson, G.G., 1960. The History of Life (in S. Tax, The evolution of Life).
Sinclair, T.A., 1932. Hesiod: works and days (Engelse vert. en comm.). Macmillan, London.
Singer, C., 1917. The scientific views and visions of Saint Hildegard. Studies in the History and Method of Science, Oxford.
Singer, C., 1920. Greek science and modern science. Oxford U.P.
Singer, C., 1921. Greek Biology and the Rise of modern Biology. Studies in the History and Method of Science II. Oxford.
Singer, C., 1922. Greek Biology and Greek Medicine. Clarendon Press, Oxford.
Singer, C., 1927. The Herbal in Antiquity and its transmission to later ages. Journ. Hell. Studies XLVII: 1–52.
Singer, C., 1946. A short history of science. Oxford.
Singer, C., 1950. A History of Biology (revised edition). Abelard-Schumann, New York.
Singer, C., 1951. Calen as a modern (repr. uit Proc. Roy. Soc. Medic. Hist., 1949, in New Worlds and Old, Essays). W. Heinemann, London.
Singer, C., 1952. Vesalius on the Human Brain. Oxford U.P.
Singer, C., 1956. Galen on anatomical procedures (transl.). Oxford U.P.
Singer, C., 1956. Discovery of the circulation of the blood (verbeterde herdruk van 1922-editie). Dawson, London.
Singer, C., 1957. A short History of Anatomy and Physiology from the Greeks to Harvey. Dover Publ.
Singer, C., 1958. From Magic to Science. Dover Publ.
Singer, C., 1959. A short History of Scientific Ideas to 1900. Oxford U.P.
Singer, C. & C. Robin, 1946. A Prelude to Modern Science, being a discussion of the History, Sources, and

Circumstances of the Tabulae Anatomicae Sex of Vesalius. Cambridge U.P., Cambridge.
Sinker, A.P., 1962. Introduction to Lucretius. Cambridge U.P.
Sinnott, E.W., 1916. Comparative Rapidity of Evolution in Various Plant Types. American Naturalist 50: 466–478.
Sinnott, E.W. & J.W. Bailey, 1914. Investigation on the Phylogeny of the Angiosperms, No 4. The Origin and Dispersal of Herbaceous Angiosperms. Ann. Bot. 28: 547–600.
Sirks, M.J., 1942. De Ontwikkeling der biologie. Noorduyn's Wetenschappelijke Reeks, No. 2.
Sirks, M.J. & C. Zirkle, 1964. The evolution of Biology. The Ronald Press Co., New York.
Sizoo, A., 1957. Augustinus. Leven en Werken. Kampen.
Sloan, P.R., 1976. The Buffon-Linnaeus Controversy. Isis 67: 356–375.
Smit, P., 1958. On the fundamentals of Darwin's Theory. Arch. Néerl. Zool. XIII, Suppl. 1: 28–43.
Smit, P., 1974. History of the Life Sciences (intr. F. Verdoorn). A. Asher & Co., Amsterdam.
Smit, P., 1982. Antoni van Leeuwenhoek and his ideas on spontaneous generation. In: Antoni van Leeuwenhoek (ed. L.C. Palm & H.A.M. Snelders). Rodopi, Amsterdam.
Smit, P. & T.J.J. Koolen, 1979. J.G.S. van Breda als botanicus in Leven en Werken van J.G.S. van B. (1788–1867): 147–156. Tjeenk Willink, Groningen.
Smith, A.L., 1921. Lichens (herdruk 1975). Cambridge U.P., Cambridge.
Smith, Ph.M., 1976. The chemotaxonomy of Plants. London.
Smuts, J., 1926. Holism and Evolution (1st ed. 1922, London). MacMillan, New York.
Snelders, H.A.M., 1975. De organische synthese in de 19e eeuw. Chemisch Weekblad 71(35): 13–17.
Solbrig, O.T. & T.W.J. Gadella (eds.), 1970. Biosystematic literature (1945–1960). Regnum Vegetabile No 69, I.A.P.T., Utrecht.
Solovine, M., 1931. Héraclite d'Ephèse. Alcan, Paris.
Soo, C.R. de, 1975. A review of the new classification systems of flowering plants. Taxon 24: 585–592.
Souèges, R., 1934. L'embryologie végétale. Resumé historique. Paris.
Spallanzani, L., zie Rook, A. (1964).
Spallanzani, L., 1920. Observations et expériences faites sur les Animalcules... I, II. (ed. Maîtres Pens. Sci.). Gauthier-Villars, Paris.
Spallanzani, L., 1978. Opere scelte. Unione tipogr. edit. torinese, Turijn.
Spencer, H., 1883. The data of ethics. Appleton, New York.
Spemann, H., 1953. Hans Spemann (1869–1941). Ein Meister der Entwicklungsphysiologie. (O. Mangold in Grosse Naturforscher, vol. 11). Wissensch. Verlagsges. Stuttgart.
Spencer, H., 1891. Essays (2nd ed., 3 vols). New York.
Spencer, H., 1898. The principles of biology (1867, London ed., 2 vols). New York.
Spengler, O., 1922–1923. Der Untergang des Abendlandes (2 vols). München.
Speusippos, zie Athenaeus (1961; deel 1–4), Lang, P. (1911).
Spicker, S.F. (ed.), 1978. Organism, Medicine and Metaphysics. Philosophy and Medicine vol. 7. Reidel Publ. Cy, Dordrecht-Boston.
Spieghel, A. van den, 1633. Isagoges in rem herbariam, libri duo (1606). Padua. (acc. Catalogus Plantarum Academ. Lugd.-Bat.; acc. Index Plantarum indigenarum... auct. Vorstius A.). Elsevier, Leiden.
Spix, J.B., 1811. Geschichte und Beurtheilung aller Systeme in der Zoologie nach ihrer Entwicklungsfolge von Aristoteles bis auf die gegenwärtige Zeit. Nürnberg. (n.v.).
Spix, J.B., 1815. Cephalogenesis, sive capitis ossei... München.
Sprague, T.A., 1928. The herbal of Otto Brunfels. Journ. Linn. Soc., London 48: 79–124.
Sprague, T.A., 1933. Botanical terms in Pliny's Natural History. Kew Bull. 9: 30–40.
Sprague, T.A., 1933. Botanical terms in Isidorus. Kew Bull. 9: 401–407.
Sprague, T.A., 1933. Plant morphology in Albertus Magnus. Kew Bull. 9: 431–440.
Sprague, T.A., 1933. Botanical terms in Albertus Magnus. Kew Bull. 9: 440–459.
Sprague, T.A. & E. Nelmes, 1931. The herbal of Leonhardt Fuchs. Journ. Linn. Soc., London 48: 545–642.
Sprague, T.A. & M.S. Sprague, 1939. The herbal of Valerius Cordus. Journ. Linn. Soc., London 52: 1–113.
Sprengel, C.K., 1893. Das entdeckte Geheimniss der Natur... (1793). repr. in Wissensch. Classiker VII. Mayer & Müller, Berlin.

Sprengel, K.P.J., 1817–1818. Geschichte der Botanik. Neu bearbeitet (heruitgave van Historiae rei herbariae, 1807–1808, Amstelodami; 2 vols). Altenburg bei Leipzig.
Sprengel, K.P.J., 1971. Theophrast's Naturgeschichte der Gewächse (1822, repr., 2 vols). Olms, Hildesheim.
Stace, C.A., 1980. Plant taxonomy and biosystematics. Edward Arnold, London.
Stafleu, F.A., zie Adanson (1963/1964).
Stafleu, F.A., 1964. Introduction to Jussieus's Genera Plantarum. Hist. Nat. Class. 35. Weinheim.
Stafleu, F.A., 1969. A historical review of systematic biology. Proc. Int. Conf. Nat. Acad. Sci., Washington D.C.
Stafleu, F.A., 1971. Lamarck: the birth of biology. Taxon 20(4): 397–442.
Stafleu, F.A., 1971. Linnaeus and the Linneans. Oosthoek, Utrecht.
Stauffer, R.C. (ed.), 1975. Charles Darwin's Natural Selection. Cambridge U.P.
Stearn, W.T., zie Linnaeus (1957/1959); Blunt, W. & W.T. Stearn (1971).
Stearn, W.T., 1961. The Influence of Leyden on Botany in the Seventeenth and Eighteenth Centuries. Leiden U.P.
Stearn, W.T., 1981. The Natural History Museum at South Kensington. Heinemann, London.
Stebbins, G.L., 1974. Flowering Plants. Evolution above the species level. Harvard U.P., Cambridge.
Steen, W.J. van der, 1973. Inleiding tot de wijsbegeerte van de biologie. Utrecht.
Steiner, R. (ed.), 1975. Goethes naturwissenschaftliche Schriften I–V (repr. ed. Kürschner, 1883–1897). R. Steiner Verl., Dornach, Schweiz.
Steno, N., 1916. The Prodromus of Nicolaus Steno's dissertations (ed. Winter, Kohn, Garrett). MacMillan, New York.
Steno, N., 1968. Leven en werken van Niels Stensen (1638–1686). Leiden, U.P.
Sterne, L., 1924. The life and opinions of Tristram Shandy. Dent, London.
Stoffler, H.D., 1978. Der Hortulus des Walahfried Strabo. Thorbecke Verl., Siegmaringen.
Stomps, Th.J., 1930. Vijfentwintig jaar mutatietheorie. Den Haag.
Störig, H.J., 1974. Geschiedenis van de filosofie (vert. van Kleine Weltgeschichte der Philosophie, Kohlhammer-Verl., Stuttgart; 2 vols). Het Spectrum, Prisma, Utrecht/Antwerpen.
Strabo, zie Stoffler, F.H.D. (1978).
Strabo, Walahfried, 1966. Hortulus (transl. Payne, R., comm. Blunt, W.). Hunt Bot. Libr., Pittsburgh (Pa.).
Strebel, J. (ed.), 1944–1949. Theophrastus von Hohenheim genannt Paracelsus (8 vols). Zollikofer, St Gallen.
Stresemann, E., 1975. Ornithology from Aristotle to the present. Harvard U.P., Cambridge (Mass.) and London.
Strunz, F., 1972. Geschichte der Naturwissenschaften im Mittelalter. Gerstenberg, Hildesheim.
Sturtevant, A.H., 1965. A History of Genetics. Harper & Row, New York.
Sudhoff, K., 1958. Bibliographia Paracelsica. Akad. Druck u. Verl. Anst., Graz.
Sudhoff, K., Von den empfindlichen und reizbaren Teilen (Duitse vert. van Haller, De partibus corporis humani... 1752, verschenen 1772). Sudhoffs Klassiker der Medizin, No 27. Barth, Leipzig.
Sudhoff, K. (ed.), 1929–1933. Theophrast von Hohenheim genannt Paracelsus (14 vols). Oldenbourg, München u. Berlin.
Swammerdam, J., zie Schierbeek, A. (1946).
Swammerdam, J., 1669. Historia Insectorum Generalis ofte Algemeene Verhandeling van de Bloedelooze Dierkens. M. van Dreunen, Utrecht.
Swammerdam, J., 1675. Ephemeri Vita of Afbeeldingh van 's Menschen Leven... A. Wolfgang, Amsterdam.
Swammerdam, J., 1981. Bijbel der Natuure... ed. H. Boerhaave, 2 vols; 1737, Severinus en van der Aa, Leiden). De Banier en de Groot Goudriaan, Utrecht.
Swammerdam, J., 1981. Bijbel der Natuure... (ed. H. Boerhaave, 2 vols; 1737, Severinus en van der Aa, Leiden).
Tannery, P., 1930. Pour l'histoire de la science hellène. De Thalès à Empédocle (1887, Alcan, Paris). Gauthier-Villars, Paris.
Tax, S. (ed.), 1970. The evolution of life. Univ. of Chicago Press, Chicago.
Taylor, A.E., 1962. A Commentary on Plato's Timaeus. Clarendon Press, Oxford.
Tertullianus, 1930. Over de ziel. Oud-Christ. Geschr. (red. H.V. Meyboom). Sijthoff, Leiden.
Temkin, O., 1973. Galenism... Cornell U.P., Ithaca and London.
Terrace, H.S., L.A. Petitto, R.J. Sanders & T.G. Bever, 1979. Can an ape create a sentence? Science 206: 891–902.
Thales, zie Tannery, P. (1930); Baccou, R. (1951); Kirk, G.S. & J.E. Raven (1957); Diels, H. (1960–1961).
Theophrastos, 1968, 1961. Enquire into Plants (vert. van Peri Fytoon Historias door Hort A.F., 2 vols). Harvard

U.P., Cambridge (Mass.) & W. Heinemann, London.
Theophrastos, 1976. De causis Plantarum (Lib. I, II, Eng. vert. door Benedict Einarson & G.K.K. Link). Harvard U.P., Cambridge (Mass.); W. Heinemann, London.
Thoday, J.M., 1962. Natural selection and biological progress (in S.A. Barnett, ed., A century of Darwin: 313–333). London.
Thomas, H. Hamshaw, 1932. The old morphology and the new. Proc. Linn. Soc. London 145: 17–32.
Thomas, H. Hamshaw, 1947. The history of Plant Form. Brit. Ass. Adv. Sci., Presid. Add., sect. K., Botany, Dundee 4: 243–254.
Thompson, d'Arcy W., 1910. Historia Animalium (transl., vol. 4, Works of Aristotle). Oxford U.P., London.
Thompson, d'Arcy W., 1913. On Aristotle as a Biologist (Herbert Spencer Lecture). Clarendon Press, Oxford (n.v.).
Thompson, d'Arcy W., 1942. On Growth and Form (ed. 1, 1917). Cambridge U.P.
Thorndike, L., 1923–1958. History of magic and experimental science up to the 17th century (8 vols). Columbia U.P., New York.
Todes, D.P., 1978. V.O. Kovalevskii... Stud. Hist. Biol. 2: 99–165.
Toeply, R. von, 1903. Studien zur Geschichte der Anatomie, in Neuburger-Pagel, Handb. Gesch. Medizin. Jena.
Topsell, E. & T. Muffet, 1967. The history of four-footed beasts and serpents and insects (vol. 1, the history of four-footed beasts; vol. 2, the history of serpents; vol. 3, the theater of insects (T. Muffet). 1658. facs. ed.). New York, London.
Torrey, H.B. & F. Telin, 1937. Was Aristotle an Evolutionist? Quart. Rev. Biol., Baltimore XII: 1–18.
Trembley, A., zie Vartanian, A. (1950); Baker, J.R. (1952).
Trembley, A., 1943. Correspondence inédite entre Réaumur et Abraham Trembley. Georg, Genève.
Treub, M., 1891. Sur les Casuarinées et leur place dans le système naturel. Ann. Jard. Buitenzorg X: 145–219.
Treviranus, L.C., 1835–1838. Physiologie der Gewächse (2 vols). A. Marcus, Bonn.
Treviranus, L.C., 1855. Die Anwendung des Holzschnittes zur bildlichen Darstellung der Pflanzen. Leipzig.
Trevisa, J., zie Bartholomaeus Anglicus (1975).
Tricot, J., zie Aristoteles (1957, 1959).
Troendle, A., 1925. Geschichte der Atmungs- und Ernährungsprobleme bei den Pflanzen. Veröff. Schweiz. Ges. Gesch. Mediz. Naturwiss. IV. Ovell Füssli, Zürich.
Troll, W. & L. Wolf, 1950. Goethe's morphologischer Auftrag... (3e druk). Neomarius Verl., Tübingen.
Tschulok, S., 1910. Das System der Biologie in Forschung und Lehre. Jena.
Turpin, P.J.F., 1837. Esquisse d'organographie végétale... à prouver... la métamorphose des plantes de Goethe. Paris et Geneva.
Tyson, E., 1699. Orang-Outang, sive Homo Sylvestris or, the Anatomy of a Pygmie... Thomas Bennet, London.
Uittien, H., 1928. Ueber den Zusammenhang zwischen Blattnervatur und Sprossverzweigung. Rec. Trav. Bot. Néerl. 25: 390–483.
Varro, M.T., zie Farrington, B. (1940).
Varro, M.T., 1934. On Agriculture (Eng. vert. W.D. Hooper & H.B. Ash). Loeb Classical Libr., Harvard U.P., Cambridge (Mass.) & W. Heinemann, London.
Vartanian, A., 1950. Trembley's Polyp, La Mettrie and Eighteenth Century French Materialism. Journ. Hist. Ideas XI: 259.
Vasbinder, W., 1948. Govard Bidloo and William Cowper. Zuidam, Utrecht.
Velde, A.J.J. van de, 1942. Roger Bacon 650 jaren na zijn dood herdacht. Jaarb. Acad. Wetensch.: 190–230.
Velde, A.J.J. van de, 1943. A.L. Lavoisier. Verh. Kon. Vlaamsche Ac. Wet. Lett. Scho. K. België.
Velde, A.J.J. van de, z.j. Les livres des sciences de la nature de Conrad Gesner et Ulysse Aldrovandi. Biol. Jaarb. 17: 195–199.
Verdoorn, Fr. (ed.), 1938. Manual of Pteridology. Martinus Nijhoff, The Hague.
Verworn, M., 1901. Allgemeine Physiologie. Jena
Vesalius, zie Farrington, B. (1931, 1932); Saunders, J.B. de C.M. & C.D. O'Malley (1950); O'Malley, C.D. (1964).
Vinci, L. da, 1939. The note books of Leonardo da Vinci (ed. Mac-Curdy). Reynal & Hitchcock, New York.
Visser, R.P.W., 1985. The zoological work of Petrus Camper (1722–1789). Rodopi, Amsterdam.
Voous, K.H., 1975. De superspecies: acrobatiek in de diersystematiek. Vakbl. v. Biol. 55: 34–40.

Voous, K.H., 1977. The concept of species. Janus 64: 109–117.
Voous, K.H. (ed.), 1970. Biosystematiek. Pudoc, Wageningen.
Vries, H. de, 1901–1903. Die Mutationstheorie (2 vols). Von Veith, Leipzig.
Waddington, C.H., 1957. The evolution of an evolutionist. Edinburgh U.P.
Waesberghe, H.P.J.M. van, 1981. Naar een derde evolutie-model. Vakbl. v. Biol. 61: 51–55.
Waesberghe, H.P.J.M. van, 1982. Towards and alternative evolution model. Acta Bioth. 31: 2–28.
Wanntorp, H.E., 1980. Theory and dogma in systematics. Taxon 29: 668–670.
Wardlaw, C.W., 1954. Embryogenesis in Plants. Methuen & Co, London.
Wasmann, E., 1913. Hildegard von Bingen als älteste deutsche Naturforscherin. Biol. Zentralbl. XXXIII: 278–288.
Watson, J.D., 1970. Molecular biology of the gene (2nd ed.). Benjamin Inc., New York.
Weevers, Th., 1949. Fifty Years of Plant Physiology. Amsterdam.
Weismann, A., 1917. August Weismann (1834–1914). Sein Leben und Werk (door E. Gaupp). Gustav Fischer, Jena.
Wellmann, M., 1897. Die Pflanzennamen des Dioskurides. Hermes 33: 360-422.
Wellmann, M., 1907. Erasistratos, in Pauly's Realencyclopädie 11, col. 333–350. Metzler, Stuttgart.
Wessels, J.G.H., et al., 1981. Hoe in een schimmel de celdifferentiatie geregeld wordt. Vakbl. v. Biol. 61: 228–233.
Whewell, W., 1967. The Philosophy of the Inductive Sciences (1840, London, 2 vols; hered. in 3 vols). Frank Carr, London.
White, J.H., 1932. The Phlogiston Theory. Arnold, London.
Whittaker, R.H., 1969. New Concepts of kingdoms of organisms. Science 16: 150–160.
Whitteridge, G., 1981. Disputations Touching the Generation of Animals by William Harvey. Blackwell, Oxford.
Wiedersheim, R., 1908. Der Bau des Menschen als Zeugnis für seine Vergangenheit, Laupp, Tübingen.
Wightman, W.P.D., 1962. Science and the Renaissance (2 vols). Oliver & Boyd, Edinburgh.
Wijnands, D.O., 1983. The Botany of the Commelins. A.A. Balkema, Rotterdam.
Willis, R., 1878. William Harvey, a history of the Discovery of the Circulation of the Blood. London.
Wilms, H., 1930. Albert der Grosse. Kösel & Pustet, München.
Wilson, E.B., 1928. The physical basis of life. New Haven.
Winspear, A.D., 1963. Lucretius and scientific thought. Harvest House, Montreal.
Wit, H.C.D. de, 1949. Short History of the Phytography of Malaysian Vascular Plants. Flora Males. I,4(2): lxx–clxi.
Wit, H.C.D. de, 1977. Orchids in Rumphius' Herbarium Amboinense. Orchid Biology (J. Arditti, ed.). Cornell U.P.
Woese, C.R., 1981. Archaebacteria. Scient. Amer. 244: 94–106.
Wohl, R., 1960. Buffon and his project for a new science. Isis 51: 180–199.
Wolff, C.F., 1966. Theoria generationis (1759, Halle; ed. R. Herrlinger). Olms, Hildesheim.
Wood, C.A. & F.M. Fyfe, 1943. Frederic von Hohenstaufen, De Arte venandi cum avibus (Eng. vert.; herdruk 1955). Stanford and Oxford U.P.
Woodger, J.H., 1937. The Axiomatic method in biology. Cambridge U.P.
Woodger, J.H., 1952. Biology and Language. Cambridge U.P.
Woodruff, L.L., z.j. Foundations of Biology (ed. 6). MacMillan, New York.
Xenofanes, zie Tannery, P. (1930); Baccou, R. (1951); Sarton, G. (1952); Kirk, G.S. & J.E. Raven (1957); Diels, H. (1959–1960); Guthrie, W.K.C. (1962, 1965, 1967).
Xenofoon, zie Lenz, H.O. (1856); Sarton, G. (1952).
Zafiropoulo, J., 1948. Anaxagore de Clazoumenos. Les Belles Lettres, Paris.
Zafiropoulo, J., 1956. Diogène d'Apollonia. Les Belles Lettres, Paris.
Zanetti, C. & U. Wimmer-Aeschlimann, 1968. Eine Geschichte der Anatomie und Physiologie von Albrecht von Haller. Berner Beitr. Gesch. Med. Naturwiss. N.F., I. Huber, Bern & Stuttgart.
Zeller, E., 1963. Die Philosophie der Griechen... (herdruk van W. Nestle, ed., 1919–1923, 6 vols). Olms, Hildesheim.
Zeuner, F.E., 1958. Dating the Past (4rd ed.). Methuen & Co Ltd. London.
Zimmermann, W., 1938. Vererbung 'erworbener Eigenschaften' und Auslese. Fischer, Jena.

Zimmermann, W., 1953. Evolution... Alber, Freiburg & München.
Zimmermann, W., 1959. Die Phylogenie der Pflanzen (2e Aufl.). Fischer, Stuttgart.
Zimmermann, W., 1965. Die Telomtheorie (Fortschr. d. Evol. Forsch. I). Gustav Fischer, Stuttgart.
Zirkle, C., 1949. Death of a science in Russia... Univ. Pennsylv. Pr., Philadelphia.
Zirkle, C., 1955. The beginnings of plant hybridization. Univ. Pennsyl. Pr., Philadelphia.
Zirkle, C., 1959. Evolution, Marxian biology and the Social Scene. Univ. Pennsylv. Pr., Philadelphia.
Zirkle, C. & H.A. Meyerhoff, 1952. Soviet Science, a symposium... 1951... Philadelphia (ed. R.C. Christman). Amer. Ass. Adv. Sci., Washington D.C.
Zittel, K.A. von, 1962. History of Geology and Paleontology (to the end of the 19th century). (Eng. vert. door M.M. Ogilvie-Gordon, in Hist. Nat. Class., ed. J. Cramer & H.K. Swann, vol. 22). J. Cramer, Weinheim.
Zöckler, O., 1880. Darwin's Grossvater... Winter, Heidelberg.
Zuckermann, S. (ed.), 1973. The concepts of human evolution (... symposium... zoological Society of London, 1972). Academic Press, London.

Register van persoonsnamen

Alle in de tekst genoemde persoonsnamen zijn in het register opgenomen. Familienamen werden van initialen van voornamen voorzien indien verwarring mogelijk was. Frequent voorkomende namen gaan vergezeld van een keuze van de voornaamste vindplaatsen.

Abbe 560, 677
Abdellatif ben Jusuf 140
Abelard 171
Abu al Walid Mohammed ibn Achmed ibn Mohammed ibn Rosjd, zie Averroës
Abu Ali al Hussain Ibn Abdallah Ibn Sinâ el Bochara, zie Avicenna
Abu Bakr Mohammed Ibn Zakarijja, zie El-Razi
Abu Behr Ahmed ben Ali el Kasdani, zie Ibn Wahshijah
Abu Bekr Mohammed Ibn Zakariah ar Râzf, zie El-Razi
Abu Mohammed Abdallah Ben Ahmed, zie Ibn-el-Baithar
Abu Uthman Ibn Bachr 131
Abu Zeid Honein 131
Acharius 1006, 1016
Achellini, Alessandro 244, 245
Ackermann 1198
Acosta 213
Adam 707, 760, 763, 1224, 1243, 1255, 1287, 1327
Adamson 671, 954, 958-963, 968, 999, 1081
Adb-el-Rahman 879
Adelard 149-152
Aelianus 112-115, 123, 193, 206, 895
Aemilius Macer 89, 96, 148
Aemylianus 898
Aethelhard, zie Adelard
Aetios van Amida 118, 1135
Africanus, Johan Leo 210
Afzelius 948
Agardh 986, 987, 989-991, 1001, 1007
Agassiz 60, 1037, 1299, 1314, 1325, 1326, 1328, 1334, 1344
Agesilas 114
Agricola 1085, 1251
Ailianos, zie Aelianus
Ainesidemos 1112, 1113
Ainsworth 994, 997, 999, 1003, 1238
Aischylos 595
Aiton 1014
Akakia 634
Akroon 20
Alanus ab Insulis (de Lille, van Rijssel) 420, 945
Alarik 126
Albert de Grote, zie Albertus Magnus
Albert von Bollstädt, zie Albertus Magnus
Albertini 1001
Albertus Magnus 48, 125, 126, 158-163, 175, 203, 357-359, 613, 727, 732, 739, 823-826, 828, 832, 879, 880, 924, 1139, 1140, 1141, 1165, 1209, 1259, 1355
Albertus saxonius 1141
Albinus 526, 527, 533, 534
Aldhelm 141
Aldrovandi(-us) 194, 204, 205, 220, 264, 736, 753, 898, 902, 903, 1154
Aldus Manutius 47, 102
Aléchamps, d' 207, 208, 263, 889

Alembert, d' 468-472, 1267
Alexander de Grote 45, 66, 85
Alexander de Tweede, zie Monro
Alexander van Myndus 113
Alexander van Tralles (Trallianus) 118, 355, 1135
Alfons VI 140
Alhasan ibn Mohammed Alwazzan Alfâsi, zie Africanus, Johan Leo
Alhazen 137, 356
Ali-ibn-al-Abbas 1135
Al-Jahiz 131, 132
Alkmaioon 20, 53, 116, 223, 332, 595, 596, 706, 1088, 1098
Alpino 211, 651
Alston 670, 932
Alton, d' 792
Alypius 1129
Ambrosius 123
Amici 671, 672, 790
Ammann 906
Amyntas II 45
Anaxagoras 25, 28, 29, 124, 227, 332, 333, 595, 599, 607-612, 706, 759, 761, 815, 1090, 1095, 1200, 1203, 1258, 1357
Anaximandros 14, 15, 53, 65, 331, 1201, 1203, 1249, 1258
Anaximenes 16, 53, 331, 1087
Andernach 206, 245, 247
Andernacus Guintherus (Quinterius), zie Andernach
Anderson 183
Andrea Amodio 168
Andreae 288, 320
Andreas 81
Andromachos 87, 90
Andronikos 47, 67
Andry de Boisregard 651, 765, 767, 1213
Anguillara 201
Anicius Olybrius 87
Anne 302
Anselmus 124
Antonius, zie Castor
Antonius Musa 877
Apellikoon 47
Apollodoros 82
Ap(p)olonius van Tyana 114, 1126, 1207
Apuleius, Lucius 115
Apuleius, Pseudo-, zie Pseudo-Apuleius
Apuleius madaurensis 115
Apuleius platonicus 115, 877
Arantius 736
Aranzi(o) 256, 736
Arber, A. 6, 180, 198, 202, 209, 210, 217, 372, 817, 820, 826, 827, 842, 853, 1198, 1322
Arber, E.A.N. 1064, 1072, 1073
Archagathos 235
Archimedes 1124
Archytas 1165
Arcy (Wentworth) Thompson, d' 723, 820
Argenson, d' 970
Aristarchos 253
Aristoteles 12, 44-77, 98, 175, 196, 223-233, 254, 261, 263, 266, 275, 277, 278, 283, 296, 330, 333, 335-343, 349, 356, 357, 364, 367, 396, 419, 438, 443, 456, 460, 481, 485-488, 531, 541, 552, 571, 577, 593, 598-607, 611, 613, 614, 619, 622, 623, 625, 650, 673, 674, 706, 707, 711-723, 725-727, 729-731, 733-736, 739, 743, 747-749, 751, 752, 757, 759, 760, 776, 795, 806, 813-815, 817, 818, 820, 822-824, 833, 837, 840, 851, 861, 862, 866, 869, 870-877, 923-927, 961, 1022, 1065, 1078, 1081-1087, 1102-1110, 1118-1135, 1139, 1148-1155, 1171, 1174, 1197, 1200, 1212, 1222, 1249, 1281, 1314, 1357-1360
Aristoxenos 1110
Arkesilaos 1112
Armato, d' 294
Arnaldus 141
Arnauld 1168
Arnobius 1193
Arnold 1048
Aromatari 272
Arouet 463
Arrhenius 1202
Arrianos Alexandrinos 85
Arrianos van Nikomedia 85
Artaxerxes 339

Ascherson 1051
Aselli 269, 276, 328
Asklepiades Farmakioon 345
Asklepiades van Pruse 85, 344, 345, 351, 707, 1112
Asper 192
Assyriërs 8
Astruc 503, 646
Athanasius, zie Kircher
Athenagoras 1119, 1120
Athenaios 81, 83
Aubriet 950, 997
Audoin 849
Auerbach 680
Augustinus 38, 80, 117, 123-126, 129, 133, 151, 172, 175, 357, 456, 607-614, 616, 758, 761, 768, 1094, 1107, 1125, 1128-1130, 1132, 1134, 1139, 1140, 1156, 1158, 1168, 1170, 1189-1191, 1201, 1208, 1211, 1221, 1355, 1359
Augustus 89
Aulus Gellius 620, 1165
A(u)rantius, zie Aranzi(o)
Averroës 138, 139, 172, 177, 1125, 1137
Avicenna 55, 136, 137, 707, 731, 742, 1136, 1137, 1193, 1249, 1251
Azzolino 239

Bach 311
Bachmann 907
Backer 212, 1015
Bacon, Francis 279, 280, 285, 288, 456, 457, 746, 883, 1120, 1135, 1163, 1164, 1353, 1359
Bacon, Roger 174-176, 280, 294, 360, 390, 457, 960, 974, 975
Baeck 947
Baglivi 427, 428, 433, 542, 543, 547, 1213
Baïsse, de la 504
Baker 542, 552, 556, 561, 1189
Balard 1229
Balbiani 686
Balfour 801
Balss 882
Balz 1175
Banks 503, 931, 958, 1014, 1016, 1026
Barbaro 102
Barbosa, Duarte 211
Barkley 1079
Bar-Nun 1241
Barrelier 906
Barthez 566, 567
Bartholin, Caspar 322, 604, 641
Bartholin, T. 238, 305, 322, 371
Bartholomaeus Anglicus 179, 1209
Bartholomeus Ambrosinus 902
Bary, de 979, 983, 1003, 1009, 1079
Basileios 118, 119, 121-123, 731, 1111, 1130, 1190, 1214
Basilius Valentinus 424, 447, 642
Baster 767
Bastian 1236, 1237
Bates 1299
Batsch 834, 1033, 1034
Battara 998
Bauer, F. 558, 1031
Bauer, Georg 1085, 1251
Bauhin, C. (Gaspard, Kasper) 737, 890-892, 929, 987
Bauhin, J. 890, 905, 996
Baumann 636
Bausch 319
Bayen 444
Bayle 1122, 1169, 1173
Bazin 631
Beale 438
Beaumont, de 1271
Béchamp 1232, 1240
Becher 438, 444, 1211, 1212
Beck 1048
Becker 951
Beer, de 813
Beguin 1176
Behringer 1255
Beijerinck 699, 976, 980, 981, 1354
Belder 657
Bell 348
Bellaert 179
Belon 199, 205, 206, 259-262, 733, 840, 894, 895, 896, 898
Benecke 685
Beneden, E. van 686
Beneden, P.J. van 684-687, 691

Benedetti 733, 1266
Benedictus 127, 140
Bennett 1237
Bentham 1030, 1031, 1067, 1069, 1070, 1074, 1075
Berengario, zie Carpi, da
Berg, van den 116, 153, 238, 239, 252, 270, 277, 388, 434, 573, 1184, 1300
Bergey 982
Bergius 1015
Bergmann 804
Bergson 390, 1094
Berkeley 461, 993
Bernal 1242
Bernard, Claude 256, 338, 571-575, 589, 1229, 1328
Bernard, C.J. 560
Bernhard 1274
Bernhardi 511, 665
Bernhardt 558
Bernoulli 547
Bertalanffy, von 1094
Berthelot 455, 575, 980
Bertho(l)let 442
Bertrand 1274
Berzelius 540, 588, 1226
Bessey 1068, 1073, 1074
Bexon 969
Bichat 567-569, 572
Bidloo 310, 525
Bielschowsky 1041
Binney 1277
Bischoff 667, 800
Bitaud 158
Black 444, 445, 449, 451, 452
Blaes 305, 322
Blagden 446, 448
Blainville, Ducrotay de 569, 570, 647, 833, 1270
Blair 525, 669
Blegny, de 376
Bliemetzrieder 153
Bloch 1223, 1224
Blond, le 1109
Blumenbach 536, 578-581, 647, 831, 1333
Blunt 906, 930, 937, 939
Bobart 402, 910
Bobart jr 905, 910
Boccone 907, 997
Bock 184, 993
Bodaeus a Stapel, E. 74
Bodaeus a Stapel, J. 74
Bodenheimer 84, 129, 131, 188, 365, 397
Boë, de la 245, 305, 307, 377, 378, 426, 1176
Boehme 311
Boerhaave 237, 311, 422, 423, 425, 427-429, 431, 433, 435, 447, 474, 544, 754, 891, 931, 932, 936, 940, 1011, 1176, 1177
Boëthius 151, 817, 945
Boissier de (la Croix) Sauvages 565, 933
Bombarde, De 954
Bonanni 1214
Bonifacius VIII 239
Bonnet 496, 549, 550, 630, 775-779, 796, 807, 921, 922, 926, 927, 1022, 1219
Bonnier 664, 1010
Bontius 304
Bordeu, de 469, 470, 471, 545-547, 565, 566, 1267
Borelli 265, 287, 344, 390-394, 426, 427
Bornet 989, 990, 1010
Bory de Saint-Vincent 648, 986
Botero 1296
Botnariuc 538
Bougeant 1172
Bou(i)llier 1172
Bourdier 774, 965
Boureau 1272
Bourignon, de 311
Boussingault 981
Boveri 687, 688, 808, 809
Bower 861
Boyle 271, 282, 283, 288, 301, 308, 437, 444, 492, 576, 577, 613, 615, 757, 758, 1163, 1176, 1195
Bradley 669
Braun 557, 856, 857, 988, 1051, 1052
Bredfeld 983
Brehm 1039, 1337
Bremekamp 204, 940, 946, 1036
Bremer 654

Bremser 1224
Brisson 626
Brock 349
Broecke, ten 211, 626
Brongniart, A. 672, 858, 1029, 1031, 1032, 1044, 1050, 1051, 1267, 1271
Brongniart, A.T. 1271
Brook 110
Brosse, de la 216, 906
Broussais 549
Brown 558, 657, 660, 663, 671, 672, 1027, 1029, 1031
Brown-Séquard 1349
Bruggen, van 1305
Brunet 640
Brunfels 182, 183
Brunner 378
Bruno 1266
Buch, von 676, 1276
Buchholz 834
Buffon 31, 98, 422, 473, 482, 495, 529, 530, 535, 536, 554, 580, 616-618, 633, 637, 641, 644, 647, 771-776, 818, 831, 913, 926, 961, 962, 964-969, 971-973, 975, 1215, 1217, 1238, 1256, 1260, 1262-1264, 1266, 1267, 1279, 1282, 1295
Buffonet 970
Bulliard 998
Burdach 510, 793
Burdon-Sanderson 1237
Burman, F. 1011
Burman, J. 430, 931, 1011, 1012
Burman, N.L. 1012
Burman, P. 1011
Burnet 1287
Burnett, zie Monboddo
Burrill 979
Burser 929
Bütschli 680, 991, 1350
Büttner 834
Buxbaum 1005

Cabanis 1215, 1283
Caesalpinus, zie Cesalpino
Cagniard de la Tour 589, 1226, 1227
Cain 937
Caius Valgius Rufus 877
Calixtus II 172
Calvijn 26, 258, 259
Calvin 1245
Camerarius, Joachim 189
Camerarius, Rudolf Jacob 396, 397, 399-402, 650, 651, 656, 658, 669
Cammermeister, Joachim, zie Camerarius
Campani 294
Campbell 1323
Camper, A.G. 536
Camper, P. 303, 310, 527, 532, 534-536, 580, 818, 831, 832, 948
Canano 249
Candolle A.L.P.P. de 1028
Candolle, A.P. de 489, 517, 518, 520, 818, 852, 853, 855, 977, 1007, 1050, 1067, 1070, 1074, 1271
Candolle, C. de 852, 1029
Canguilhem 388, 547, 548
Capra 1133
Cardan(-o, -us) 733, 1252
Carolus Stephanus, zie Estienne
Carpenter 1233, 1235
Carpi, da 238, 243, 244
Carradori 518
Carrichter 218
Carus 167, 320, 883, 896, 898, 902, 904, 908, 1038, 1225
Casserio 253, 268, 269
Cassirer 472
Castor 877, 878
Cat, le 548
Catharina II 467, 539, 968, 970
Cato, Marcus 235, 505, 621
Cavendish 444-446, 448, 455
Caventou 563
Celsius 933
Celsus 80, 93, 95, 233, 428, 1124
Cerf, du 645
Cesalpino 70, 203, 204, 220, 272, 362-364, 369, 487, 488, 625, 665, 721, 790, 824, 826-829, 856, 884, 887, 888, 911, 913, 938, 949, 956, 1020, 1154
Cesi 286, 296
Chabraeus 890

Chadefaud 1003, 1045, 1047
Chalcidius 44
Chamberlain 1045
Chambers 467, 1298, 1300
Charpentier 1326
Chateaubriand 1256
Châtelet, du 465
Chauliac, Gui de 262
Chaurion 986
Cherlier 890
Cheselden 526
Cheyne 1212
Child 813, 1235
Christiaan IV 322
Christina van Zweden 281, 391
Chrysippos van Knidos 110, 1130
Chrysippos van Tarsus 83
Chrysostomus 1130
Chunrad von Maidenberg, zie Megenberg
Cibo 220
Cicero 47, 225, 363, 506, 646, 1116
Cienkowski, von 983
Ciferri 1003
Cisternay du Fay 968
Clarapède 991
Clauberg 1169
Claudius 82, 1011
Claus 1334
Clemens IV 174
Clemens VIII 203, 240, 362
Clemens XI 258
Clemens van Alexandrië 1190
Clerc, D. en J. le 1191
Clifford 653, 931, 938, 939
Cloquet 649
Clos 858
Clusius 196, 198-200, 206, 210, 213, 263, 908
Cobbold 672
Coffinhal 443
Cohn 668, 978-980, 990, 991, 1053, 1231
Coiter 258, 264-266, 329, 397, 718, 733, 735-737, 742, 753, 832, 897, 898, 900, 901, 904, 910, 934, 1020
Colbert 292
Cole 236, 273, 640, 644, 752
Collins 461, 525
Colombo 80, 203, 254-256, 259, 365
Colonna 202, 203, 286, 908, 1252
Columbus, zie Colombo
Columbo(-us), zie Colombo
Columella 92, 707
Columna, zie Colonna
Commelin, C. 1011
Commelin, J. 1011
Commerson 955
Commodus 105, 106, 112
Comte 570
Condillac, de 442, 472, 473, 972, 1195, 1266
Conklin 812, 813
Constantinus Africanus 143, 144, 1135
Cope 1342, 1344
Copeland 1079
Copernicus 252, 278, 1158
Copho 237
Copleston 1123
Corda 1003, 1274
Cordus, Euritius 188
Cordus, Valerius 187-190, 259
Corner 1077
Corrêa de Serra 852, 853
Correns 990, 1354
Corti 520, 554, 557, 685
Costa ben Luca 133, 134, 160, 355, 1135
Coste 558, 794
Cotta, B. 1274
Cotta, H. 1274
Cowper 310, 525
Coyne 1242
Cratevas, zie Krateuas
Crick 1133, 1202
Crisp 1311
Crombie 104, 125, 153
Cromwell 276
Cronquist 1077
Crow 1042
Cruikshank 501, 794
Cryfftz, zie Cusanus
Cudworth 1185
Cullen 549
Culpeper 294
Curio 259

Cusanus 215, 280, 360, 456, 480, 487, 492, 1143, 1144, 1266
Cuvier 58, 60, 115, 529, 539, 570, 788, 797, 818, 819, 843, 844, 846-849, 853, 965, 1018, 1022, 1225, 1228, 1252, 1255, 1267-1269, 1273, 1280, 1284, 1285, 1290, 1326, 1327, 1332, 1336
Cyrillus 118

Dahlberg 828
Dalcq 813
Dalechamp, zie Aléchamps, d'
Dalem(n)patius 764, 765
Damascenus 1259
Damis 1207
Damokrates, zie Demokrates
Dangeard 980
Dante (Alighieri) 613, 1107, 1132, 1139, 1142, 1145, 1148, 1151, 1162
Darmanson 1170
Darwin, Ch. 22, 26, 27, 40, 458, 479, 533, 584, 594, 595, 637, 655, 659, 660, 662-664, 675-678, 681, 683, 695, 697, 702, 786, 793, 796, 799, 800-803, 810, 818, 819, 851, 866, 869, 922, 926-928, 949, 960, 971, 978, 1020-1022, 1031, 1053, 1055, 1067, 1073, 1116, 1194, 1215, 1220, 1222, 1230, 1232, 1234, 1235, 1242, 1257, 1258, 1265, 1273, 1282, 1286, 1289, 1291, 1292, 1295, 1297, 1298, 1300, 1301, 1305-1316, 1318-1322, 1324, 1325, 1328, 1332, 1339, 1341, 1342-1344, 1346, 1347, 1350, 1352, 1354, 1359
Darwin, Erasmus 440, 550, 582, 1292, 1294, 1296
Daubenton 472, 529, 530, 958, 964, 968, 969, 1279, 1282
Daudin 954
Davaine 979
Davis 1056
Dawson 1043
Decaisne 986, 988, 989
Dedu 491
Delage 687
Delaunay 84, 118, 219
Delessert 894
Della Porta 982, 993
Delpino 662, 664
Demidow, Procopius 539
Demokrates 89, 90
Demokritos 30, 31, 52, 61, 85, 108, 151, 172, 223, 277, 335, 345, 356, 594, 595, 608, 706, 707, 715, 716, 720, 744, 759, 872, 1090, 1093, 1104, 1113, 1118, 1155, 1204, 1355
Demonstratus 1249
Derbès 988
Derham 1191, 1212
Desault 567
Descartes 278, 281-284, 292, 303, 344, 347, 356, 378, 384-386, 387, 388-390, 418, 422, 426, 456, 461, 515, 518, 541, 542, 577, 609, 613, 615, 618, 628, 746, 754-758, 781, 859, 875, 968, 1088, 1109, 1119, 1122, 1123, 1135, 1157, 1159, 1164-1168, 1170, 1173, 1192, 1194, 1211, 1261, 1320, 1351, 1353, 1359
Descurain 497
Desfontaines 957, 1006, 1028, 1279
Desmoulins 889
De Toni 884
Deusing 730
Devic 131
Diana 635
Dickerson 1246, 1248
Diderot 390, 422, 461, 466-472, 478, 548, 549, 850, 862, 968, 996, 1194, 1196, 1197, 1214, 1215, 1217, 1266
Diederici 134
Diels-Kranz 27, 28
Dietrich 834, 1034
Digby, Kenelm 745-747, 1169
Dikaiarchos 1110, 1124
Dillen(ius) 916, 932, 943, 996, 1005, 1008
Dillwyn 985
Diodorus Siculus 1207
Diogenes Laërtios 20
Diogenes van Apollonia 21, 332, 594, 596, 597, 706, 1204
Diokles 68, 81, 541, 708, 711, 712, 727, 728
Dionis 649

Dionysios 87
Dioskorides 86, 87, 101, 102, 182, 187, 197, 207, 877, 1004
Divini 294
Dixon 493
Dobson 343
Dodart 326, 491, 503
Dodoens, zie Dodonaeus
Dodonaeus 196, 197, 209, 210, 216
Dolland 511
Döllinger 792, 793
Dollo 1055, 1056
Dombey 478, 958
Dombrowski 982
Domitianus 1142
Donati 927, 984
Doody 1005
Dorstenius 189
Drebbel 294
Drelincourt 423
Driesch 584-586, 809-812, 1094
Drude 1054
Dryander 245, 1016, 1078
Dubois, zie Sylvius
Duchesneau 1178
Duclaux 1232
Duclos 326
Ducrotay, zie Blainville
Dugardin 649
Dugès 849, 850
Duhamel du Monceau 495-497, 506
Dühring 1325
Dujardin 537, 991
Dumas 648, 680, 793, 794
Dumortier 557
Durante 202
Dürer 182, 192, 243, 883, 892
Dutrochet 506-509, 514, 515, 517
Duverney 311, 327, 428, 528

Ebers 8
Ecluse, Charles de l', zie Clusius
Egenolff 189, 196, 207
Ehrenberg 558, 977, 978, 991, 1225, 1227, 1228, 1297
Ehret 938, 939, 1012, 1029
Ehrhart 1014, 1018
Eichler 858, 1052, 1053, 1056
Eichmann, Johann, zie Dryander
Eimer 1344, 1346
Einarson 487
Elizabeth I 279
Elfving 1010
Ellis 984, 989, 995
El-Nafis 131, 365
El-Razi 131, 132, 355, 1135
Emberger 1047
Empedokles 24, 25, 27, 31, 34, 52, 53, 78, 124, 281, 333, 594, 598, 599, 602, 609, 618, 637, 655, 706-708, 713, 821, 827, 1050, 1089, 1090, 1101, 1103, 1118, 1128, 1155, 1159, 1179, 1203, 1204, 1208, 1250, 1256, 1258, 1357, 1358
Endlicher 977, 1019, 1029, 1030, 1051
Engels 1240, 1325
Engler 854, 1019, 1030, 1032, 1046, 1053, 1054, 1056-1060, 1075
Ent 276, 291
Epikoeros 31, 91, 108, 615, 706, 1113, 1157, 1172, 1204, 1205, 1355
Epikrates 37
Erasistratos 79, 80, 233, 238, 327, 343, 344, 346, 369, 370, 384, 541, 542, 728, 879, 1112
Erasmus 198, 245, 372
Eratosthenes 79, 124
Eriguena 881
Ernout 98
Espinasse, de l' 469-471, 1267
Estienne 245, 249, 265
Ettinghausen, von 1277, 1344
Euritas 18
Eustac(c)hio, Bartolomeo, zie Eustachius
Eustachius 256, 258
Eva 707, 760, 762, 763, 768, 772, 1243, 1255, 1287
Everaert 189
Everaerts 730
Eyal-Keladi 783

Faber 287
Fabianus, zie Papirius Fabianus
Fabre 858

Fabricius (Fabricio) 64, 265-267, 269, 270, 309, 380, 535, 722, 737-741, 748, 753, 947, 1154
Faenias, zie Fanias
Fägerlind 1045
Fagon 950, 952
Falkenberg 989
Fal(l)op(p)io, Gabriel(l)e, zie Fallopius
Fallopius 254, 256, 265, 736, 897, 898, 901, 1251
Fanias 67, 81
Farley 1223, 1231, 1238
Farmer 686
Faujas de Saint-Fond 970, 1269
Favorinus 620, 621, 1165
Favre-Duchartre 1047
Febvre 43, 195
Fée 92
Ferber 829, 830
Ferdinand, Keizer 201, 212, 218
Ferekrates 1110
Ferekydes van Syros 1087
Fernandez, zie Hernandez Francisco
Fernel 389, 734, 1139, 1145, 1146, 1148, 1149, 1151, 1355
Feuerbach 1198, 1353
Feyens 743, 744, 1159
Fibonacci 856, 857, 859
Fichte 1351, 1352
Ficino 743, 1184
Fienus, zie Feyens
Figulus, zie Publius Nigidius Figulus
Filinos 94
Filippi 399
Filippos van Macedonië 45
Filolaos 17, 596, 1089
Filosoof 598
Firmianus Lactantius 731
Fisalogus 165
Fischer 1241
FitzRoy 1303, 1304
Flahault 990
Flamm 1248
Flavius Arrianus, zie Arrianos van Nikomedia
Flavius Philostratus 114
Flemming 683-686, 691
Florin 1048
Flourens 516, 1230, 1328
Focke 696, 1354
Fokylides 593
Fol 682
Folsome 1241, 1247
Fond, Sigaud de la 449
Fontana 498, 550
Fontanelle 1266
Fontenelle, Bouvier de 1171, 1256
Forge, de la 1168
Foster 255, 259, 267, 298, 327, 363, 376, 380, 382
Fotios 1111
Fourcroy 442, 587, 1279
Fox 1243
Fracastoro 1251
Frank 981
Frankenau 328
Franklin 499
Frans I 124
Fraunhofer, von 511
Frederik I 634
Frederik (II) de Grote 142, 155-157, 162, 262, 465, 473, 474, 491, 553, 636, 654, 732, 879, 1020, 1107, 1139, 1148
Frederik Willem I 537
Frenzel 994
Freytag 1156
Fries, E.M. 948, 983, 1001, 1003, 1007
Fries, N.Th.E. 1001
Fries, R.E. 1001
Fries, Th.M. 1001
Froben 196
Fuchs 184-187, 193, 827, 975
Fülmauer 185

Gaertner, J. 790, 1025, 1026
Gaertner, K.F. 659
Gaia 642
Galenus 25, 87, 103, 104, 107-111, 176, 233, 235-238, 244, 246, 249, 252, 253, 255, 267, 271, 327, 330, 335, 345-354, 364, 440, 706, 728-731, 733, 743, 747, 748, 898, 1120-1123, 1126, 1128, 1135, 1137, 1148, 1149, 1153, 1355
Galilei(-o) 40, 271, 277-279, 281, 286,

385, 456, 610, 1139, 1158
Gall 540
Galton 698, 1292
Galvani 433
Garance, zie Reneaulme
Garcia 200, 211
Garden 644, 764
Gardinius 649
Garmann 324
Gassendi 615, 1116, 1155, 1157, 1158, 1162, 1211
Gaston de Bourbon 904
Gaub(ius) 429, 430, 431
Gaudichaud-Beaupré 555
Gaudry 846
Gautier d'Agoty 765, 770
Gay Lussac 588, 589
Gaza, Theodorus 74
Geer, de 633
Gegenbaur 1329, 1331
Genet-Varcin 775
Geoffroy, zie Saint-Hilaire
Gerard(e) 209, 210
Gerbert 130
Gerhard 140
Gesner 85, 191-193, 194, 212, 245, 304, 641, 882, 885, 896, 902
Geurts 595
Ghini 202, 203, 208, 220, 884, 902
Ghiselin 1340
Giard 796, 1349
Gilbert, William 278
Gilbert (van Engeland) 1138
Gilg 1057
Gilibert 894
Gilles (Gyllius) 205, 206, 895
Gilson 747
Giltsch 1330
Ginnani 984
Giovanni 998
Girardin, de 478
Girou de Buzareinges 849
Giseke 927, 947, 1012, 1038
Glaissner 1245
Gleditsch 654, 995, 999, 1018
Gleichen-Russwurm, von 647, 834
Glisson 393, 394, 542
Gmelin 588, 984, 987
Godeheu de Riville 632
Godron 673, 858
Goebel, von 666, 860, 861, 1041
Goedart 994
Goeppert 1274
Goethe 485, 818, 830-845, 848, 851-853, 855, 933, 1034, 1038-1041, 1273, 1329, 1351
Goette 798, 799
Gollancz 153
Gomont 990
Gordon 262
Gorozankin 684
Gorter, David de 931
Gorter, Johan de 931
Gould 1304
Goulian 1244
Gouye 528
Graaf, de 305, 307, 316, 378-380, 533, 762, 764, 770, 794
Gråberg 654
Gram 980
Grant 1303
Gravensande, 's- 462
Gray, Asa 1313, 1316, 1325, 1326, 1340
Gray, J.E. 1007
Gray, S.F. 1007
Grew 296, 298-301, 316, 401, 402, 488, 510, 523, 542, 548, 550, 552, 600, 640, 650, 763, 827, 828, 841, 1191
Griffith 1029
Gronovius 206, 534, 931, 938
Grufberg 916
Gruithuisen, von 647
Grummann 1004
Grünow 987
Gualterus 219
Guer 1175, 1197
Guéneau de Montbeillard 969
Guericke, van 437
Guettard 496, 497, 633
Guignard 686, 689, 691
Guiseppe degli Aromatari 762
Guthrie 12
Guy de la Brosse 438
Guyénot 273, 656

Haartman 654
Haberling 725
Haeckel 521, 584, 680, 787, 796, 801, 802, 806, 810, 850, 1079, 1094, 1220, 1235, 1328-1330, 1332-1334, 1336
Hagerup 1045
Hahn 1202
Haldane 1239, 1241, 1243, 1246, 1247
Hales 395, 444-446, 491-494
Hall 550, 752, 757, 778, 1148, 1150, 1153, 1164, 1178, 1194
Haller, von 301, 328, 429-437, 503, 548, 549, 554, 641, 646, 765, 770-772, 774, 776, 777, 780, 783, 794, 960, 999, 1005, 1130, 1183, 1257
Hallier, E. 1070
Hallier, J.G. 854, 1045, 1070, 1072-1075
Ham 316, 640, 641
Hammen, von 641
Hammett 867
Hamy 206
Hanno 83
Haroen-al-Rasjid 47
Harris 1048
Harrison 813
Hartmann 319
Hartsoe(c)ker 294, 617, 640, 641, 764, 766, 1185, 1186
Harvey, W. 56, 259, 269-276, 280, 286, 295, 296, 298, 307, 309, 314, 316, 324, 327, 341, 347, 365, 367-371, 614, 706, 727, 731, 732, 737, 738, 741, 744, 746, 748-752, 754, 831, 989, 1153, 1159-1161, 1210-1212, 1222, 1228
Harvey, W.H. 989
Haskins 156
Hassenfratz 450, 521
Hauptfleisch 989
Haüy 844
Hayata 1037, 1040, 1041
Haydn, Hiram 1152
Hedwig 790, 1018
Heer 1276
Hegel 22, 842, 1256, 1352
Heider 802
Heister 932
Hekscher 306
Heller 948
Helmholtz, (von) 1233, 1347
Helmont, van 245, 372-376, 424, 426 438, 451, 452, 487, 615, 743, 1156, 1162, 1163, 1176, 1210
Helvetius 1215
Henfrey 672
Henking 689
Henri II 206
Henschel 840
Hensen 992
Henshaw 510
Henslow 1303, 1304
Herakleitos 21, 22, 51, 53, 332, 486, 1088, 1089, 1103, 1137, 1351, 1352, 1357
Heraklides 88
Herbert 658, 676
Herbst 585
Herder 784, 785, 833, 835, 1225
Héritier de Brutelle, l' 958
Hermann 905, 940, 950
Hermeias 45
Hernandez, Francisco 213, 889
Hernandez d'Oviedo y Baldy 213, 287
Hero 151
Herodotos 84, 85, 230, 339, 623, 1249
Herofilos 79, 81, 95, 233, 238, 343, 728, 1112, 1124
Herpyllis 45
Hertwig, O. 584, 682-685, 687, 802, 807, 808
Hertwig, R. 802, 805
Hesiodos 10, 11
Hesse 980
Heurck, van 987
Heuser 686
Heuvelmans 194
Heywood 1056
Hhonian 131
Highmore 613, 614, 616, 706
Hildebrand 663
Hildegard 144, 146, 147, 148, 341, 732, 1138, 1209
Hill, John 647, 946
Hippocratici 687, 1091, 1149
Hippokrates 32, 33-35, 53, 62, 103, 147,

234, 331, 334, 346, 350, 351, 363, 595, 610, 640, 641, 706, 707, 710, 714, 721, 722, 744
Hippolytos 116
Hipponax 705, 744
Hippoon 594, 595, 706, 1090
Hirase 668
Hire, de la 489, 503
His 804, 805, 807, 1334
Hobbes 457, 458, 459
Hoff, von 1273
Hoffmann 371, 575, 576, 578, 1123, 1177, 1179, 1181
Hoffmannsegg, von 512
Hofmeister 559, 666-668, 673, 678, 698, 790, 859, 861, 1062
Holbach, d' 473, 1215
Homberg 629
Home 528, 648, 745
Homeros 10, 11, 50, 593, 621, 868
Hooke 289-291, 298, 299, 316, 317, 380, 381, 444, 550, 551, 641, 816, 994, 1078, 1253
Hooker, J.D. 1047, 1067, 1069, 1070, 1074, 1075, 1234, 1299, 1301, 1322
Hooker, W.J. 1007, 1067
Hooykaas 171, 172, 230, 231, 282, 284
Hoppe-Seyler 805
Horkel 524, 790
Horne, van 305, 307, 324, 327, 762
Hort 875
Hortensius 649
Hotton 319, 396, 488
Hoyle 107, 1202, 1203
Hrabanus 143
Huber 1315
Hue 1009
Hueppe 979
Humboldt, von 977, 1018, 1019
Hume 461, 478, 483, 972, 1294, 1295
Hunger 117
Hunt 959
Hunter, J. 329, 527, 1294
Hunter, W. 526, 527, 534, 794
Husserl 390
Hutchinson 854, 1071, 1074-1077
Hutton 1031, 1289, 1290
Huxley, J.S. 699, 813, 833, 1235, 1313, 1322, 1323
Huxley, Th.H. 565, 1220, 1292, 1332
Huygens 282, 456, 462, 640, 641, 1185

Ibn-al-Haytham, zie Alhazen
Ibn-al-Nafis (al-Qurasi) 259, 272, 356, 879
Ibn-al-Quff 879
Ibn-al-Baithar 139, 140
Ibn Washijah 131, 132
Ikeno 668
Illiger 1295
Imperato Ferrante 290
Ingen Housz 439, 497-500, 1221
Irmisch 858
Isidoor 128
Isingrin 185, 196
Isnard 1235
Israeli, Isaac 1135
Iterson, van 852
Ivanowski 976

Jacob, François 575, 631, 1340
Jacob van Maerlant 164
Jacobs 974
Jacobsen 322
Jacobus a Voragine 167
Jäger 1337
Jahia ibn al Batriq 47
Jahn 538, 682, 786, 1019, 1037, 1040
Jakob 607, 708, 745
James I 200, 273
James, R. 646
Jameson 1303
Janchen 1066
Jansen, Cornelis 1168
Janssen 294
Jeanne de Bourgogne 242
Jenkin, Fleeming 1317
Jeroen, zie Suminski
Jessen 7, 119, 134, 135, 215
Jeuken 1094
Job 146, 147, 322, 341
Johann Wonnecke von Caub 180, 181
Johannes de Doper 1191
Johannes Platearius 167

Johannes Scotus, zie Eriguena
Johannes van India 170
Johannes von Cuba, zie Johann Wonnecke von Caub
Johannitius 131
Johannsen 702
Jolive 327
Joly 1229-1231
Jones 233
Jordanus Catalanus 171
Julia Domna 114
Juliana Anicia 87
Julianus 118
Jung 320-322, 487, 488, 826, 827, 907, 911, 938, 1213
Jungius, zie Jung
Jussieu, Adrien de 958
Jussieu, Antoine de 627, 652, 906, 926, 952-954, 1279
Jussieu, Antoine-Laurent de 925, 954-958, 977, 988
Jussieu, Bernard de 670, 925, 926, 953-955, 958, 959, 1025
Jussieu, Christophe de 954
Jussieu, Joseph de 958
Justinianus 126, 130, 355

Kain 184
Kalkar, van 247, 250
Kalleïa 632
Kandel, David 184
Kant 29, 461, 480-486, 678, 694, 838, 850, 1135, 1182, 1224, 1266, 1351
Karel I 273, 276
Karel V 213, 254
Karel X 843
Karel de Grote 169
Karl August 831
Karneades 38
Katchalky 1242
Kaufman 1164
Kaulfusz 665
Kaup 1037
Kebes 1093, 1094, 1096, 1097
Kenelm Digby 706, 745
Kepler 382
Kerkring 324, 766
Keynes 919
Kidston 1043
Kielmeyer 550, 784
Kieser 786, 787
King 671
Kircher 398, 1211
Kirwan 445, 449
Kjellman 991
Klebs 859, 860, 991
Kleidemos 611
Klein 687
Kleinenberg 803, 804, 808
Knaut(h) 906, 940
Knight 503-506, 662, 663
Knop 490
Knuth 665
Koch 979
Koerber 1009
Kölliker, von 649
Kölreuter 654-659, 670, 671, 839
Konchlas 89
Kopf 131
Koriskos 604
Kornberg 1244
Korschelt 802
Kossowitz 980
Koutjahi, zie Quthami
Kovalevski, A.O. 799, 800, 1342
Kovalevski, V.O. 1342
Krafft 10, 27
Kramer 976
Krasan 1344
Krateas, zie Krateuas
Krateuas 85-87, 117
Kratylos 36
Krebs, zie Cusanus
Krempelhuber 1004
Ktesias van Knidos 85, 339
Kuhlemann 771, 794
Kühn 88, 103
Kühne 685
Kützing 589, 987, 989, 990
Kyber, David 184

Laban 607
Lacépède 844, 965
Lachmann 981, 991

Lam 1046, 1336
Lamarck, Cornélie 1280
Lamarck, J.B. 26, 49, 85, 473, 501, 510, 539, 595, 676, 702, 770, 788, 796, 797, 841, 844, 846, 849, 869, 927, 957, 958, 965, 970, 972, 1007, 1020, 1021, 1040, 1222, 1225, 1232, 1248, 1258, 1259, 1266, 1269, 1276, 1278-1282, 1284, 1285, 1290, 1291, 1295, 1303, 1326, 1327, 1341, 1342, 1354
Lamouroux 985, 986, 989
Lancisi 258, 994
Lang 1043
Langlys 794
Lankester 801, 802
Laplace, de 452, 481
Latreille 849
Launay, de 645
Laurencet 848
Lavater 831
Lavoisier 2, 441, 443, 445, 446, 448-455, 473, 494, 499, 1226, 1280
Lawrence 959
Leclerc 326
Lecocq 695
Ledermüller 765, 977, 1225
Leedale 1079, 1225, 1227
Leeuwenhoek, van 289, 290, 291, 294, 298, 302, 314-318, 370, 402, 488, 489, 527, 542, 554, 556, 557, 562, 629, 640, 641, 644, 645, 648, 764-767, 770, 775, 991, 1161, 1162, 1177, 1186, 1192, 1213, 1216, 1293, 1296
Legendre 1173
Leibniz 261, 417, 418, 421, 456, 460, 480, 617, 636, 638, 639, 758, 766, 775, 779, 780, 784, 842, 945, 1041, 1094, 1171, 1181, 1215, 1254, 1261, 1355
Lelarge de Lignac 633
Lémery 771
Lemonnier 954
Lenormand 990
Lenz 875
Leo I 139
Leo X 201, 210
Leonardo da Vinci 732, 733, 740, 883, 1144, 1145, 1151, 1166, 1250
Leophanes 707
Lepeshinskaja 1233, 1240, 1248
Le Rond d'Alembert, zie Alembert, d'
Lessers 645, 767, 1191
Leuckart 804
Leukippos 30, 345, 594
Leveillé 999, 1002
Lhuyd 1253
Libau 1176
Lichtenstein 1079
Lieberkühn 537, 641, 646
Liebig, von 587-591, 1226, 1227
Lightfoot 989
Lignac 774
Lignier 1045
Lind & Roofe 243
Lindau 1003
Lindberg 1030
Lindley 1030, 1031
Link 487, 512, 513, 838, 948, 1007, 1019
Linnaeus 54, 217, 321, 442, 475, 510, 511, 539, 580, 622, 633, 641, 646, 652-655, 658, 670, 818, 827-829, 834, 835, 838, 840, 842, 891, 893, 907, 912, 913, 916, 925, 927-931, 933, 934, 936, 938-949, 951, 953-956, 958-960, 962, 963, 966, 975, 976, 983, 984, 988, 989, 995, 999, 1000, 1006, 1011, 1012, 1014, 1015, 1017, 1020, 1024, 1025, 1027, 1033, 1036, 1081, 1293, 1294, 1296, 1344
Linnaeus filius 933, 948, 1015
Linocier 487
Linschoten, Jan Huyghen van 211, 626
Linskens 487
Lipstorp 644
Lisa, Sara 933
Lister 302, 318, 488, 645, 917, 918, 983, 1253
Littré, Alexis 293
Lloyd, zie Lhuyd
Lobelius, zie Obel, de l'
Locke 139, 420, 456, 458-463, 465, 481, 483, 490, 914, 924-926, 1082, 1096, 1171, 1193-1195, 1197, 1266
Lodewijk XI 164
Lodewijk XII 216

Lodewijk XIV 292, 326
Lodewijk XVI 566, 954
Lodewijk Filips 843
Lodewijk de Vrome 143
Loe, van der 196
Loeb, J. 687, 807, 808, 813, 1349
Loeb, L. 808
Loefling 1014, 1015
Loew 665
Löffler 978
Logan 670
Lonitzer 189
Lotsy 1042, 1045, 1046, 1070, 1072, 1073, 1075, 1270
Louis, P. 49, 92, 118, 180, 223, 228
Louvois 293
Lovejoy 922
Löwenstjern 1210
Lower 301, 380, 381, 437
Lucretius 31, 91, 345, 580, 727, 759, 760, 773, 1110, 1113-1116, 1120, 1157, 1172, 1193, 1204, 1205, 1355
Ludwig 545, 553, 907, 938, 940
Luidius, zie Lhuyd
Lundström 683
Luther 196, 277
Lütjeharms 995
Lyell 40, 120, 829, 1273, 1289-1291, 1301, 1304, 1322
Lyon(n)et 631, 645, 646, 767
Lysenko 1240
Lyte 197, 209

Maanen, van 581
MacCurdy 257
Macer Floridus 148
Macleay, A. 1035, 1037
Macleay, W.S. 1035, 1037
Macquer 449, 1177
Mägdefrau 493, 673, 679, 790, 859, 861, 890, 893, 1010, 1040, 1271, 1273-1275
Magelhaes 211
Magendie 571
Magentius Maurus, zie Hrabanus
Magnol, A. 950
Magnol, P. 505, 916, 940, 941, 949, 950, 952, 960, 996
Maillet, de 1260
Maître-Jan 645
Major, Johann Daniel 395, 488, 908
Malchos 1126
Mâle 356
Malebranche, (de) 389, 637, 758, 760, 763-765, 1119, 1130, 1169-1171, 1173
Malesherbes 973
Malpighi 33, 289, 291, 293-298, 308, 370, 390, 393, 396, 488, 489, 493, 494, 504, 511, 523, 550, 600, 665, 721, 763, 768, 790, 791, 827, 828, 838, 980, 994, 1183
Malthus 655, 1296, 1297, 1299, 1300, 1305
Manfred 157
Manfredi, Hieronymo 244
Mani 1131
Mantegna 243
Manuel, Keizer 170
Maranta 202
Marcellus Empiricus 127
Marchant 326, 925, 962, 982, 994
Marco Polo 170
Marcus Aurelius 105, 108, 112
Margaretha van Navarra 1148
Margulis 1080
Maria Theresia 497
Marie-Antoinette 531, 954
Marinos 233, 237
Marion 1044, 1045
Mariotte 292, 326, 395, 396, 489, 490
Markgraf 1045
Marshall-Ward 981
Marsigli (Marsilio) 925, 943, 994
Martens 919
Marti, de 656
Martinet 965
Martinus, von 561, 840, 1052
Martyr, Pedro 213
Marum, van 449, 1255
Marx 390, 1116, 1198, 1240, 1325, 1353
Massalongo 1009
Mattheus, zie Johannes Platearius
Mattheus Sylvaticus, zie Pandectarius

Mattioli 103, 193, 201, 209, 884, 987, 1251
Maupertuis 422, 632, 634-640, 645, 655, 658, 973, 1259
Maurepas 964
Maximiliaan 197, 218
Maximiliaan II 201
Mayer, A.F.T. 521
Mayer, J. 521
Mayer, R. 772
Mayow 289, 291, 381, 437, 444
McClung 689
McKormick 1303
McMurrich 362
Meckel 534, 554, 787-789, 800
Medici, Cosimo de 286, 390, 884
Medici, Cosimo III de 997
Medici, Ferdinand II de 287
Medici, Leopold de 287
Medicus 994
Megenberg 164, 179, 180
Melampos 1126
Melanchton 198, 212, 707
Mendel 63, 655, 658, 675, 677, 688, 694-697, 699, 1321, 1354
Menedesmos 37
Men(t)zel 319
Mentzius 768
Merrill 1012
Mersenne 291, 292, 761
Méry, de 293
Messer Millione, zie Marco Polo
Metrodorus 87
Metschnikow 800
Mettrie, la 473-477, 479, 536, 549, 634, 1186, 1192-1194, 1197
Meusnier 450
Meyboom 1124
Meyen 522-524, 672
Meyer, A.W. 274, 302, 704, 737, 752
Meyer, E.F.H. 88, 129, 133, 140, 214
Meyer, G.F.W. 1007
Meyer, J.F. 444
Meyranx 848
Michelangelo 243
Micheli 941, 997, 999, 1005
Michelotti 427
Miescher 688, 805
Migula 979, 988
Miller, Ph. 656, 670, 932
Miller, S.L. 1241, 1242
Millington 299
Milne Murray 987
Miquel 856
Mirbel, Brisseau de 554, 555, 558, 665, 672
Mithridates VI Eupatoor 87, 1249
Mivart 1318, 1323
Möbius 7, 91, 188, 207, 298, 299, 372, 491, 504, 505, 625, 672, 829, 983, 988, 1006, 1010, 1031
Mohammed 130, 355
Mohl, (von) 522, 523, 561, 562, 666, 790, 1028
Mohyi-el-din-el-Tatavi 356
Moldenhawer 513
Molinaeus 889
Möller 1010
Monardes 213
Monboddo 581
Mondeville, Henri de 262
Mondino de Luzza, zie Mundinus
Monge 444
Monnier, le 692
Monod 573, 677, 862, 1164, 1179, 1340
Monro 526, 527
Montaigne 214, 1133
Montesquieu, de 1259
Moore 686
Moquin-Tandon 849
Moraeus, S.E. 930
More, H. 767, 1185
More, Th. 288
Morgagni 768
Morgan 808
Morison 904, 906, 909, 940, 1004
Morland 669
Mornet 968
Moro 1256
Morowitz 1239
Morphus 110
Morton 877, 884, 911, 914, 919, 1029
Morveau, de 442
Moublet 1216

Moufet 192
Moutier, du 626, 630
Mozes 107, 119, 1169
Mucianus 98
Mueller-Argoviensis 1009
Mueller van Aargau 1009
Muffet, zie Moufet
Mulder 590
Mulkay 4, 5
Müller, F. 663, 1335
Müller, H. 663, 664
Müller, Jacob Theodor, zie Tabernaemontanus
Müller, Joh.P. 63, 64, 557, 685, 797, 798, 992, 1113, 1329, 1335
Müller, O.F. 977, 1227
Münchhausen, von 995
Mundinius 1167
Mundinus 203, 222, 240-243
Muralt 319
Murray 1016
Musa, zie Antonius Musa
Mussenbroek, van 310, 462
Musset 1229-1231
Mustel 519

Naber 219, 856
Nabielek 879
Naegeli, von 523, 563, 564, 584, 649, 680, 681, 697, 698, 790, 989, 1010, 1074, 1276
Nagy 1246
Napoleon 417, 539, 566, 569, 582, 844, 1223, 1280, 1284, 1352
Naudin 674-676, 858
Navashin 691, 692, 694
Nearchos 85
Neckam 164, 165
Necker, de 1078
Needham, J. 55, 145, 147, 271, 283, 295, 296, 358, 704, 726, 732, 746, 752, 772
Needham, J.Th. 644, 649, 1215, 1216, 1218, 1219, 1228
Needham, W. 302
Nees von (ab) Esenbeck 840, 1001, 1040, 1225
Nero 82, 87
Nestorius 129, 355, 1135
Nettesheim, Agrippa von 1184
Newton 27, 29, 283, 284, 418, 456, 461-463, 486, 494, 542, 567, 577, 618, 818, 829, 836, 931, 938, 966, 1139, 1194, 1222, 1234
Nicol 1272
Nicola di Conti 171
Nicolaas IV 262
Nicolaas V 74
Nicolas 959
Nicolaus Damascenus 131, 160, 168
Nicot, Jean 212
Nieuwentijt, B. 1191, 1192
Nienburg 1010
Nietzel 933
Niger 102, 103
Nikandros 82, 89, 102, 993
Niklas 1248
Nikolas van Kues, zie Cusanus
Nikomachos 45, 66
Nilson 1010
Nissen 32
Nitra 1068
Nitzsch 987
Noach 184, 865
Nollet 626
Nordenskiöld 484, 485, 494, 533, 553, 554, 788, 842, 1258
Notaris, de 1007
Nylander 1008, 1010

Obel, de l' 189, 196, 200, 210, 889
Occam, zie Willem van Ockham
Odo 148
Odorico de Pordenone 170, 171
Oken 556, 649, 785-788, 833, 851, 1030, 1034, 1036-1038, 1224, 1329
Olaus Magnus 194
Oliver 1278
Olivi 1250
O'Malley, Poynter & Russell 366
Onsager 1239
Oparin 107, 1239, 1242, 1244, 1246-1248
Oppenheimer 812, 813

Oppianos van Apamea 115
Oppianos van Silicië 114, 115, 895
Orbigny, d' 986, 1271
Orgel 1202, 1242
Oribasios 118, 355, 731
Origenes 1249
Ornstein 292
Oschatz 804
Overton 691
Owen 815, 819, 832, 845, 1323

Pa(a)uw 305, 306
Pacchioni 428
Packard 1346
Pagel 376
Paley 1192, 1296
Palisot de Beauvois 858
Palissy 1251
Pallas 537, 539
Paludanus, zie Broecke, ten
Pamfilos 83, 88
Pandectarius 181, 219, 884
Pander 783, 792, 795
Papin 437
Papirius Fabianus 877
Paracelsus 7, 65, 214-216, 218, 371-373, 423, 424, 438, 447, 646, 657, 1146, 1156, 1163, 1176, 1209, 1210
Paré 733
Parent 518
Parisano, zie Parisanus
Parisanus 275, 276, 371, 744, 753, 762
Parker 1190
Parkin 1064, 1072, 1073
Parkinson 904, 1004
Parmenides 23, 40, 53, 332, 334, 342, 344, 347, 480, 706, 869, 923, 936, 1098, 1203, 1338
Parson 1289
Pascal 474
Pasteels 813
Pasteur 107, 563, 589, 618, 1226, 1228, 1230, 1232, 1238, 1243
Patouillard 1003
Paulet 999
Paulus 934
Paulus III 278
Paulus van Aegina 118, 355
Paulze 443
Pausanias 20
Pavo, zie Pa(a)uw
Pearson 115, 1044
Peck 48, 49, 56, 340, 713, 722, 723, 870, 873
Pecquet 292, 305, 327, 328, 426, 1170
Pelletier 563
Pena 200
Penn 192
Pepin 98
Pereira, Gomez 1166
Perikles 28, 84, 594
Perrault, Cl. 291, 292, 325, 326, 395, 396, 489, 528, 613, 615, 616, 762, 964
Perrier 1235
Persoon 983, 1000
Peter I, de Grote 308, 1186
Petit 7, 59, 84, 98, 106, 131, 204, 875
Petit Thouars, Aubert du 1161
Petiver 1005
Petrarca 172
Petri 980
Petrus Gyllus, zie Gilles
Petrus Peregrinus 174, 176
Peyer 378
Peys(s)onnel 627, 925, 943
Philipp 1191
Philips II 213
Philips van Nassau 184
Philostratus 1207
Philymenos 115
Picco 1078
Pictorius 898
Picus 314
Piero Giacosa 183
Pierre de Maricourt, zie Petrus Peregrinus
Pigafetta 211
Pinel 567
Pinot 504
Piso 304
Pitcairn 393, 425, 426
Pius II 360
Pius V 1214
Pius XI 1140

Plantade, de 764
Plantijn 196
Platearius 181
Platonicus, zie Apuleius
Platoon 36, 38, 40, 41, 43-45, 49, 50, 76, 228, 230-232, 238, 334, 336, 340, 356, 456, 609, 610, 612-614, 706, 710-713, 720, 766, 773, 784, 815, 817, 823, 826, 833, 837, 840, 841, 869, 875, 881, 899, 919, 922, 923, 935, 936, 945, 946, 1036, 1081, 1088, 1093, 1098-1101, 1104, 1106, 1109, 1110, 1118-1120, 1122, 1124, 1130, 1139, 1146, 1167, 1200, 1258, 1262, 1279, 1294
Platt 723
Plat(t)er 245, 890, 1255
Plinius, Caius P. Caecilius Minor 96
Plinius, Caius P. Secundus Major 81, 87, 95, 97, 98, 101, 124, 148, 233, 235, 619, 621, 624, 625, 655, 725, 877, 878, 967, 984, 993, 1004, 1169, 1207, 1249, 1250
Ploetarchos 29, 993
Plotinos 612, 1126
Pluche 776
Plumier 1012, 1013
Plumstead 1048
Poiret 1279
Pokorny 1344
Polybos 334, 349, 596, 597, 708
Pompadour, de 465
Pompeius Trogus 877
Pons 889
Pontedera 650, 652, 940, 976
Popper 1, 1322
Porphyrius (Porfyrios) 185, 994, 1126, 1127, 1172
Porsch 1044
Porta, della 216, 286, 376
Portal 263
Pouchet 992, 1227, 1228, 1230, 1231
Prantl 1054, 1059
Praxagoras 343, 541-542
Prediker 471
Prester John 170
Prévost 648, 680, 793, 794
Priest 209, 210
Priestley 439, 440, 441, 443-446, 449, 451, 452, 455, 498, 1221
Primrose 370
Pringle 497
Pringsheim 679, 680, 991
Prochaska 783
Procope-Couteau 646
Prometheus 455
Pseudo-Apuleius 115, 117
Ptolemaeus 278
Ptolemaos II Filadelfos 47, 79, 727
Ptolemaos IV Filopater 81
Publius Nigidius Figulus 877
Puccini 997
Pulle 1059, 1060
Purkinje 560, 561, 672, 794, 795, 1225
Pylades 110
Pyrrhoon 459, 1111, 1135, 1355
Pyrrhus 106
Pythagoras 11, 17-19, 21, 22, 53, 75, 90, 331, 356, 596, 833, 901, 1087, 1106, 1110, 1198, 1200
Pythias 45

Quatrefages de Bréau 1229, 1328
Qostha ibn Luqâ, zie Costa ben Luca
Quillet, Claude 707
Quintus Serenus Sammonicus 877
Quthami 133

Rabanus, zie Hrabanus
Rabel 906
Rabelais 208, 263, 288, 741, 756, 898, 1166, 1250
Rabl 689
Rádl 192, 796, 848, 1266, 1332, 1334
Radlkofer 672, 673
Rafaël 231, 243
Raff 1164
Raimondo dei Luzzi, zie Mundinus
Raius zie Ray
Ramsbottom 995
Ramström 641
Ramusio 170, 210
Rathke 295, 797
Rauber 800

Raumer, von 1256
Rauwolf 210, 220
Ravelingen, van 196
Raven 919, 1082
Ray 289, 291, 303, 402, 490, 491, 801, 904, 905, 908-910, 912, 913, 915-919, 934, 940, 951, 954, 956, 960, 976, 996, 1005, 1020, 1081, 1191, 1212, 1259, 1288
Raymond 1190
Réaumur, De 533, 626-633, 658, 705, 769, 776, 777, 789, 792, 958, 968, 1187, 1189, 1216
Recchi 213
Redi 107, 268, 287, 295, 390, 397, 616, 617, 1213, 1224
Redouté 478, 497
Reess 1010
Regius 1169
Reichenbach H.G. 1039
Reichenbach H.G.L. 649, 1039, 1040
Reichert 803
Reil 581, 582
Reinke 585, 1010
Relham 1006
Remak 798
Renault 1272, 1274, 1278
Rendle 1059
Ren(e)aulme de la Garance 518, 906
Renner 493, 703
Retz(ius) 92, 1001
Rey 445
R(h)abanus, zie Hrabanus
Rhases, zie El-Razi
Rhazes, zie El-Razi
Rheede tot Drakenstein, van 883
Rhodion, zie Röszlin
Richard 802, 954, 988
Richardson 1288
Richer de Belleval 893
Rinio 168
Riocreux 989
Riolan jr 370, 741-743
Riolan sr 741, 742, 744
Rivinus 907, 916, 940, 951
Rivius 207
Robert, Nicolas 906
Robert van Sicilië 181, 219
Roberts 1238
Robespierre 443
Robin 904
Robinet 818
Robinson 917, 1202
Roesel von Rosenhof 769
Roger 456, 490, 495, 613, 616, 628, 640, 729, 741, 757, 1156, 1178, 1217
Romanes 1324
Rondelet 200, 204-206, 262, 263, 882, 893, 896, 902, 904
Rondibilis 263
Roos 995
Rosencreutz, Chr. 424
Rosenfield 1168, 1175, 1186
Rosenstadt 736
Rosen van Rosenstein 931
Ross 276, 872
Rostand 631, 1240, 1241
Röszlin 189
Roth 190, 207, 983-985
Rothman(n) 652, 929, 930
Rothschuh 387
Rothwell 1044
Rousseau 465, 471, 477-479, 834, 926, 998, 1264, 1279, 1296
Roux 798, 805-807, 809, 812
Royen, A. van 652, 931, 932, 1024, 1025
Royen, D. van 1025
Royer 1230
Rudbeck 310, 322, 327, 929, 930, 933
Rudbeck junior 929
Rudolphi 511, 512, 539-541, 666, 1224
Rueff 733
Ruellius (Jean de la Ruelle) 207, 1004
Ruf(f) 733
Rufinus 167, 168
Rufus 233, 877
Ruini 265
Rumphius (Rumpf) 305, 318, 319, 430, 657, 975, 1012
Ruof 733
Rupp(e) 940, 1005
Ruprecht 989
Ruse 1317

Russell 814, 815
Rutten 1243
Ruysch 306, 308, 309, 310, 426, 537, 538, 577, 1011
Ryff, zie Rivius

Sachs 395, 396, 504, 521, 852, 884, 948, 949, 990, 1053, 1278
Sageret 695
Saint Denis, de 101
Salomo 184
Saint-Hilaire, Geoffroy 308, 635, 645, 650, 788, 800, 833, 843-849, 855, 1225, 1280, 1329
Salviani 205, 257, 896
Sammonicus, zie Quintus Serenus Sammonicus
Sanger 1243
Santayana 55
Santorio 79, 382-384, 688
Santorius, zie Santorio
Saporta, de 1044, 1045, 1272
Sarrasin 529
Sars 797
Sarton 1, 2, 7, 236, 708, 793
Saussure, H.B. de 501
Saussure, N.T. de 501-503, 518
Savioz 776
Schacht 562, 563, 673
Schaeffer 998
Schaerer 1009
Scheele 439, 443, 444, 446
Schellhammer 907
Baer, von 308, 340, 649, 715, 783, 786, 792-796, 799, 1336
Schelling (,von) 784, 833, 838, 857, 986, 1037, 1224, 1336, 1351, 1352
Schelver 838, 839
Schenk 1277
Scheuchzer 1191, 1254, 1289
Schierbeek 832, 836, 844, 897, 898, 900
Schilling 995
Schimper 856, 857, 1051, 1277
Schlechtendal, von 1019
Schleicher 685
Schleiden 524, 558-560, 667, 672, 673, 677, 679, 790, 861, 1038
Schlotheim, von 1271, 1273
Schmitz 989
Schneider 685
Schopenhauer 1342
Schotten & Rihel 196
Schrader 794
Schreber (,von) 988, 1017
Schrön 192
Schultz-Schul(t)zenstein 513, 523
Schultze, C.A.S. 564
Schultze, M.J.S. 564
Schulz 147
Schuring 641
Schütt 987, 992
Schuyl 1169
Schwaegrichen 948
Schwann 559, 589, 794, 1225, 1226
Schweinfurth 220
Schweinitz, von 1001
Schwemmler 1247
Schwendener 852, 1009, 1010
Scot(t) 137, 155, 157, 158, 732, 1063, 1278
Scotus, Johannes, zie Eriguena
Scriboni(an)us Largus 82
Seba 931
Sedgwick 1303
Seguin 453-455
Seleukos Nikator 233
Semon 1350
Senebier 499-501, 519, 647
Seneca 6, 93, 149, 761, 934, 1150
Senn 21, 992
Sennert, Daniel 1154, 1155, 1162, 1210
Septimius Severus 114
Serapio 181
Serapion de Oude 1135
Serapion van Alexandrië 94
Sergius ben Elias, zie El-Razi
Serres 849, 850
Servet(us) 220, 255, 258, 259, 356, 1139, 1147, 1151-1153
Sève 965
Severino 277, 298, 329, 861, 862
Sextus Empiricus 108, 1111
Sextus Papirius Placidus 118
Shamanen 597

Sharrock 910
Shaw 1069
Sherard (Sherwood) 905
Sherborne 497
Sibbald 908, 919
Sibthorp 103, 1031
Siebold, von 991
Siegesbeck 932, 933
Siegfried 534
Sierp 143
Silvio 907
Simmias 1097
Simon 452
Simon Cordo 167
Simonneau 627
Simonneau filius 953
Simplikios 27
Simson 1208
Singer 7, 80, 86, 87, 144, 146, 239, 244, 297, 868, 871, 872, 1138
Sirks 7
Sixtus IV 240
Sixtus VI 118
Skottsberg 1060
Skythen 597
Sloane 931, 932, 1005, 1016
Smit 1162
Smith, Adam 1297
Smith, A.L. 1004, 1006
Smith, J.E. 8, 934, 958, 1006, 1014, 1031
Smith, W. 987, 1273, 1277, 1288
Snellius 384
Soemeriërs 8
Sofisten 21
Sofokles 97
Sohlberg 930
Sokrates 35, 36, 41, 42, 46, 49, 61, 76, 360, 604, 869, 1093-1097, 1104, 1119, 1167
Solier 988
Solms-Laubach, zu 1278
Sömmering 540
Sontheimer 139
Soranos 621
Soret 843
Sowerby 998, 1007
Spach 737
Spallanzani 630, 647, 655, 656, 768-770, 774, 994, 1215, 1218, 1219, 1227, 1228
Speckle 185
Spemann 811, 812
Spencer 22, 793, 1233, 1235-1237
Speusippos 37, 44, 67, 76, 1110
Spieghel, van den 276, 277, 296, 511, 535, 738, 745
Spigelius, zie Spieghel van den
Spinoza 282-284, 394, 423, 456, 817, 818, 829, 834, 945, 1351, 1352
Spix 833, 1037
Sprague 824
Sprengel, Anton 511, 1274
Sprengel, Christian Konrad 511, 657, 659, 660, 662, 663, 666, 839
Sprengel, Karl 511
Sprengel, Kurt P.J. 511, 520, 875, 1034
Stafleu 937, 940, 942, 946, 954, 957, 959, 1011, 1012, 1015, 1028, 1036, 1282
Stahl 438, 533, 576, 1010, 1177, 1179-1181
Statius 1142
Stearn 937, 948, 1011
Stein, von 991
Steiner 836, 839
Stelluti 286
Steno 193, 230, 287, 292, 301, 307, 322-325, 378, 762, 1158, 1252, 1270
Stensen, zie Steno
Sterbeeck, van 908
Sternberg, von 1003, 1271, 1273
Stieda 795
Stobaeus 929
Stoffers 1044
Stoffler 143
Strabo 143
Strasburger 677, 683, 684, 691, 694, 1044, 1059
Stratoon 342, 727, 1290
Stresemann 1039
Strunz 880
Stuart Mill 1233, 1234
Stubbe 621, 694

Stukeley 526
Stur 1278
Sturm 319, 320
Sudhoff 143, 372
Sulla 47
Sulloways 1305
Suminski, Jeroen 666-668
Süssenguth 1060, 1066
Swammerdam 172, 272, 295, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 326, 329, 427, 429, 533, 544-546, 555, 562, 627, 628, 760-762, 768, 769, 917, 1212, 1225, 1233
Swartz 1006, 1013, 1016, 1043
Swedberg 1182
Swedenborg 1182
Sydenham 428, 429
Sydow 1003
Syennesis 597
Sylvester II 130
Sylvius, Franciscus, zie Boë, de la
Sylvius, Jacobus 237, 245-247, 254

Tabernaemontanus 189, 190
Tachard 528
Tachtadzjan 1077
Takhtajan 1077
Tamburinus Dempster 902
Targioni-To(z)zetti 288, 998, 1029
Teilhard 841
Teiresias 1126
Telesio 888
Telliamed 1260
Tempier 159, 177
Tenore 92
Tertullianus 116, 506, 1123-1125, 1128, 1250
Thales 12, 15, 53, 1086, 1087, 1102, 1103, 1203, 1355
Themison 345
Themistius 761
Théodoridès 7
Theodosius 128, 129
Theofrastos 13, 45, 47, 64-77, 81, 82, 98, 123, 276, 299, 342, 487, 541, 598, 605, 611, 623, 624, 655, 673, 727, 789, 820-824, 826, 875-878, 886, 913, 949, 962, 983, 984, 993, 1004, 1014, 1113, 1132, 1133, 1141, 1207, 1249, 1251
Thévenot 311, 326, 629
Thévet, André 212
Thiselton-Dyer 1236
Thoekidides 29
Thomas, H.H. 1048
Thomas, Johann 192
Thomas van Aquino 159, 163, 456, 612, 613, 638, 863, 881, 1094, 1139, 1140, 1148, 1166, 1209, 1355
Thomas van Cantimpré 163, 882
Thomson 1067
Thorndike 105, 111, 144, 153, 158, 164, 168, 356
Thuilliers 1328
Thunberg 948, 1015
Thuret 667, 674, 679, 988, 989
Thurneisser zum Thurn 218
Tieghem, van 979
Tillet, du 446
Timaios 36
Timotheus van Gaza 118
Tison 1045
Titiaan 250
Tiuriukanov 1248
Toetmosis III 8
Toni, de 990
Torre, Marcantonio della 243
Tournefort, de 293, 650, 905, 907, 913, 914, 935, 936, 940, 950-952, 954-956, 994, 996, 997, 1005
Tournon, de 206
Townsend 1288
Tozzetti, zie Targioni
Tragus, Hieronymus, zie Bock
Trajanus 346
Trécul 1271
Trembley 465, 630, 631, 773, 926, 927, 995, 1128, 1187-1189, 1216, 1240
Treub 690, 692, 1053, 1061
Treviranus, G.R. 510, 520, 558, 647, 1295
Treviranus, L.Ch. 506, 520
Trew ('Treu') 1029
Tricot 59, 723

Trithemius 372
Trogus, zie Pompeius Trogus
Troll 836, 855
Tschermak-Seysenegg 1354
Tulasne, C. 1003
Tulasne, L.R. 1003, 1008
Tulp 304, 581
Turner, D. 985
Turner, R. 216
Turner, William 208, 209, 894
Turpin 557, 843, 858
Tyndall 1237, 1238
Tyrannion 47
Tyson 302, 304
Tzetzes 37

Uittien 852
Ullmark 828-830
Ulmus 736
Unger 1274, 1275
Urbanus VIII 278
Urey 1240, 1241
Uterverius 902

Váczy 876-878
Vaillant 622, 651, 652, 655, 669, 905, 929, 931, 955, 988, 997, 1005
Valenciennes 60
Valentin, Basil 371, 373, 558, 560, 790
Valentini 399, 529
Vallisnieri 645, 767, 768, 771, 1213, 1253
Vangensten, Fonahn & Hopstock 361
Varignana 239, 240
Varro 91, 234, 505
Vartanian 1194
Vaucher 517, 663, 679, 985
Velenowsky 852
Vergilius 92, 148, 593, 1208
Vernadskij 1248
Verworn 581, 583
Vesalius 187, 238, 246-255, 258, 832, 1139, 1145, 1151, 1153, 1355
Vicq d'Azyr 280, 531-533, 832
Vigevano, Guido van 241-243
Villanovanus, Michael, zie Servet
Villard de Honnecourt 169
Ville, de la 1282
Villemet 1078
Villon, A. de 158
Vincent van Beauvais 143, 164
Vincentius Bellovacensis, zie Vincent van Beauvais
Vinci, da 240, 243, 257, 261, 361, 362
Vines 1041
Vinogradskij 980, 982
Virchow 564, 1237, 1240
Virgilius, zie Vergilius
Virville, de 627, 894, 906
Vitell(i)us 356
Vitruvius 151
Vöchting 858
Voigt 1040
Volta 656
Voltaire 463, 465, 478, 634, 1174, 1185, 1187, 1189, 1194, 1195, 1197, 1215, 1218, 1255
Voronin 981
Voyer d'Argenson, zie Argenson, d'
Vries, H. de 666, 681, 698-702
Vuillemin 1003

Wachendorff 1025
Wagner 1341, 1346
Wahlbom 641, 652
Wahlenberg 522, 1007
Wakker 979
Walch 1272
Waldeyer-Hartz 684, 685
Wale, de 305
Wallace 22, 1074, 1299, 1300, 1322
Wallroth 983, 990, 1007, 1009
Wandelaar 938
Warltire 446
Warming 991
Weber 1006
Wedgwood 1303, 1305
Weinland 1202
Weinmann 1011
Weismann 56, 107, 638, 682, 699, 806, 811, 1156, 1346-1348
Weiss 533, 813
Wepfer 319
Werner 1273, 1276, 1289, 1303

Wesel, Andries van, zie Vesalius
West 987
Wettstein, Fr. von 1060
Wettstein, R. (von) 854, 1032, 1058, 1060, 1062-1066, 1076, 1077
Weyditz 182
Wezel, zie Wesel
Wharton 378, 394
Whiston 1287
Whittaker 1079
Whytt 436, 526, 1167
Wichura 695
Wickersheimer 241
Widmark 1015
Wiegemann 1225
Wieland 1049
Wijnands 657, 1011
Wilberforce 1323
Wilkins 909
Willdenow 512, 948, 1018, 1019
Willem III 310
Willem V 534
Willem de Zwijger 200
Willem van Moerbeke 47
Willem van Ockham 177, 178, 457, 637, 975, 1359
Willemet 503
William de Saliceto 239, 244
William van Conches 153, 154, 457, 742, 1138, 1139
Williams 1244
Williamson, J. 1277
Williamson, W.C. 1277
Willis, J.C. 1042, 1069
Willis, R. 365, 1153
Willis, Th. 291, 301, 329, 388, 427, 433, 543, 577, 1161, 1167, 1176, 1293
Will(o)ughby 291, 302, 908-910, 917 917
Wilson 294, 689
Winberg 1015
Winckler 218
Wirsung 378
Wit, de 974, 1012
Witham 1272
Witsen 1011
Wöhler 588, 1226
Wolf, Kasper 191
Wolff, C. 737
Wolff, C.F. 671, 780-783, 787, 790, 795, 829, 830, 842
Wolff, J.Chr. 395, 491, 552-554, 652
Wolphius, zie Wolff, C.
Wood & Fyfe 157
Woodward 395, 490, 1254, 1287
Wotton 205, 208, 895, 898, 903, 917
Wray, zie Ray
Wren 291, 301
Wydler 790

Xenofanes 3, 23, 1203, 1249, 1251, 1324, 1353
Xenofoon 36
Xenokrates 1110
Ximenes (Ximenez) 149, 213

Yarrell 736
Yuhanna ibn Serapion 1135

Zaluziansky(-i) 402, 650, 651, 889
Zaratoestra 867
Zedler 467
Zeising 856
Zeiss 560, 677
Zenoon 24, 1022, 1089
Zimmermann 503, 1046
Zittel 1277
Zopf 979
Zoroaster 867

Register van onderwerpen

Het register is een lijst van gekozen onderwerpen. Bij de namen staan de bladzijden vermeld, opnieuw een keuze. Gestreefd werd om de bladzijde(n) die over een onderwerp de basisinformatie geven, bij voorrang op te nemen.

abiogenese 1208, 1210, 1224, 1228, 1235-1237, 1246
abioticum 1239
acceleratio 1209
accidens 58, 821, 822, 824, 855, 911, 929, 935, 956, 1021
acidum pingue 444
actieve sensibilité 468, 473
actualisme 1289, 1290
ademhaling 502
aderkleppen 249, 267, 270, 271, 308
adflatus 625
aggregatie-leer 849
agnosticisme 1112, 1198
agrégat(s) 469, 471
air crayeux 452
- dephlogisticated 498, 500
- factitious 444
- fixe, fixed 439, 444, 451, 452, 498, 500
- inflammable 445,448
- agueux 449
- vital 445, 448, 449
aither 340, 576, 577, 595, 1087, 1088, 1107, 1179
alchemisten 1175
Allgeist 1351, 1353
Almoeder 1209
Alziel 1184
ambospermie 594
Amylum-Kügelchen 522
analogie 16, 44, 70, 236, 341, 402, 462, 523, 531, 716, 784, 815, 827, 829, 845, 847, 1040
analogon 603
analyse 572
Anastomose 837
anhomoiomere 602
anima 576, 578, 780, 1110, 1114, 1115, 1118, 1119, 1124, 1143, 1144, 1179, 1180, 1197
- animalis 1109
- appetitiva 1109
- divina 881
- locomotrix 1109
- mundi 784, 1184, 1186
- nutritiva 1109
- plastica 1185
- rationalis 568, 744, 881, 1126
- seminis 743
- sensibilis 881
- sensitiva 568, 1156, 1161, 1189, 1213
- vegetativa 568, 1109, 1189, 1218
- vitalis 1162
- vivens 1117, 1120
animalcula 291, 302, 316, 317, 326, 402, 429, 475, 527, 537, 617, 629, 630, 635, 641, 644-649, 764, 1218, 1282
- aquatica 1216
animalcules spermatiques 1219
animantia 1110, 1118, 1129
animisme 533, 565, 1177, 1179
animula 1158, 1211
animus 1110, 1114-1116, 1124, 1182, 1197
Anlagenpräformation 811
anomali 510

anomalie 571
Anstich 806
antherozoïden 668
anthostrobilus 1073
anticipatie-theorie 829
antipoden 124
antithese 842
Antwortreaktion 585
apeiron 14-17, 22, 331
apen 536
aplanosporen 507
aporrhoia 25, 41
appetitus 1162
appositie 563, 774
aqua ardens 1175
- vitae 1175
archaeus 371, 372, 374, 377, 578, 1209
Archaion 1239, 1242, 1243, 1245
arche 10, 11, 12, 22, 227, 331, 336, 340, 724, 725
areola 672
ark 865
arminianen 458
arrenospermie 595, 596
arteria 1144
asclepiaeum 105
assimilatie 502
astrologie 38, 373
atavisme 698
atheïsme 466
atheïst 475
atomisme 678
atomoi 608
auctrix 748
aura, divina 1161
- pollinaris 1161
- seminalis 273, 316, 625, 626, 649, 669, 670, 751, 768-770, 778, 1161, 1162, 1210, 1254
- vitalis 1161
aurum potabile 1176
automata 600
automatisch 717
axial-gradient-theorie 812, 813
azote 446, 447, 455
azoth 447
anima 576, 578, 780, 1110, 1114, 1115, 1118, 1119, 1124, 1143, 1144, 1179, 1180, 1197

baconisme 292, 490, 928, 1164
balsamus vitalis 1212
Bartholinse klieren 525
Bestreben 579
Bestrebung 481
bijbel 901
bijen 51, 52, 158, 286, 311
Bildungsdotter 803
Bildungskraft 796
Bildungsprinzip 1275
Bildungstrieb 579, 580, 1331
biogeen 583, 584
biogenetische grondwet 715, 804
bio-industrie 19
biologi 510
biomagie 7
Biophoren 1347
bios 587
Biosphären 521
biospiritisten 482
blanken 534, 535, 581
blas 373, 374
- humanum 1157
bloedlichaampjes 555, 556
bloedtransfusie 291
bloem 68, 198, 203
bloembiologie 665
bloemdiagrammen 857, 1052
botanophili 511
bouwplan 482, 796, 818, 833, 848, 853
broedmethode 705
broedzorg 61
budgetering 602, 855
bufonites 1250

caloriemeting 452
calx 438
calycisme 950
cambium 519, 552, 555, 561, 673
canadabalsem 561
caprificatie 623
caprificus 600
cataclysmes 1268, 1269
categorieën 870, 1062, 1081

catena naturalis 1015
causa finalis 1160, 1247, 1323
- formalis 1160
- plastica 1160
causae seminales 611, 758
- sociales 747
causticum 444
celkern 555, 557, 558, 563
celtheorie 471
ceraunia 1250
chalaza 736, 737, 739, 743, 753
chalaza-theorie 614
chalazogomie 692, 694
chemotropie 511
chlorofyl 520
christendom 107, 173, 229
cicatricula 614, 645, 753, 763, 764
circulatio 364
classis 936, 957
clinamen 1114, 1172
coeloom 802, 803, 805
cogitatio 356
cohesie-theorie 493
commensalisme 83
compositio 949, 956, 1146
conatus 421
conceptus 274, 307, 616, 644, 729, 733, 734, 743, 751, 765, 771, 829
- primus 275, 749, 750
concoctrix 748
conditionisme 584
confundi 898
consortium 1010
contagio 737, 749, 1161
contagium vivum fluidum 976
continuïteit 482, 778, 796, 806
continuïteitsleer 761
continuum 482
convulsionisten 1290
cor 721
- cerebri 543
- plantarum 488, 826
- seminis 790
corculum 362, 625, 652, 721, 942, 1026
- seminale 911
Cordoba 879
Cormophyta 1030
corollisme 950
corps animés 1217
- méchaniques 1217
corpuscula 542, 544, 1178, 1181
cotyledo 711, 712, 722, 914
Cowperse klieren 525
creationisme 138
Cyclose 513
Cystica 540
cytoblastema 559
cytoblasten 563

dadelpalm 8, 69, 101, 121, 136, 211
daimoon 360
darmvlokken 537
Darwinisme 716
definitio 935
degeneratie 581
degenereren 580
deïsme 281-284
dekglaasje 499
dendrieten 1254
Determinant 1347
determinisme 457, 571, 572
dialaxis 25
dialectisch 41, 108
dichotomie 49
Dichtung 786
differentia essentialis 947
differentiae 870, 911, 917, 936, 951, 956
Ding-an-sich 483
diplonten 1063
divergence 1301, 1347
docta ignorantia 360
doctor angelicus 1139
- invincibilis 177
- mirabilis 174
- sanctus 168
- universalis 159, 162, 174, 882
Dogmatici 94, 108
dominanten 585
Dominanz 695
draconites 1250
dualisme 418
dynamic system 1042
dynam(e)is 339, 346, 350, 443, 597, 599, 601, 605, 611, 613, 717-719, 728, 729,

732
dyskrasis 334

effervescentia 377, 378, 382, 1176
effluvia 25
eidè (eidos) 71, 609, 721, 912, 1257, 1258
elektriciteit 508, 516, 518, 583
Elementarthiere 521
emboîtement 614, 776, 778, 779, 829
embranchement 848
Empirici 93, 108, 177, 284
empirisme 456, 457, 459, 461, 482, 483, 527, 535
Enchyma 561
encyclopédisten 472
endometer 507
endosmose 507, 516, 559, 560
energeia 346, 730, 1105, 1152, 1160
energie 468, 481
Engramme 1350
en(h)ormon 567
enhormoon 1091
ens vitale 1156
entelechie 49, 50, 59, 71, 338, 360, 585, 586, 719, 775, 785, 814, 1104, 1105, 1136, 1139, 1140, 1160, 1180, 1181, 1185
ent(en) 597, 625, 670
Entophyten 522
entropie 568, 1247
enzyme 1232
epifyse 1167
epigame geslachtsbepaling 689
epigenese 272, 296, 314, 315, 741, 745, 746, 751, 752, 755, 759, 770, 776, 780, 782, 787, 792, 795, 796, 812, 1222, 1293
epigenetische Evolution 811
epitheton 948
epykrosen 1270
ergon 346
essentia 37, 43, 65, 359, 817, 822, 835, 918, 924, 925, 927-929, 935, 936, 941, 942, 946, 947, 951, 961, 963, 974, 975, 1021, 1022, 1024, 1065, 1098, 1176
euanthium-theorie 1066
eudiometer 498
eukrasis 334
evolutie 612, 770, 788-790, 796, 800, 802, 811, 849, 1257, 1327, 1341
exaltatio 1176
excitabilité 516, 519
exosmose 507
Experimentum Berolinense 622, 655

facultas alteratrix 729, 737, 748
- formatrix 729, 737
- mutatrix 737
- immutatrix 748
facultates 748
Faltungstheorie 805
familia 916, 949
farmacopee 82, 189
fermentatie 501, 589, 614, 627, 1176, 1177
fermentation vineuse 450
fermentum 1210
Feuerluft 444
fibra animales 546
- primordiales 546
- sensibiles 546
fibres élémentaires 549
fibrine 590
figura 936
filament 550
filia 25-27, 31
- spermatica 649
Filosoof 882
flammula 1159
flogiston 437-440, 445, 448, 449, 451, 498, 499-501, 519, 541, 1177, 1280
florist 893
fluïde élastique 445, 446
fluïdum 577, 578, 1122, 1124, 1143, 1229, 1281, 1282
- spirituosum 1183
flux 345
force expansive 773
- plastique 1228
- - intelligente 617
- végétative 1217
- végétatrice 1217-1219
- vitale 507
formatio 780

formatrix 748
formes plastiques 1186
fossielen 192, 193, 287, 536, 579, 846, 851, 860
fossilia 1251
fotosynthese 499, 574
fragmenta 941
fructificatio 942, 944, 960, 999, 1032, 1072, 1073
fuligo 346, 347, 363, 375, 440
fundamenta divisionis 887, 937, 952
fylogenese 1023
fylogenie 1335
fysis 1111, 1179, 1257
fytografia 827

Gallerte 521
galvanisme 649
gas pingue 1176
- spirituale 1210
- sulfuris 1176
gastrula 1334-1336
gaz inflammable aqueux 455
geen 702
geest 1144
Geistesanatomie 806
gelaatshoek 535
gemmae 1284
gemmulae 681, 697-699, 1235
generatiewisseling 668, 669, 691
generatio aequivoca 399, 1208, 1210
- originaria 1007
- spontanea 59, 107, 273, 289, 292, 303, 314, 316, 329, 330, 340, 364, 376, 397, 399, 540, 563, 579, 609, 614, 616, 618, 628, 637, 682, 716, 752, 766, 768, 774, 780, 788, 897, 973, 978, 993, 1002, 1007, 1156, 1201, 1203, 1205-1207, 1209, 1211-1214, 1216, 1219, 1221, 1222, 1224-1228, 1231, 1233, 1234, 1236-1238, 1240, 1241, 1247, 1249, 1258, 1285, 1289, 1321
- univoca 1208, 1210
generatisme 1125
Genesis 598, 607, 611, 612, 865, 866, 881, 889, 897, 919, 946, 970
genos (genus) 71, 135, 178, 598, 599, 604, 609, 619, 870, 892, 896, 905, 907, 912, 918, 935, 936, 939, 940, 944, 951
Geoffroyïsme 847, 849
gepreformeerd 772
geringde takken 505
geslachtsbestemming 707
Gestalt 840
gisting 450, 589, 1226, 1227
glandulae Bartholini 604
glossopetrae 1250
gluten 434, 549, 579, 589, 590, 1137, 1150
gnostisch waarnemen 43
granula 584
groeikracht 822
guttatie 496

hagelsnoer 722, 737, 741
hand 881
harmonia 19, 25, 40, 332, 382, 1089, 1094, 1097, 1115, 1139, 1142, 1146, 1185
- praestabilita 419, 420
harmonie 499, 573, 779, 853, 1179, 1196, 1214, 1297, 1327
harmonisch 656, 809, 1200
Hautdrüsen 523
hectocotyl 59
Heilige Geest 1139
heksezalf 286
heliotropie 490
Hemmungsbildungen 796
Herbarii 112
heterogenese 1208, 1210, 1224, 1228, 1233, 1235, 1237
heteromorfose 807
hiërarchie 870
hieron 46
hilum 652, 672
Hof van Eden 865
hofstippels 523
holisme 224, 250, 252, 485, 544, 564, 568, 573, 675, 833, 1089
homoiomerae 595, 602, 608, 611
homologie 236, 531, 716, 788, 802, 815, 829, 832, 845
homoloog 803

homunculus 317, 646, 765, 1210
honingmerken 661
horror vacui 79, 342, 420, 493
huidtranspiratie 454
humidum primigenium 1113, 1136
- radicale 426, 434, 1135, 1140
humor 334, 349, 670, 1091
- primigenius 547, 662, 1150
- radicalis 1103, 1113, 1137, 1150, 1157, 1159, 1176
- vitalis 1211
humores 770
humus 469, 521, 587
hydrotropie 505
hyle 54, 58, 231, 719, 1103, 1165, 1200
Hypertelie 1346

iatrofysica 425, 427
Id 1347
Idant 1347
idealisme 461, 517, 961
Idee 37, 41, 54
idioplasma 680, 698, 702
idola 280
illegitieme bestuiving 663
Illiaster 1209
imbibitie 518
impetum faciens 567, 578
in nisu 570
inductie 810, 811
Infusoria 644, 647, 648
ingewandswormen 537
injecteermethode 577
injectie-methode 526
injecties 537
instinct 1195, 1315
intellectus agens 1137
- archetypus 484
- ectypus 484
intussusceptie 514, 563, 749, 776
invisible college 458
irreversibiliteitswet 1055
irrigatio 942
irritabiliteit 394, 432, 433, 475, 503, 777, 785
isomerie 588

Jansenisten 472, 970, 971
jezuïeten 472, 528
juxtapositie 514, 749

kaas-embryo 147, 341
kataklysmen 1270
katamenia 603, 705, 710, 713, 714, 730, 744, 751, 794
katastrofen 1268, 1269
katastrofentheorie 638, 1290
Keimbezirke 807, 813
Keimbläschen 794
Keimblatt 792
Keimplasma 564, 1346, 1348
Kernsubstanz 1347, 1348
kiembladen 804
kiembladtheorie 783, 795, 800-803
klasse 939
kleurmethoden 685
Körperplasma 1347
kosmos 18, 19, 77, 223, 372
kotyledonen 723
krasis 19, 332, 599, 1179
kristal 514, 533, 552, 560, 563, 582, 583, 588, 617, 754, 761, 773, 774, 803, 810, 852, 862
kruising(en) 605-607, 653-659, 664, 674, 676, 677, 694-696, 699, 700, 703, 706, 789
kwik 372, 423, 444, 447, 455, 470, 504, 657, 771
kwintessens 1176

Lamarckisme 716, 847
langurium 1249
lapides figurati 1249
- ichthyomorphi 1250
- sui generis 1253
legitieme bevruchting 663
Leidse Fles 508
levenselixer 486
levenskracht 515, 568-572, 575, 582, 588, 591
Leviticus 866, 897
lex parsimoniae 178, 637, 975, 1247
linguae melitensis 1250
- Sancti Pauli 1250

lithoi ideomorphi 1250
Lithophyta 627
locomotilité 509
logoi spermatikoi 758, 775, 807, 1159, 1207, 1208
logos 21, 225, 1103, 1180
loi du balancement 845
longtranspiratie 454
lucht, brandbare 441, 450
lusus naturae 1250
lykaion 46, 66, 233
lyncurium 1249

maanfasen 129, 217
maceratie 513, 552
machinulae 542, 547
magnetisme 14, 278, 348
Makrokefalen 593
mal 618
Manicheeërs 1131
materia viscosa 1210
materialisme 473, 475, 476, 485, 565
mathesis 1119
mens 430, 1162, 1182
mensapen 534, 535, 581
mensenrassen 481
menstruum 274, 275, 341, 358, 381, 437, 600, 705
mergtheorie 826
mesura 936
metabolisme 503
metamorfose 272, 741, 752, 797, 828, 830, 836-840, 843, 857, 860
metamorphose 1036, 1039, 1040
methode 928
micellen 563, 584
microtoom 804
microzymas 1241
milieu cosmique 574
- intérieur 574
minima corcula 544
minium 445
mithridaat 87
mixis 25, 599
mixtio 1178
Mneme 1350
modi 887
moederkoren 121, 596
moeseion 46, 79, 130, 233, 289, 343
molécules organiques 1215-1217
monadaires 850
monaden 420, 421, 481, 491, 545, 568, 617, 639, 779, 1181, 1184, 1215, 1259
monarchia 20
Moneren 1332
monisme 23, 33, 460, 584, 818, 842, 848
morfe 54, 56, 231
motilité 509
motus titillativus 646
moule intérieur 618, 771-775, 973
mozaïek 807, 809, 811
mutaties 1344
mutations 962
Mutationstheorie 700, 701
mutualisme 649
myrmecofilie 665
Mysis 1335

naamgeving 442, 443
Nabateïsch 132, 133
Nahrungsdotter 803
natura medicatrix 429
- plastica 1185, 1212, 1217, 1259
naturae ludibria 1254
naturalia 1251
Naturphilosophen 467, 521, 540, 653, 656, 660, 784, 786, 838, 1225
Naturphilosophie 481, 556, 560, 571, 584, 789, 845, 847, 858
natuurmens 581
nauplius 1335
navelstreng 711, 722, 723, 745, 771
necessitarisme 138, 1138, 1247
necromantie 143
negers 534
neikos 25-27
neptunisme 1289, 1303
nervimotilité 509
Nestorianen 130, 132, 355
nexus 485
nisus 468, 1129
- ad contractionum 544
- formativus 579
- reproductivus 1001

Noes(Nous) 25, 28, 29, 75, 340, 719, 721, 811, 1090, 1095, 1203
nomen specificum legitimum 947, 948
- triviale 948
nomenclatuur 2, 442
nomina trivialia 947
nominalisme 172, 178, 417, 927-929
nomos 1111
nucleïne 805
nucleolus 559
nucleus 558, 559, 672
numerus 936

occasionisme 1119, 1171, 1186
occulta semina 1208
oerdier 788, 795, 818, 845
oernier(en) 783, 797
oerplant 818, 835
omkapseling 763, 829
ontogenie 1335
oog 57, 61, 62, 95, 138, 151, 233, 253, 349, 382, 432
orde 939
ordines naturales 954, 957
ordo 936
organellen 584
organicisme 545
Organisatoren 811
organisator-theorie 812, 813
orukta 1251
osmose 507
overbevruchting 36
ovisme 533
ovoviviparie 63, 307, 324
ovum 275, 286, 307, 317, 318, 324, 326
oxygeen 446

paddestoelen 82, 185, 200, 208
pangenen 681, 698, 702, 703
pangenesis 594, 699, 700
panspermie 396, 440, 468, 476, 521, 608-610, 613-618, 631, 636, 641, 647, 758, 759, 766, 767, 779, 1125, 1158, 1180, 1201-1203, 1217, 1229, 1270, 1282
pantheïsme 848
paradoxai 24
parthenogenese 631, 687, 776, 802, 808, 1237
particules vivantes 1259
participatie 1041
passieve sensibilité 468, 469
pepsis 1175
perfectum nutrimentum 553
perigenesis 1337
peripatetici 46
phlogiston 438
piano-theorie 698
piëtisme 576
pijnappelklier 1167
plantentekeningen 85-87, 182, 243, 261
plasmastroming 557
Plasson 1332
plastic nature 1186
plastiden 523
pluralisme 24, 26, 78
pneuma 20-22, 33, 147, 331-335, 339, 340, 344, 363, 364, 370, 386, 435, 541, 709, 710, 713, 749, 1087, 1088, 1090, 1091, 1107, 1115, 1118, 1119, 1121, 1122, 1132, 1136-1138, 1161, 1175, 1205-1207
- fysikon 252, 346, 348
- psychikon 238, 252, 346, 348, 1092
- zoötikon 252, 346, 348, 1092
plutonisme 1289
points 468
polair 853
Polarität 810, 813
polariteitstheorie 809
pollinisme 659, 680
pollinisten 667, 672, 790
polyembryonie 689
poriën (poroi) 25, 43, 85, 151, 238, 243, 253, 271, 277, 333, 334, 344, 345, 356, 365, 376, 385, 386, 389, 427, 541, 546, 550, 551, 644
potentia 49, 272, 341
Präponderanz 1345
Prediker 611
preëxistentie 609, 610, 613, 615, 628, 631, 634, 636, 651, 1217
preformatie 307, 314, 315, 320, 324, 609, 619, 628, 636, 651, 744, 752, 758, 759,

761, 763, 765-768, 775-777, 783, 790, 807, 810, 1217
preformationisme 780
preformist 764, 770, 778
prikkelgevoelig 497, 516, 519, 532, 542, 546, 549, 582
prikkels 533
prima causa 420, 428, 459, 485
- - motus 576
primae causae 490
Primaten 580
Primordialschlauch 562
primordium 272, 273, 275
primum mobile 720
principe des connexions 845, 846, 848, 849
- sensitif 1218
- vital 1222
principes actifs 1217
principia 576
principium seminale 1211
- vitale 430, 567
proanthostrobilus 1073
probabilisme 1112
Probiae 564
Prolepsis 830
prolepsis-theorie 829, 838, 1036
proprium 935
Propulsionskraft 785
prospektive Potenz 809
proterandrisch 662
proterogynisch 662
Protoplasma 561, 564, 565
prototype 818
providentialisme 1171
Psalm 607
pseudanthium 1073
pseudanthium-theorie 1058, 1066
psyche 1182, 1193
- animalis 1109
- nutritiva 1109
- vegetativa 1109
pulseren 713, 729, 786
Punct 521
punctum saliens 708, 729
putrefactio 1176
pylorus 374
quadrivium 158
quarta natura 1115
quinta essentia 340, 1175, 1176

rassen 581
ratio 2, 54, 75, 138, 139, 149, 150, 177, 283, 284, 340, 388, 429, 456, 462, 486, 721, 817, 1168, 1172-1174, 1184, 1195, 1198
rationalisme 138, 279, 282-284, 418, 456, 482, 483, 491
rationes seminales 612, 1208, 1248
realisme 457
recapitulatietheorie 715, 787, 789, 850
Rede 456, 531, 549, 567, 717, 806
reflex 388, 1167
regeneratievermogen 629
regnum 1079
reincultuur 692
resolutio 1146
rete mirabilis, zie wondernet
révolutions 777
Rhizokarpeae 667, 668
ringproeven 496
romantici 481
ruggemerg 40, 488, 595

saadlugt 1161
Saftmale 661
Salerno 879, 884, 898
sapstroom 487, 488, 493-496, 504, 505, 508, 518-520, 553, 650, 781
sarcode 557
scala naturae 26, 40, 60, 421, 530, 539, 632, 637, 640, 818, 819, 850, 869, 881, 882, 899, 901, 921, 923, 955, 961, 965, 972, 995, 1012, 1015, 1022, 1040, 1063, 1098, 1217, 1247, 1258, 1262, 1285, 1333
schapeteelt 530
schedelwerveltheorie 832, 833, 850
schepping 865, 866
scholastiek 56, 158, 162, 171, 176, 196, 240
schudproeven 809
schuim 552, 554, 741, 786
scientia amabilis 524

secundaire diktegroei 513
Sekretionskraft 785
semen femininum 644
- masculinum 644, 649
- organicum 744
sementica 993
seminal Atomes 614, 615
- principles 758
sensibilis 432, 433
sensibilité 468, 516, 546, 547, 571, 784
sensualisme 457, 473
sentient principle 437
Serawak Law 1300
signatuurleer 101, 125, 216, 851
simplicia 87, 144, 184, 190
situs 936
slaapbewegingen 496
sleutel 976
soboles 653
sofisten 21, 56, 111, 352
solidum vivum 430, 579
soorten 928, 939, 1080-1082
species 911, 912, 936, 940, 944
sperma 20, 40, 273, 275, 307, 318, 326, 339-341, 358, 429, 488, 594, 596, 600, 602-605, 651, 705, 710, 713, 714, 717, 733, 741-744, 749, 750, 769, 808, 1088, 1090, 1125, 1142, 1150, 1154, 1157, 1159, 1160, 1162, 1167, 1210
- dynamis 715
- vegetale 650
spermaceti 1250
spermata 29, 124, 332, 333, 607-613, 615, 718, 721, 759
spermatozoa 649
spermatozoïden 579, 682, 686, 688, 764-766, 769, 770, 771, 774, 778, 785, 802, 821, 1217, 1219
spes animantis 1128
spherioles 523
Spielarten 580
spirits 1163, 1164
spiritualia 358
spiritualisme 422, 461, 745
spiritus 133, 134, 145, 264, 363, 369, 370, 381, 392, 393, 426, 433, 434, 542, 576, 578, 619, 669, 734, 1119, 1122, 1123, 1135, 1143, 1144, 1146, 1177, 1184
- acidus 384
- animalis 346, 380, 385, 386, 389, 426, 427, 433, 543, 546, 577, 746, 1121, 1147, 1152, 1162, 1170
- naturalis 259, 346, 544, 1121, 1152
- nerveus 533
- psychikon 364
- sylvester 1176
- universae carnis 1119
- vitae 1157
- vitalis 259, 346, 357, 364, 374, 577, 578, 1121, 1147, 1152, 1154, 1157, 1161, 1211
spongiole 518, 854
spontane generatie 441
spontaneité 1218
sports 702, 1344
stasis 345
Stichiozoën 521
stijgkracht 493
Stoa 46, 108
stoicheion 340
Stoïcijnen 108
stollingskracht 553
strobilus 1074
stromatolithen 1245
successie 1042
succi 1174
succus alimentalis 828
- nerveus 392, 394, 543, 544, 546
syllogisme 48, 228, 280, 359
symbiose 560, 649
symmetrie 853
symmetrie-wet 789
sympathia 332
syncretisme 158, 314
Syncytium 1332
syngame voortplanting 689
systemen 530, 920, 928

taal 2, 9, 225, 442, 586
tabasheer 1250
tabula rasa 460
taxon 1080
techne 348

tela cellulosa 433, 470, 547, 548, 554-556, 579, 776, 1164
- mucosa 579
teleologie 41, 54, 223, 282, 585, 758, 1325
teleologisch 485
téléonomie 573, 677
Tendenz 579
termen 531
terminologie 203, 479, 548, 586
Ternate Letter 1301
terra pinguis 438
testes muliebri 728, 737, 742, 762
testiculi 728
Thallophyta 1030
theatrum anatomicum 244, 262, 266, 305, 320, 431, 548, 834
theologie 3, 466, 472, 473, 490, 500, 561, 611-613, 767, 774
théorie des analogues 845, 849
- van Verjüngung 857
these 842
toeval 27, 28, 1132, 1179, 1217
tourbillon vital 756
traducianisme 138, 1125, 1148, 1156
transmigratie 215, 1101
transformatie 627, 795, 844, 1262, 1285
transformisme 515, 565, 636, 683, 699, 777, 846, 851, 962, 1022, 1082, 1219, 1232, 1234, 1257-1259, 1261, 1263, 1266, 1270, 1275, 1280, 1282, 1285, 1290, 1291, 1297, 1301, 1320, 1321, 1338, 1341, 1349
transmutatie 1257, 1299, 1301, 1323, 1327
transmutation(s) 702, 1234, 1235, 1293, 1303, 1305, 1310
transmuteren 446
transpiration 493, 496
tria prima 283, 1163
- principia 729
trimorfie 663
trivium 158
trochosphere larve 802
tropoi 1111, 1112
turgor 509
tussenkaakbeen 831, 832
type(n) 795, 796, 818, 819, 843, 852, 853
typologisch 788, 817, 834, 855, 856, 861, 862
Typus 833, 834

Umfangskreise 813
uniformitarisme 1288, 1290, 1291
uniformitas 279, 462, 472, 542
uniformiteit 462, 472
universalia 417, 1098
- ante rem 171, 928
- in re 171, 928
- post rem 171, 178, 928
universum 471, 480, 481, 484, 486, 777
Urpflanze 842, 843
Urthiere 785, 786
uterus bicornis 706

varietas 936
varieteiten 939
vasa peculiaria 511
- propria 511
vegetatio languescens 781, 830
- restituta 830
verbindingswet 789
Vererbungssubstanz 1348
vermicelli spermatici 645
Vervollkommnungstrieb 564
vesicula prolifera 558
vesiculae 553, 554, 556
vetgas 1176
vezels 434
via antiqua 171
- moderna 171
vibrio's 1227
virus 1244
virtus formativa 579
- stellarum 1209
vis activa corporis 638
- animalis 1138
- electrica 431
- essentialis 553, 780, 781, 783
- formatrix 615, 746
- insita 433, 436, 734, 1150
- medicus 1091
- mortua 433
- motrix nervea 577

- naturalis 1138
- plastica 767, 1185, 1249, 1251
- sentiendi 431, 1174
- vegetandi 1174
- vegetativa 1181, 1186
- vitae 430, 587, 591
- vitalis 374-376, 430, 565, 780, 1091, 1110, 1123, 1138, 1161, 1218, 1226
- vivificatio 1209
vita animalis 751
- propria 578, 582
- vegetalis 751
vitalisme 533, 567, 571, 575, 576, 580, 583, 585-587, 1179, 1182-1184, 1190, 1282
vitalité 1218
vitriviabel 438
viviparie 62, 63, 230, 307
vivisectie 38, 80, 94, 103, 105, 222, 255, 269, 310, 365-368, 370, 389, 494, 540, 568, 571
volheid 40, 482, 923, 924, 937
voorkiemen 666
Vorzugsbereiche 813
Vulcanus 1209

Wahrheit 786
Wereldziel 1139, 1184, 1212, 1224, 1351
wet van symmetrie 850
Wijsheid van Salomo 607
Wolffianisme 491
wondernet 238, 244, 264, 303, 385, 435
wormen 539, 558
worteldruk 493, 494
wortelsponsje 853
wrijvingselektriciteit 446, 499

zaadaderen 596-598, 710
zaaddiertjes 767, 778
zaadkracht 120, 135, 283
zaadlobben 69
zaadlucht 1211
zaadvloeistof 47, 341, 362, 593, 630, 639, 641, 645, 646, 648, 649, 689, 709, 710, 731, 741, 768, 772, 773, 778, 1260
zeeftheorie 518
ziel 434, 436
zien 95, 151, 195, 220, 236, 242, 293, 336, 356, 361
zoëa 1335
zondvloed 539
zoöfyten 60, 136, 208, 270, 515
zoöniten 849
zoophyta 436, 530, 532, 533, 539, 925, 993, 1078
zoospermes 648
zwavelgas 1176
zymosis 1175
Zytode 1332