

## DE PHYSIOLOGIE EN DE EXACTE WETENSCHAPPEN

---

REDE, UITGESPROKEN OP DEN 10EN MAART 1930, TER GELEGENHEID  
VAN DEN TWAALFDEN VERJAARDAG DER LANDBOUWHOOGESCHOOL  
DOOR DEN RECTOR-MAGNIFICUS

DR. G. GRIJNS

*Mijne heeren curatoren, professoren, lectoren, dames en heeren assistenten, studenten en gij allen, die door uwe tegenwoordigheid te dezer plaatse blijk geeft van uwe belangstelling in onze hoogeschool, zeer gewaardeerde toehoorderessen en toehoorders!*

De plechtige bijeenkomst, waarin wij jaarlijks de stichting van onze Hoogeschool gedenken, vereenigt in deze zaal een uitgelezen schare, gansch anders samengesteld dan het auditorium, dat gewoonlijk onze colleges en practica bezoekt. Dat moet m.i. voor dengene, die geroepen is op dezen dag hier het woord te voeren, eene aansporing zijn, om zijn gewone demonstratieve behandeling van bijzondere onderwerpen te laten varen, en zijn vak eens van een meer algemeen standpunt te beschouwen.

Ik ga daartoe te gereeder over, omdat het mij moeielijk valt, een speciaal onderwerp te behandelen, wanneer ik het gesproken woord niet met demonstraties of platen kan verduidelijken. Zoo ben ik er toe gekomen met U de vraag te behandelen, in welke verhouding de physiologie tot de exacte wetenschappen staat en wat wij mogen verwachten, met physiologisch onderzoek te zullen bereiken.

Een dergelijke keuze scheen mij geoorloofd, omdat de reactie tegen het te eenzijdig materialisme van het laatst der vorige en het begin dezer eeuw weer sterker geestelijke stroomingen deed opleven, tegelijk met een grootere belangstelling voor de filosofie. Maar hoezeer ik dit verschijnsel op prijs stel, ook als een gelukkig tegenwicht tegen de in onzen tijd te overdreven waardeering van lichamelijke kracht en behendigheid, die zich uit in de vergoeding van sportoverwinnaars, sluit ik mijne oogen niet voor het gevaar, dat juist de jongeren de met groote inspanning van vernuft en geduld gewonnen ervaringen en door moeizame proefnemingen verkregen uitkomsten niet meer op

hare juiste waarde zullen blijven schatten, maar gaan meenen, dat het gemakkelijker moet zijn, door philosophische redeneering de leemten in onze kennis der natuur te overbruggen, dan die door omslachtige proevenreeksen aan te vullen.

Ik zeg dit hier niet, omdat ik de beteekenis der philosophie onderschat, maar omdat de jeugd, die nog maar over weinig ervaring en feitenkennis beschikt, toch al te zeer geneigd is, redeneering tegenover waarneming te stellen en te vergeten, dat het tot de taak der philosophie behoort, uit de door andere wetenschappen vergaarde feitenkennis en gevonden wetten algemeenere gezichtspunten te winnen en eene wereldbeschouwing op te bouwen.

Mijn leermeester DONDERS definieerde de physiologie als „de leer van het leven, zooals het zich krachtens vorm en samenstelling onder zekere uitwendige omstandigheden openbaart in harmonische bewegingsvormen van organische wezens.” Wanneer wij dat nog onderschrijven is hare taak onmiddellijk gegeven. Zij heeft de verschijnselen, de uitingen van het leven te beschrijven en de voorwaarden te onderzoeken, waaronder zich bepaalde verschijnselen vertoonen. Zij zoekt naar het verband tusschen den bouw der verschillende levende wezens, of dien van hunne verschillende organen en hunne verrichtingen, waarbij zoowel de anatomische en histologische bouw als de scheikundige samenstelling, zoowel de beweging en vormverandering als de scheikundige omzettingen in aanmerking moeten worden genomen. Het is dus een vereischte, dat wij den vorm kennen, die ons door morphologie, anatomie, mikroskopische anatomie en histologie worden geleerd en dat wij desamenstelling leeren kennen; niet alleen de scheikundige verbindingen, die aan den opbouw der organen deelnemen, maar ook de aggregaat toestanden, de graden van dispersie, de fasen, waarin zij voorkomen, de reacties, die tusschen hen plaats hebben. Hierover moet scheikundig, physisch-chemisch en colloïd-chemisch onderzoek ons inlichten.

Naarmate wij ons door de toepassing dezer exacte wetenschappen een beter en nauwkeuriger voorstelling zullen hebben eigen gemaakt van het substraat, waarin zich de levensverschijnselen aan ons openbaren, zullen wij die verschijnselen nauwkeuriger kunnen beschrijven en door het experiment beter de voorwaarden leeren kennen, waaronder zij tot stand komen of uitblijven.

Het feit, dat wij bij de levende wezens ook ervaren, dat onder gelijke omstandigheden een zelfde nieuw toegevoegde voorwaarde een zelfde verandering tengevolge heeft, maakt het ons mogelijk hen systematisch te bestudeeren.

GUSTAV KIRCHHOFF zegt in de voorrede van zijn Lehrbuch der Mechanik „Die Aufgabe der Mechanik ist, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu

beschreiben" en HERMANN VON HELMHOLTZ voegt hier aan toe dat „de eenvoudigste en volledigste beschrijving slechts zoodanig gegeven kan worden, dat men de wetten uitspreekt, die aan de verschijnselen ten grondslag liggen. De wet echter is eene ervaring, van welke wij mogen vooronderstellen, dat zij zich zal herhalen, zoo dikwijls als de voorwaarden vervuld zijn, waaronder het bepaalde verschijnsel tot stand kan komen."

Hoe algemeener een wet, d.w.z. hoe vollediger zij alle mogelijke voorkomende gevallen omvat, en hoe nauwkeuriger zij het verband tusschen werking en gevolg aangeeft, hoe beter zij in een bepaald geval laat voorspellen, wat gebeuren zal. De nauwkeurigste formulering van een wet is de wiskundige vergelijking.

Het is de nauwkeurige kennis van de wetten der werktuigkunde, der warmte, der electriciteit, die de groote vlucht van de moderne techniek heeft mogelijk gemaakt, die ons in staat stelde machines te ontwerpen, die juist en volkomen dat werk verrichtten, wat wij berekend hadden, dat zij zouden doen.

Het is de kennis van de wetten, waaraan de levensverrichtingen gehoorzamen en van de werking van geneesmiddelen en andere geneeskundige ingrepen, die den arts in staat stellen, de juiste behandeling van een zieke te kiezen. Het is de kennis van de wetten van spijsvertering en stofwisseling, die ons in verband met hunne scheikundige samenstelling uit de verschillende voëdermiddelen de meest oeconomische rantsoenen zal leeren berekenen.

De physioloog kan dus, even goed als de physicus of de chemicus dat voor de natuurkunde en in de scheikunde doen, door waarneming en experiment de wetten vinden, die de levensverrichtingen beheerschen. Hij komt daarbij slechts op een moeilijker terrein. De onderzoeker, die de natuurkundige eigenschappen van een stof, zooals veerkracht, geleidingsvermogen, lichtbrekend vermogen enz. wil bepalen, kan gewoonlijk genoeg van die stof krijgen voor zijn onderzoek en kan meestal een willekeurig aantal metingen aan een zelfde object uitvoeren. Bij hem liggen de moeilijkheden in hoofdzaak in de constructie van zijn meetinstrument en van de toestellen waarmede hij de voorwaarden, waaronder hij zijne proeven wil nemen, regelt, waarvan hij de nauwkeurigheid tot het uiterste moet opvoeren.

De physioloog heeft ook nauwkeurige meetinstrumenten voor zijne onderzoekingen noodig, maar hier is het object meestal de voornaamste bron van moeilijkheden. De physioloog toch moet zijn studiën maken aan levende planten, dieren en organen. Om ook hier de veranderingen te kunnen waarnemen, die onder de bepaalde voorwaarden, welke hij voor zijn experiment in het leven roept, optreden, moet hij dikwijls zeer moeilijke voorbereidende operaties verrichten, om wat hij bestudeeren wil zichtbaar te maken; dan weer moet hij met

overlevende organen werken, wier isoleering een afzonderlijke techniek vereischt, of werkt hij met zoo kleine organismen, dat de sterkste vergrootingen noodig zijn om iets te zien.

De voorbereidende operatie is vaak oorzaak, dat het orgaan, dat men onderzoeken wil, langzame veranderingen ondergaat, die niet met het doel van het onderzoek in verband staan, zoodat spoedig een nieuw proefdier genomen moet worden. Overlevende organen hebben slechts een korten levensduur. Wanneer nu het dikwijls verwisselen van object alleen maar tijd kostte, zou dat met geduld te overwinnen zijn. Maar er is een andere factor, die zich hier laat gelden. Dat is het feit, dat twee individuën van de zelfde soort toch nooit volkomen gelijk zijn. Want even goed als in planten- en dierenrijk er een zekere, dikwijls niet geringe variatiebreedte in den uitwendigen vorm bestaat, komen ook in de verschillende onderdeelen morfologische zoowel als physiologische verschillen voor. Dit zal zich noodzakelijk in de cijfers, die zijne waarnemingen opleveren, moeten doen gevoelen en de waarschijnlijke fout zijner gemiddelden grooter maken, dan bij physische of chemische proeven gewoonlijk het geval is.

Dit behoeft hem echter niet te beletten in wiskundige formules uitdrukbare wetten te vinden; slechts is in vele gevallen daarvoor nog geen voldoende nauwkeurig en betrouwbaar materiaal aanwezig.

Wanneer WEBER het verband tusschen den aanwas, die een prikkel juist merkbaar sterker maakt en den oorspronkelijken prikkel door  $\frac{\Delta R}{R} = C$ . voorstelt, of HOORWEG den prikkelingstoestand van een zenuw door een constante stroom door  $E = aie^{-\beta t}$ , waarin  $a$  en  $\beta$  constanten van de zenuw zijn, dan zijn deze formules gelijkwaardig aan b.v. die van SNELLIUS voor de breking van het licht:  $\sin.i = n. \sin.i'$ .

Men zou dus de wetten, die de levensverschijnselen beheerschen, kunnen vinden onafhankelijk van eenige voorstelling omtrent den aard van het leven, even goed als KEPLER de wet der perken, die voor de beweging van de planeten om de zon geldt, uit de sterrekundige waarnemingen kon afleiden, zonder de wet der algemeene aantrekkingskracht in het geding te brengen.

Hierin is dus de physiologie met de exacte natuurwetenschappen op één lijn te stellen.

Voor zoo ver, als wij nu de natuurwetenschappen beschouwden, zijn zij nog enkel beschrijvend.

Toch mag ik niet nalaten er hier op te wijzen, dat er tusschen de beschrijvende methode der natuurkunde en der physiologie aan de eene en die der plant- en dierkunde aan de andere zijde, een essentieel verschil is. Bij de systematische wetenschappen is het er voor de vorming van begrippen om te doen, een complex van vormeigen-

schappen te vinden, die een aantal soorten gemeen hebben en die dienen kunnen als kenmerk, om hen tot een familie of klasse te vereenigen. Bv. warmbloedige dieren, die levend ter wereld gebracht en door de moeder een tijdlang gezoogd worden, zijn zoogdieren. Dieren, die niet deze eigenschappen hebben, zijn geen zoogdieren.

De natuurkundige bestudeert niet den vorm, maar de algemeene eigenschappen der lichamen, die hem slechts door hunne veranderingen en bewegingen kenbaar worden. Hij zal dus moeten ordenen naar overeenkomsten in die veranderingen en in verband met de voorwaarden, die haar te voorschijn roepen. Zoo zullen waarnemingen over het grooter worden van lichamen bij toenemende temperatuur en van het verband tusschen die vergrooing, het temperatuursverschil en den aard van het lichaam hem brengen tot de uitzettingscoëfficiënten en de wet, die door de formule  $l_t = l_0 (1 + a t)$  wordt uitgedrukt.

De groepeerings der verschijnselen leidt hem dus niet tot het vormen van klassen, maar tot het formuleeren van wetten. Dit geldt even zeer voor de physiologie, wier taak het is de verrichtingen der levende wezens en van hunne organen te leeren kennen, te beschrijven en te ordenen.

Zoolang wij ons met den eisch van KIRCHHOFF tevreden stellen beoefenen wij dus beschrijvende wetenschap. En nu is er aan het feit, dat wij langs dien weg wetten en betrekkingen kunnen vinden, een groot voordeel verbonden, dat ik even moet vermelden, omdat het zoo belangrijk is vooral voor de toegepaste wetenschappen, nl. dat die wetten onafhankelijk zijn van de theoriën der verklarende wetenschap omtrent het wezen der natuurkrachten, die wij toepassen en der stoffen, die wij gebruiken.

Wij verzamelen door nauwkeurig waarnemen en experimenteren een schat van wetenschappelijk materiaal, dat vast ligt, dat niet evenals de theoretische verklaringen telkens met nieuwe inzichten wisselt. Want wel zal een herhaald onderzoek met meer verfijnde methoden en instrumenten verricht, naderhand kunnen leeren, dat onze beschrijving nog nauwkeuriger had kunnen zijn, dat in onze formule nog een term, nog een constante meer moet voorkomen, zooals bv. een vergelijking van de gasformule van GAY-LUSSAC met die van VAN DER WAALS doet zien; maar die correcties zijn meestal van een kleinere orde, en wanneer wij van onze wetten' maar weten, tot welken graad van nauwkeurigheid de proeven gingen, op wier resultaten zij geformuleerd werden, dan kunnen wij ook nagaan, in welke gevallen wij gevaar loopen, bij hunne toepassing een merkbare fout te maken.

Door de waarneming, dat melksters, die door koepokken besmet geweest waren, bij pokkenepidemieën verschoond bleven, kwam JENNER in 1796 tot de gevolgtrekking, dat de koepokinenting als voor-

behoedmiddel tegen de moorddadige pokziekte kan worden gebruikt. Wij hebben nog die inenting als het beste voorbehoedmiddel tegen pokken, ofschoon wij den verwekker der pokken en dien der koe-pokken nog altijd niet kennen en dus de wetenschappelijke verklaring ontbreekt.

Wij kunnen dus rustig doorgaan, die wetten toe te passen in de techniek, in den landbouw, bij onze voederleer, onafhankelijk van de omwentelingen in de opvatting der grondbegrippen der natuur- en scheikunde, die in onzen tijd bezig zijn zich te voltrekken.

Maar als dat zoo is, zal wellicht iemand vragen, is het dan niet beter zich maar tot de beschrijvende wetenschap te beperken en de verklarende als overbodig ter zijde te stellen? Deze vraag moeten wij beslist ontkennend beantwoorden. Wanneer wij geen hypothesen en theorieën hadden, zou het niet alleen ondoenlijk zijn, om de veelheid der feiten te overzien, maar wij zouden ook elken leidraad missen, om nieuwe correlaties op te sporen. Elke eenigszins goed doordachte theorie laat gevolgtrekkingen toe omtrent nog niet onderzochte relaties, die aan een nieuw experiment getoetst moeten worden. Daardoor kan zelfs een theorie, die later onjuist blijkt te zijn, soms tot nieuwe ontdekkingen voeren, wanneer de uit haar gemaakte gevolgtrekkingen door experimenten worden onderzocht en daarbij nieuwe feiten aan het licht komen.

Maar ook al laat hij de heuristische waarde der theorieën buiten beschouwing, dan kan de mensch niet tevreden zijn met het vaststellen van feiten en betrekkingen. De drang naar verklaring, das Kausalitätsbedürfniss zooals de Deutsche filosofen het genoemd hebben, zit hem te zeer in het bloed. Of die drang verklaarbaar is mogen de psychologen uitmaken, ik weet alleen, dat zij bestaat. Zij is zoo algemeen en zoo sterk, dat wij bijna onwillekeurig achter de dingen, die wij waarnemen, een oorzaak denken. De primitieve mensch bevolkt zijn wereld met onzichtbare geesten, die de bewegingen en veranderingen verrichten, die hij niet begrijpt.

Ook de wetenschappelijk onderlegde mensch zoekt naar een verklaring. Als hij ziet, dat vrijgelaten voorwerpen naar beneden vallen, zegt hij, dat de aarde hen aantrekt en komt tot de voorstelling van de zwaartekracht. Newton komt, aannemende dat die aantrekking tusschen verschillende lichamen wederkeerig moet zijn, evenredig aan hun zwaarte en omgekeerd evenredig aan het kwadraat van den afstand, tot de algemeene wet der aantrekking, waaruit hij de banen der planeten berekende. Maar de zwaartekracht en de aantrekkingskracht als zoodanig zijn niet waarneembaar. Wij besluiten er slechts toe op grond van de versnelde bewegingen, die wij waarnemen. Wij komen dus eigenlijk hier reeds op het philosophisch gebied, dat de En-

gelschen als natural philosophy betitelen.

Elke wetenschap tracht nu de door stelselmatig onderzoek en waarneming verkregen, met elkander in verband staande uitkomsten van een zelfde gronddenkbeeld uitgaande te verklaren. En naarmate de kennis van dergelijke groepen van verschijnselen toeneemt, kan het haar gelukken verschillende groepen gemeenschappelijk te verklaren.

Door de warmte als ongeordende beweging der kleine deeltjes te beschouwen, begrijpen wij den overgang van mechanisch arbeidsvermogen in warmte, en door toepassing van dit begrip in verband met de wetten der botsing, leiden wij de gaswetten van BOYLE, GAY-LUSSAC en AVOGADRO af.

Ik zou te ver buiten het bestek van mijn voordracht geraken, wanneer ik U voor de scheikunde en de natuurkunde het ontstaan van hare verklaringsprincipes verder wilde uiteenzetten. Want wij hadden ons voorgenomen om over de physiologie te spreken. De physiologie als beschrijvende wetenschap hebben wij reeds behandeld; wij moeten haar nu als verklarende wetenschap beschouwen. En dan is wel de belangrijkste vraag: komen wij voor de verklaring der levensverschijnselen met de verklaringsprincipes der natuurkunde en scheikunde uit? A priori behoeven wij dit niet te verwachten. De scheikunde kwam ook niet uit met principia der natuurkunde. Zij had de atomen en de affiniteiten noodig, die de laatste missen kon.

Wij zullen dus bij de groepen van verschijnselen, die wij bij de levende wezens waarnemen, steeds in de eerste plaats moeten nagaan, in hoeverre wij die uit de ons bekende natuurkundige en scheikundige regels kunnen afleiden, om te zien of er dan nog een rest overschiet. Nu is dat gemakkelijker gezegd dan gedaan, want de bouw der levende wezens is zeer ingewikkeld, zoodat voor vraagstukken, die wel door mechanica zouden kunnen worden opgelost, het aantal constanten en onbekenden te groot is, om het te overzien. Denk U bv. de stroomverdeeling in een net van honderden haarvaten, die een veranderlijke doorsnee hebben.

Reeds het protoplasma in de enkele cel, dat uit verschillende fasen, deels in gel-, deels in soltoestand bestaat, waartusschen een voortdurende uitwisseling van stoffen plaats heeft, is een zoo samengesteld ding, dat wij de zuiver physische processen, die er in verlopen, niet wiskundig meer kunnen analyseeren.

De afmetingen der cellen zijn reeds klein, maar die der verschillende daarin voorkomende fasen zijn meestal ook met het sterkste microscoop onzichtbaar. Daarom kunnen wij omtrent de scheikundige samenstelling dier fasen en de uitwisseling van stoffen tusschen deze niets waarnemen. Onze reagentia dringen meestal niet in de cellen door, zoolang deze leven. Er blijft dus bij het onderzoek der levende wezens altijd nog terrein genoeg over, waarbinnen wij niet

kunnen komen. Niet omdat het buiten het gebied der natuur- en der scheikunde valt, maar omdat onze onderzoekingsmiddelen niet fijn genoeg zijn om het te bereiken.

Het hangt nu maar van de grootte van ons optimisme ten opzichte van de toekomstige techniek af, hoeveel van dat gebied wij al dan niet voor altijd ontoegankelijk achten.

De natuurkunde en de scheikunde hebben twee uiterst belangrijke wetten, die voor hen onvoorwaardelijk gelden. De eerste is die van het behoud van het arbeidsvermogen. Merkwaardig genoeg werd zij door een arts, ROBERT MAYER op de reede van Soerabaja ontdekt. Het was ook een arts, nl. HELMHOLTZ, die haar het eerst op de stofwisseling van den mensch toepaste. Wellicht is zij daarom door de physiologen zoo vroeg onderzocht. Door tal van proefnemingen met respiratiecalorimeters, waarin de geheele stofwisseling en de warmte afgifte kunnen worden gemeten, en waaronder vooral die van ATWATER en zijne medewerkers te Middletown (Connecticut) moeten worden genoemd, kon worden aangetoond, dat zij ook voor het dier en den mensch geldt.

De tweede wet der thermodynamica, die van CARNOT-CLAUSIUS leert ons, dat geen warmte in arbeid kan worden omgezet, tenzij zij van hooger naar lager temperatuur gaat, en dan nog maar tot een bepaald maximum. Daardoor gaat bij elke energie-overdracht energie in niet meer in mechanisch arbeidsvermogen om te zetten warmte over. Men noemt dit verschijnsel dissipatie van energie of entropie.

Zij is voor de levensverschijnselen nog weinig onderzocht. Voor de animale stofwisseling bleek zij door te gaan. Ook is zij van toepassing op de ontwikkeling van het embryo. Maar er is nog menig gebied der physiologie, waarvoor zij nog moet worden bewezen.

Wanneer wij levende cellen brengen in zoutoplossingen, of in oplossingen van niet electrolieten, dan blijken zij water op te nemen of af te geven naar gelang van de sterkte der oplossing. De oplossingen der zouten en van een aantal niet electrolieten, waarmede zij juist in evenwicht zijn, blijken alle hetzelfde vriespunt te hebben. De levende cellen gedragen zich dus als vochten door een semipermeabelen wand van de omgevende vloeistof gescheiden. Sommige stoffen gaan zoo gemakkelijk door den celwand heen, dat zij geen isotonische oplossingen kunnen geven. Maar ook stoffen, die in een dergelijke proef niet door den celwand heengaan, kunnen opgenomen worden, als zij voor de voeding noodig zijn.

Bij een aantal reacties van levende cellen op zouten vinden wij de lyotrope rijen der colloidchemie terug, maar niet overal. Zoo gaat het ons bij de analyse der levensverschijnselen steeds. Sommige kunnen geheel natuurkundig of scheikundig verklaard worden, maar meestal houden we een rest over, waarvan we niet zeker weten, of die op een



te kort van onze physische en chemische kennis of van de physica en chemie zelf berust.

In het begin der vorige eeuw werd het leven algemeen aan een bijzondere kracht toegeschreven, die instaat was, allerlei stoffen op te bouwen, die buiten het lichaam niet konden worden gemaakt. Die levenskracht was doelmatig, zij streefde naar een vastgesteld doel volgens een gegeven plan. Er bestond een onoverbrugbare kloof tusschen levende en niet organische stof.

In de tweede helft der 19e eeuw sloeg men tot het andere uiterste om. De groote vorderingen der natuur- en scheikunde, vooral van hunne toepassing in de techniek, die hen populair maakte, de synthese der organische verbindingen, van welke men gemeend had, dat zij alleen door het leven opgebouwd konden worden, het afzonderen van fermenten, waardoor men reacties in vitro kon laten verlopen, waarvoor men vroeger de onmogelijkheid buiten de levende cel had voorondersteld; de bekoring van DARWIN's theorieën over het ontstaan der soorten, die een schijnbaar zoo gemakkelijke verklaring gaven van de groote verscheidenheid naast de vele overeenkomsten in planten- en dierenrijk; HAECKEL's daaraan aanknoopende stelling, dat de ontogenese een verkorte phylogenese zou zijn, waardoor talloze duisterheden in de ontwikkeling van het embryo konden worden opgehelderd; dit alles moest de verwachting van wat het menschelijk verstand nog zou kunnen bereiken wel heel hoog spannen. HAECKEL meende zelfs, dat de synthese van het eiwit en van het levend eiwit, het oerplasma, de monere maar een kwestie van tijd niet eens van langen tijd meer was. Had men de monere, dan behoefde zich daarin nog maar een kern te verdichten, om een cel te vormen, en van die eene cel naar de hoogere dieren was maar een geleidelijke ontwikkeling.

Voor HAECKEL was de eenvoudige monere, de amoëbe zonder zichtbare structuur een hoeveelheid scheikundige stof, levend eiwit, — niet een samengesteld systeem, waarvan de structuur voor zijn microscoop te fijn was.

Het ontbrak ook in dien tijd niet aan geleerden, die het niet met de stelling, dat het leven causaal <sup>1)</sup> verklaarbaar is, eens waren. Niet alleen omdat hunne godsdienstige overtuiging daar tegen opkwam, maar ook op wetenschappelijke gronden.

Het is nu juist een halve eeuw geleden, dat de bekende physioloog, E. DUBOIS REYMOND, in de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Berlijn een rede hield over „Die Sieben Welträtsel“, die groote opschudding bracht in de wetenschappelijke wereld en waarin hij de onoplosbaarheid poneert van de volgende problemen. 1. Het wezen

<sup>1)</sup> Onder causaal wil ik hier verstaan door natuur- en scheikundige wetten.

van stof en kracht. 2. De oorsprong der beweging. 3. De oorsprong van het eerste leven. 4. De doelmatige inrichting in de natuur. 5. Het ontstaan der eenvoudige zintuigelijke waarneming. 6. Het verstandelijk denken. 7. De kwestie van den vrijen wil.

De eerste drie en de laatste liggen niet op physiologisch gebied. Het loont m.i. wel de moeite eens na te gaan, of wij thans na 50 jaar met de oplossing der drie overige problemen verder zijn gekomen.

Wij moeten dan eerst de verschillen tusschen doode en levende dingen eens wat nader bekijken. Nemen we een volwassen dier, bv. een paard. Als het goed behandeld wordt, kan het verscheidene jaren in dezelfde conditie blijven. Het behoudt nagenoeg hetzelfde gewicht, verricht zijn dagelijksche taak en als we het niet in den bek zien, zien we er weinig verandering aan. Het eet in dien tijd per jaar ongeveer  $\frac{1}{2}$  ton hooi, 2 ton gras, 1 ton haver en drinkt daarbij ruim 10 M<sup>3</sup> water. Bovendien neemt het uit de lucht nog ongeveer  $2\frac{1}{2}$  ton zuurstof op en produceert een overeenkomstige hoeveelheid mest, gier en koolzuur. Er gaat dus een aanhoudende, belangrijke stroom van materie door het dier; — als voedermiddelen komt zij binnen, als stofwisselings- en afvalprodukten verlaat zij het weer; doch het paard blijft zich zelf. Maar nu maken wij het paard dood, bv. door een schot door de hersenen of door lichtgas. Enkele uren daarna zijn reeds rottingsverschijnselen opgetreden en bij voldoende hooge temperatuur der omgeving schrijdt de ontbinding snel voort over alle organen. Waarom bleef de ontbinding uit, al die jaren, dat het leefde, en hoe komt die nu zoo snel?

Een infusiediertje, dat in een waterdruppel rondzwemt, heeft een andere scheikundige samenstelling dan zijn milieu, maar als het dood gaat, difundeeren de zouten uit het lichaam en spoedig lossen de eiwitstoffen op.

HUGO DE VRIES toonde aan, dat de roode kleurstof der bieten niet uittreedt, wanneer wij schijfjes in water leggen. Alle stoffen en omstandigheden, die het protoplasma doodden, bewerken echter het uittreden der kleurstof. Het zelfde nemen wij waar bij roode bloedlichaampjes. De levende cel gedraagt zich anders dan de doode.

Wij zagen hoe ons paard zijn eigen gewicht behield, ondanks de hoeveelheden voedsel, die het opnam. Dat is ook een bijzondere eigenschap; de beschikbare hoeveelheid voedsel heeft maar een geringen en binnen bepaalde grenzen beperkten invloed op groei en gewicht. Maar er is nog iets. Elke diersoort heeft, zooals de serologie ons leert, zijn eigen eiwit, ook al hebben zij het zelfde voedsel. Het bouwt zijn eigen eiwit op naar zijn soort. Dat is weer een verschil met de doode natuur. Een kristal kan wel aangroeien, als de stof waaruit het bestaat in voldoende concentratie in de vloeistof, waarin het zich bevindt, aanwezig is, maar het kan de stof, waaruit het bestaat

niet uit andere stoffen maken.

Zoo zijn de levende wezens door een dubbel proces, dat in hen verloopt, gekarakteriseerd: een opbouw en een afbraak, assimilatie en dissimilatie, wier verhouding zij zoodanig regelen, als met hunne bestaansvoorwaarden overeenkomt.

De warmbloedige dieren houden hun temperatuur onder verschillende omstandigheden vrij constant. De mensch kan in de tropen en in de poolstreken leven. Zijn lichaamstemperatuur blijft binnen 1° C. de zelfde. Deze reguleering geschiedt gedeeltelijk door verandering van de intensiteit der stofwisseling, grootendeels door vermindering of vermeerdering der warmteafgifte. Regelingen, die door het zenuwstelsel reflectorisch tot standkomen.

Het bloed behoudt, niettegenstaande er door alle organen stoffen aan worden ontnomen en andere stoffen aan afgegeven, nagenoeg een zelfde samenstelling, die slechts met kleine schommelingen varieert. Ook hier dus een regeling, nu grootendeels door chemische stoffen, door de organen afgescheiden.

Zoo vinden wij overal in het levende wezen de zelfregeling, die het in staat stelt, zich onafhankelijk van veranderingen in de omgeving gelijk te blijven.

Beschouwen we een mensch of dier in diepen slaap. Er schijnt dan geheele rust te heerschen, maar de ademhaling gaat door, er wordt zuurstof in het bloed opgenomen en naar de weefsels getransporteerd, wier stofwisseling niet tot 0 gedaald is. Het bij de oxydatie ontstane koolzuur wordt weer naar de longen afgevoerd. Het hart klopt regelmatig, ook darmbewegingen hebben plaats.

Het uitgesneden hart, ook van de warmbloedige dieren gaat voort te kloppen, als wij het maar bij lichaamstemperatuur met een geschikte vloeistof doorstromen laten. De uitgenomen darm vertoont onder gunstige omstandigheden rythmische samentrekkingen. Wij moeten wel aannemen, dat deze organen de oorzaak voor hunne regelmatige beweging in zich zelf bezitten, dat zij automatisme hebben. Zoo vinden wij in de levende wezens dus de beginselen: *autonomie* en *automatie*, die wij in de onbewerkte natuur niet aantreffen.

Niet alleen bij de hogere dieren, maar ook bij de eencellige wezens treffen wij deze beginselen aan. Ook de enkele cel heeft haar stofwisseling. Daarbij hebben scheikundige veranderingen plaats, waardoor de organische stoffen der cel deels tot koolzuur en water worden omgezet; maar daar tegenover staat een voortdurend opbouwen, want zonder dat zou het organisme spoedig opgeteerd zijn.

De cel moet dus uit hare omgeving niet alleen voortdurend voedingsstoffen en zuurstof opnemen, maar ook de ontstane stofwisselingsprodukten uitscheiden. Haar oppervlak moet dus die produkten door-

laten, maar de bestanddeelen, die noodig zijn, tegenhouden.

Zoo is dus ook de eenvoudigste cel naar morphologisch uiterlijk nog een zeer samengesteld physiologisch systeem. En al deze processen moeten harmonisch verlopen, d.w.z. er moet een onderling verband tusschen bestaan, zoodat elk juist die intensiteit bereikt, die voor het leven noodzakelijk is. Dat ingesteld zijn op elkander en op de uitwendige omstandigheden, dat van het organisme een geheel een eigen iets maakt, is weer een kenmerk van de levende wezens.

Niet minder duidelijk dan bij de stofwisseling treedt ons het kenmerkende van het leven naar voren, wanneer wij den groei, de voortplanting en de regeneratie beschouwen. Deze drie functies die tot zekere hoogte met elkander in verband staan, komen ook alleen aan het levende toe.

Hoe meer wij ons in de groote verscheidenheid van verschijnselen op dit terrein verdiepen, des te grooter wordt onze bewondering voor de vele, dikwijls zeer bijzondere oplossingen, die in de natuur gevonden worden, om het voortbestaan van individu of soort te verzekeren.

Wij kunnen hier slechts enkele punten even aanstippen.

De groei is niet, zooals het dikwijls voorgesteld wordt, eenvoudig een overwegen van de assimilatie boven de dissimilatie. Wel kan door uitwendige omstandigheden: goede voeding, oefening enz. een gunstige invloed op den groei uitgeoefend worden, en kan daardoor bij een reeks van nakomelingen de afmeting toenemen, maar de groei wordt toch hoofdzakelijk door inwendige, meest geërfde factoren bepaald. Dit blijkt wel het best, als men het verschil in grootte van jongen uit een zelfde nest, die de zelfde voeding kregen nagaat. Ook het feit, dat kinderen met telkens digestiestoornissen en ondervoed uiterlijk dikwijls juist groot voor hun leeftijd zijn, — uit hunne krachten gegroeid zegt men — pleit hier tegen. Ook houdt de groei op als een zekere leeftijd bereikt is.

Voedert men bv. een volwassen koe meer dan met haar onderhouds- en productievoer overeenkomt, dan groeit zij niet, maar zet vet aan, onverschillig of zij dat van eiwit, vet of koolhydraat moet maken. Wij moeten den groei veeleer als een gedeelte der voortplanting beschouwen, als de laatste phase in de ontwikkeling van het nieuwe wezen, nadat het zijn loopbaan als vrij individu begonnen is.

De voortplanting bergt ook nog talrijke moeielijkheden, die niet physico-chemisch te verklaren zijn. Bij de eenvoudige deeling, zooals we die bij de bacteriën aantreffen, heeft men haar als een voortdurenden groei willen beschouwen, waarbij, nadat een zekere lengte bereikt was, uit mechanische redenen een deeling in tweeën zou volgen. Echter schijnt mij de vorming van een tusschenwand, die aan de deeling vooraf gaat, hiermede in tegenspraak.

Bij de ontwikkeling der kiemcel worden de verhoudingen veel samengestelder. Tusschen de kiemcellen van verschillende diersoorten zien wij dikwijls maar zeer weinig verschil; en toch ontwikkelt zich uit elke kiemcel altijd een individu van de soort der ouders met door de ouders overgebrachte erfelijke eigenschappen. Hoe deze ontwikkelingsnoodzakelijkheid in de cel aanwezig is, gaat ons voorstellingsvermogen te boven. Wij kunnen niet aannemen, dat zij er als een gegeven structuur onzichtbaar tegenwoordig is. Daartegen pleiten o.a. de proeven van DRIESCH op zeeappels. De eieren van deze echnodermen klieven zich geheel en na een stadium van 8 cellen vormt zich de blastula, dan de gastrula en daaruit de pluteuslarve. Wanneer zulk een ei zich verder ontwikkelt, moet zich dus uit elk der beide cellen van de eerste deeling een halve, uit elk der cellen van het viercellig stadium een kwart larve ontwikkelen. DRIESCH slaagde er nu in, in het viercellig stadium één cel of twee cellen uit de groep te isoleeren, en dan groeide de geïsoleerde cel altijd tot een geheele pluteuslarve uit, die alleen kleiner was, dan de normale. Het hangt dus van het al of niet aanwezig zijn van de overige cellen af, hoe de morulacel zich zal ontwikkelen. Dat kan natuurlijk niet, indien in de kiemcel de ontwikkeling van elk onderdeel door de structuur te voren is vastgelegd. Ook hier alweer dat zich regelen naar de omstandigheden, dat eene causale verklaring tart.

Het regeneratievermogen loopt bij verschillende levende wezens sterk uiteen. Van sommige planten zooals de *Begonia* zijn kleine stukjes blad in staat een geheel nieuwe plant te vormen. Hier kan men dus eigenlijk van ongeslachtelijke voortplanting spreken. Bij een aantal dieren kunnen verloren ledematen weer op nieuw aangroeien. Bij de zoogdieren vinden wij nog slechts het genezen van verwondingen, door een stolling van het bloed in de wond, met daar op volgende organisatie door ingroeien van bindweefselementen en bloedvaten. Tenslotte groeit over de oppervlakte van de wondranden nieuw epithelium uit. Ook kunnen zenuwvezels, die doorgesneden werden weer aangroeien.

Merkwaardig zijn de regeneratie verschijnselen, die RUTLOFF bij regenwormen waarnam. Snijdt men een regenworm door, dan groeit evenals bij vele andere gelede wormen aan het achterste stuk een nieuwe kop, aan het voorste een nieuw staartstuk, zoodat er twee wormen ontstaan. Het is vrij onverschillig op welke hoogte men het dier doorsnijdt. RUTLOFF nam nu van een regenworm de voorste segmenten ten getale van 24 weg. Vervolgens naaide hij een stuk van een anderen regenworm, dat uit het 4e tot 7e segment bestond, zoodanig op het achterste stuk van den eerste vast, dat het 4e segment met het grootte stuk vereenigd werd en dus het voorstuk met zijn vooreinde tegen het achterste stuk aankwam. Er vormde zich nu een kop en

enkele segmenten aan het 7e segment. Zoo ontstond weer een zich normaal bewegend dier, dat later bij sectie een centraal zenuwstelsel bleek te bezitten, dat met de zenuwen van het achterste deel samenhang.

Het merkwaardige in deze proef is, dat het kleinste voorste stuk door den invloed van het grootere achterste zoodanig veranderd werd, dat het vrije uiteinde, dat, als het aan den oorspronkelijken kop van den tweeden worm was blijven zitten een staart gevormd zou hebben nu een kop gevormd heeft, dat dus zijn polariteit is omgekeerd. Ook hier is het weer niet mogelijk, de verschijnselen bij de regeneratie uit een gepreformeerde structuur te verklaren. Want het zelfde weefsel groeit in het eene geval uit tot kop, in het andere tot staart. Er is dus een beginsel in, dat het zich doet schikken naar de omstandigheden.

De zelfde merkwaardigheid vinden wij terug bij de zeesterren. Als wij van zoo'n dier een arm afsnijden, groeit aan de schijf een nieuwe arm, aan den arm, een nieuwe schijf met armen. Daar men hiervoor niet precies aan de basis van den arm behoeft te snijden, zal al naargelang het weefsel aan de basis van den arm met den arm of met de schijf verbonden blijft, uit dat weefsel een schijf of een arm gevormd worden. Dus ook hier weer die wederzijdsche invloed der verschillende deelen, die hen zich voegen doet naar elkander, zoodat een bruikbaar geheel verkregen wordt. De deelen gaan niet hun eigen weg, volgens een vooruit daarin vastgelegd plan, maar het plan wordt gewijzigd in de richting, die tot een levensvatbaar individu voert.

En al komen er dan enkele gevallen voor, waar tengevolge van een bijzondere vorm van verminking eene regeneratie plaats heeft, die niet doelmatig is, zooals bv. de kunstmatige veelhoofdigheid van dendrocoelum lacteum, dan volgt hier toch alleen maar uit, dat men wel experimenteele voorwaarden kan scheppen, waartegen de natuur van het dier niet is opgewassen.

Al zouden wij er in slagen, de afzonderlijke verrichtingen van elk orgaan tot natuur- en scheikundige gebeurtenissen terug te brengen, dus causaal te verklaren, dan zou toch nog die samenhoorigheid der verrichtingen, waardoor het dier een geheel wordt en telkens weer in overeenstemming komt met zijn omgeving, niet verklaard zijn. Juist die eigenschap, die het dier of de plant in staat stelt om onder verschillende uitwendige omstandigheden te leven, om zich aan te passen aan zijne omgeving, die het ons doelmatig doet voorkomen, kunnen wij niet causaal verklaren. Verschillende onderzoekers hebben er verschillende principes voor aangenomen. VAN DRIESCH bv. neemt een speciale eigenschap der levende wezens aan, waardoor hunne reactieve verrichtingen zoo geleid worden, dat zij het dier ten goede komen. Het is een in zijn wezen gelegen, op een doel gericht zijn, dat

hij *entelechie* noemt. Anderen nemen een onstoffelijk iets aan, dat zich met de materie zou verbinden en haar andere eigenschappen boven de natuurlijke verleenen. Het zou niet in staat zijn energie voort te brengen of te doen verdwijnen, maar wel remmend of versnellend op het energieverbruik kunnen werken.

In elk geval, ook al nemen wij niet onze toevlucht tot onstoffelijke verklaringen, moeten wij dit doelmatige als een bijzonder principe aanvaarden, dat wij nog niet causaal kunnen ontleden.

De Darwinistische verklaring van het ontstaan der soorten heeft dit wel gepoogd. Zij beroept zich dan op het feit, dat elk wezen dat niet past in zijn omgeving, in den strijd om het bestaan moet ondergaan. Slechts de eigenschappen, die in dien strijd een voordeel gaven, konden, wanneer zij erfelijk ontstonden behouden blijven. Maar dit verklaart toch het ontstaan van die harmonie nog niet. Beschouwen wij bv. een spin, die moet leven van de insecten, die zij in haar web vangt. Als niet de spinklieren, de behoorlijk geplaatste tepels, de weefklauwtjes in harmonie met de afmetingen harer pooten, alle tegelijk aanwezig zijn met nog de eigenschap, dat haar pooten niet, die der vliegen wel aan het web kleven, en bovendien het weefinstinkt, het vanginstinkt en bepaalde organen en instinkten voor de voedselopname, zal het dier van de wel aanwezige veranderingen eerder nadeel dan voordeel hebben, er is dan geen enkele reden waarom de dieren met die afwijkingen zouden overblijven.

Wij zouden dus moeten aannemen, dat de wevende spin in eens uit een niet wevende soort ontstaan is, als sprongmutatie. Maar dan blijft de sprong en het optreden van die coördinatie toch geheel onverklaard.

Wij hebben in het voorafgaande reeds in eenige gevallen de harmonische samenwerking van verrichtingen aan reflexwerkingen toegeschreven, wij moeten daarom ook de reflexen wat nader beschouwen. Daarvoor moeten we echter eerst ons met den prikkel bezighouden. Het is moeilijk over prikkels te spreken, omdat wij daaronder verschillende dingen verstaan. Wanneer een al of niet van buiten komende energie-overdracht in een organisme een bepaalde levensuiting te voorschijn roept, noemt men die energie „prikkel”. Maar de toestandsverandering in het orgaan, bv. de zenuw, de spier noemt men ook prikkel. De Duitschers trachten dit bezwaar te ondervangen, door in het eerste geval van Reiz in het tweede van Erregung te spreken, maar doen dat niet consequent. Men zou in het Nederlandsch van prikkel en beroering kunnen spreken; maar dat is geen gewoonte.

Nu is het merkwaardige van den prikkel, dat zij slechts het gevolg van een geringe energie-overdracht behoeft te zijn, om een groote hoeveelheid energie te doen omzetten. Ik kan bv. een spier door een

kleinen stoot of een electriche ontlading prikkelen. Er volgt dan een samentrekking, die een gewicht opheft. Ik kan ook de zenuw prikkelen, die naar de spier gaat. De prikkel plant zich dan voort naar de spier en doet deze zich samentrekken.

Het zijn vooral de zenuwen, die de prikkels geleiden, maar ook ander levend weefsel doet dit. Wij weten, dat in het hart de prikkel door de spiervezels wordt voortgeleid; bij het kruidje-roer-mij-niet plant hij zich voort door de bladeren en bladstelen, die geen zenuwen hebben.

De vorm der energie is niet onverschillig. Als wij een zenuw mechanisch willen prikkelen hebben wij vrij veel energie noodig. Voor de heupzenuw van een kikker bedroeg dit 24,5 erg, indien de energie door vallende kwikdruppels geleverd werd, zoodat zij uit het gewicht en de valhoogte berekend kon worden. Wij kunnen de zenuw ook prikkelen door een condensator-ontlading. Daarbij wordt de energie door de capaciteit en de ladingsspanning bepaald. Voor de heupzenuw van den kikker was bij een capaciteit van 0,0011 microfarad een lading van 0,14 volt noodig dus  $2 \times 10^{-4}$  erg. De kuitspier lichtte dan een gewichtje van 50 gram enkele millimeters op wat met een arbeid van 100—200 erg overeenkomt. Veel gevoeliger zijn de zintuigen voor specifieke prikkels. De kleinste hoeveelheid lichtenergie of geluidsenergie, die door oog of oor kunnen worden waargenomen zijn van de orde van  $10^{-10}$  erg.

Er worden nu door onze zintuigen en onze inwendige organen tal van prikkels opgenomen en voortgeleid, die niet tot ons bewustzijn worden gebracht, maar die bij hunne geleiding in het zenuwstelsel in andere banen worden afgebogen naar spier of klier en daar een effect te weeg brengen. Dat noemt men reflex. Al komen de reflexen buiten het bewustzijn om tot stand, hun uitwerking kan toch wel weer bewust worden. De reflexen kunnen aangeboren zijn, zooals de zuigbeweging bij zoogdieren, de pupilreflex op verlichting van het oog en vele andere. Zij kunnen ook door oefening verkregen worden bv. het loopen, het wielrijden bij den mensch en allerlei dressuren bij dieren. Dit zijn de voorwaardelijke. Het merkwaardige, van deze reflexen is, dat de reacties toen zij aangeleerd werden met gebruikmaking van den wil tot stand kwamen, maar dat zij later niet meer tot bewustzijn komen.

De reflexen bij den mensch en de hoogere dieren kunnen zeer ingewikkeld zijn. Bij elke beweging, die wij maken moeten we onzen geheelen evenwichtstoestand wijzigen, omdat wij ons zwaartepunt verplaatsen. Als wij bv. een voorwerp met gestrekten arm van ons afhouden, moeten wij niet alleen alle armspiieren, maar ook die van romp en beenen andere spanningen geven, om in evenwicht te blijven. Dit alles geschiedt langs reflectorischen weg door prikkels,



die in de pezen, spieren en gewrichten ontstaan. Van die geheele nieuwe innervatie wordt ons niets bewust.

Een arbeidend orgaan, dat meer bloed noodig heeft, krijgt dit, omdat de bloedvaten reflectorisch verwijd worden en zoo noodig het hart zijne werking verhoogt.

Moeielijker wordt nog de vraag naar het wezen van gewaarwording en bewustzijn. Ik geloof niet, dat we die twee behoeven te scheiden. Immers met de gewaarwording zijn we reeds in het bewustzijn aangeland. Wij kunnen ons geen gewaarwording zonder bewustzijn denken.

Wanneer de physioloog experimenteert over spiercontractie, over afscheiding of stofwisseling, dan kan hij het resultaat van het veranderen van een of meer omstandigheden door waarneming vaststellen. Bij het bewustzijn is dat niet het geval. Daar moet men door analogie of langs een omweg tot veranderingen besluiten. Want het eenige bewustzijn, dat wij kunnen waarnemen, de eenige waarnemingen, die wij werkelijk beleven, zijn onze eigene. Van de waarnemingen en den bewustzijnsinhoud van anderen weten we maar van hooren zeggen. Wij zullen namelijk nooit kunnen vaststellen, of een ander de dingen precies zoo waarneemt als wij.

Wij kunnen hem er wel naar vragen, maar hoe zullen wij weten, of wij met dezelfde woorden hetzelfde bedoelen. Stelt U eens voor, dat iemand wel evenveel fundamenteele kleurgewaarwordingen had als wij, maar andere, zoodat hij bv. van het roode licht een zelfde sensatie had als wij van het blauwe en dat wat wij blauw zien bij hem een sensatie B gaf, die wij niet kennen. Dan zouden wij dat nooit merken. Want hij zou geleerd hebben om de dingen, die bij hem de gewaarwording blauw gaven, rood te noemen en die bij de sensatie B behoorden blauw. Wij zouden met hem over de kleuren sprekende het volkomen eens zijn, hoewel wij die geheel verschillend zagen. Wij zijn dus nooit zeker, of iemand, die zijne gewaarwordingen juist zoo beschrijft, als wij de onze gevoelen, ook precies hetzelfde onervindt. Wij zijn hier dus al van het gebied der physiologie op dat der psychologie overgegaan.

Voor een nog lastiger geval staan wij bij waarnemingen over de psychische functies van dieren, daar wij nu zelfs de spraak ook nog missen en wij dus besluiten moeten uit hunne handelingen. Daarbij loopt men altijd gevaar samengestelde reflexen voor bewuste handelingen te houden. Als wij bedenken, wat slaapwandelaars, epileptici tijdens een psychisch aequivalent en dieren zonder groote hersenen nog voor samengestelde dingen kunnen doen, zullen wij zeer voorzichtig zijn bij het toeschrijven van bewustzijn aan bepaalde handelingen.

Wel hebben physiologisch experiment en klinische waarneming

verbonden met anatomisch onderzoek na operatie of na den dood de beschrijvende physiologie van de hersenen veel vooruit gebracht. Wij weten van een groot aantal stoornissen in gevoel, beweging, spraak, schrijven, lezen, van evenwichtsstoornissen enz. in welke deelen van de hersenen de veranderingen, die hen veroorzaken gelegen zijn. In een aantal gevallen kunnen wij daarom door operatief ingrijpen genezing brengen of erger voorkomen.

Maar de verklaring dezer verschijnselen ontgaat ons nog en van een herleiden tot natuurkunde of scheikunde is geen sprake.

Dat wij dan ook het denken nog niet begrijpen, is na het voorgaande wel duidelijk. Denken is het ordenen en het met elkander in betrekking brengen van bewustzijnsinhoud. Het zal dus zeker niet verklaard kunnen worden, zoolang wij het bewustzijn niet begrepen hebben.

### *Dames en Heeren,*

Wij hebben dus in het voorafgaande gezien, dat wij, als wij de levensverschijnselen willen trachten te verklaren aan de verklaringsbeginselen der natuur- en scheikunde niet genoeg hebben, maar dat wij ten minste nog vier principes moeten aannemen als eigen aan het leven:

1°. Het in twee richtingen gaande stofwisselingsproces, opbouw en ontleding of *assimilltie* en *dissimilatie*, door velen als het meest essentieele kenmerk beschouwd.

2°. De prikkelbaarheid met de daaraan verbonden geleiding van den prikkel, de *irritabiliteit*, die zich eenerzijds ontwikkelt tot een systeem van reflexen, andererzijds tot zintuigelijk gevoel.

3°. Het vermogen, om bewegingen uit te voeren, die niet door van buiten werkende invloeden worden opgewekt, — *automatie* en om die bewegingen, maar ook allerlei andere processen, die in het lichaam plaats hebben, zoodanig te regelen, dat zij onderling en met de eischen der omgeving in overeenstemming zijn. Harmonische zelfregeling, *autonomie*.

4°. Wellicht alleen bij hoogere dieren en mensch de *zintuigelijke waarneming* en het *bewustzijn*.

Men kan zich nu nog afvragen: kunnen wij deze beginselen niet op die der physica en chemie terugbrengen, omdat onze kennis der physiologie nog te gebrekkig is? Of schieten hier natuur- en scheikunde te kort en staan wij hier voor raadselen, die ons kenvermogen te boven gaan?

Het antwoord, dat iemand hier geneigd zal zijn te geven, zal voor een groot deel bepaald worden door de verwachting, die hij koestert met betrekking tot de toekomst van de techniek en de natuur-

wetenschap en omtrent de vindingrijkheid van den toekomstigen mensch. Veel, wat vroeger onverklaarbaar scheen, is ons thans duidelijk. Wij kunnen moeielijk voorspellen, wat in dat opzicht voor ons nageslacht is weggelegd. Maar dat men het bewustzijn of de gewaarwording causaal zal verklaren, acht ik niet aannemelijk en aan de causale verklaarbaarheid van de doelmatigheid, de prikkelbaarheid en de autonomie blijf ik met DUBOIS—REYMOND twifelen.