

EVOLUTIE IN DE SYSTEMATIEK

door prof.dr. Marc S.M. Sosef



WAGENINGEN UNIVERSITEIT

WAGENINGEN **UR**

Inaugurele rede uitgesproken op 25 oktober 2007 uitgesproken
in de Aula van de Wageningen Universiteit.

Evolutie in de Systematiek

Mijnheer de Rector Magnificus, geachte aanwezigen,

Het heeft even geduurd, mijn inaugurele rede, maar dan heb je ook wat, tenminste dat hoop ik. Ik hoop u in ieder geval de komende drie kwartier te vermaken met en interesseren in een vakgebied vol ontwikkeling: de biologische systematiek of kortweg biosystematiek. Een vakgebied dat de laatste zeg 20 jaar een enorme verandering heeft doorgeemaakt, een nieuw gezicht en nieuw elan heeft gekregen, opnieuw is opgebloeid, enorm is geëvolueerd. Maar ook een vakgebied waarbinnen onderzoekers én ondersteunend personeel vaak met enorm veel passie aan het werk zijn.

Kortweg brengt het systematisch onderzoek de aardse biodiversiteit in kaart en probeert haar vanuit een evolutionair perspectief te doorgronden en te verklaren, haar complexiteit te doorzien en te begrijpen. Hoe ziet die aardse biodiversiteit er uit, en hoe is zij ontstaan? Vragen waar systematici een antwoord op proberen te vinden.

Logischerwijs volgt nu de 'waarom'-vraag. Waarom willen we dat weten? Weten welke soorten planten, dieren en andere organismen er op aarde voorkomen. Waarom moeten al die soorten een naam hebben? Waarom willen we weten welke soorten nauw aan elkaar verwant zijn en welke niet? Weten hoe nieuwe soorten ontstaan en andere uitsterven? Die waarom-vragen zijn typisch vragen van deze tijd. Onderzoek kost geld, dus moet het wel een bepaald doel dienen, nuttig zijn. Je moet je als onderzoeker kunnen verantwoorden voor je werk, en er liefst zelfs geld mee ver-

dienen in de vorm van externe financiering. Wel, het mooie van systematisch onderzoek is dat het nut zó evident is, dat het onvoorstelbaar is dat juist dit onderzoek lange tijd in een verdomhoekje heeft gestaan. Helaas is het niet net zo evident dat ook die externe financiering dan als vanzelf binnen komt stromen.

Systematiek levert het onmisbare raamwerk voor biologisch onderzoek, het geeft namen aan de natuurlijke eenheden, de soorten, geslachten, families, en beschrijft die eenheden. Het laat zien hoe de ene soort is te onderscheiden van de andere, hoe je die dus kunt herkennen, geeft aan waar elke soort voorkomt, en probeert ten slotte te begrijpen hoe al die variatie, die biologische diversiteit ofwel biodiversiteit, is ontstaan. Dat zijn de onontbeerlijke handvatten noodzakelijk om überhaupt over de natuur te kunnen praten, na te kunnen nadenken, onderzoek te doen, en die natuur te begrijpen.

Een paar voorbeelden:

1. Stel er staat een container fruit uit Mexico in de haven van Rotterdam, en men heeft geconstateerd dat daar een kolonie kevers in rondkruipt. Vraag is, is dit een Nederlandse keversoort of komt hij uit het buitenland? Wat gebeurt er wanneer die kever in het Nederlandse landschap wordt losgelaten? Is dit schadelijk voor onze landbouwgewassen? Gaat hij hier gewoon dood? Is hij misschien schadelijk voor van nature in Nederland voorkomende keversoorten? Etc. Dus, men haalt de PD, de Plantenziektkundige Dienst, erbij. Eerste vraag: "Welke soort is dit?". Want pas na een juiste identificatie en dus met de juiste naam van dit beestje kunnen we uitzoeken of er ergens iets bekend is over de schade-

lijkheid ervan. Dan is het wel handig wanneer de diversiteit van kevers in Mexico goed in kaart is gebracht, zodat we dit beestje überhaupt kunnen determineren. Ik kan u verzekeren dat de keverdiversiteit van Mexico nog lang niet goed in kaart is gebracht, en ga er dus maar aan staan als PD! Die PD, en vele andere organisaties, hebben grote behoefte aan systematische kennis.

2. Nog een voorbeeld. Onze land- en tuinbouw is economisch gezien van groot belang voor ons land. Veredelaars proberen enerzijds nieuwe rassen te maken die beter bestand zijn tegen ziektes en plagen of b.v. vorst, of droogte veroorzaakt door ons veranderende klimaat. Anderzijds zijn ze bezig om het product zelf te verbeteren; lekkerder tomaten, mooier gekleurde en langer houdbare snijbloemen etc. De economische relevantie daarvan is enorm. De veredelaars zoeken de gewenste eigenschappen meestal in soorten die verwant zijn aan het gekweekte materiaal. Welke soorten dat zijn, waar je die op aarde kunt vinden, en hoe je die kunt herkennen en welke uiterlijke kenmerken ze hebben is dus essentiële informatie voor een succesvol veredelingsprogramma, en die kennis wordt geleverd door ons systematisch onderzoek.

3. Ik zei het al, we leven in een tijd van Global Change, het klimaat verandert. De natuur verandert mee, vogels gaan eerder broeden, vegetatiegordels schuiven op naar het noorden, in Nederland arriveren planten en diersoorten uit het zuiden die zich hier vroeger niet konden voortplanten. Welke soorten zijn dat dan en hoe kan ik die herkennen? Waar komen die van nature voor? Wat zijn de inheemse Nederlandse plantensoorten die nauw verwant zijn aan deze nieuwkomer, en die er mogelijk mee kunnen gaan kruisen?

Heeft deze soort de potentie een plaag te gaan vormen, of is het slecht voor de hooikoorts-patiënten (denk aan de Ambrosia-alsem)? En hoe zit het eigenlijk met de invloed van klimaatsveranderingen op tropische ecosystemen? Wederom allemaal vragen waaruit de noodzaak en onontbeerlijkheid blijkt van een gedegen systematische kennis van onze aardse biodiversiteit.

4. Verder zal het duidelijk zijn dat vrijwel alle biologisch onderzoek, in Nederland of in de tropen, of je nu onkruiden op akkers onderzoekt of de vlinderdiversiteit van een tropisch regenbos, of je de natuur nu integraal wilt beschermen of juist moet kiezen welke bomen je laat staan en welke je omkapt, niemand kan zonder de basale gegevens over soorten. Hoe heten ze; hoe herken ik ze; zijn ze zeldzaam of niet; waar komen ze precies voor.

Tot slot is er natuurlijk ook een zekere wetenschappelijke nieuwsgierigheid, noem het academische vrijheid. Waarom willen we weten hoe het heelal is ontstaan, hoe sterrenstelsels functioneren, dat er zoiets als quarks bestaan als kleinste deeltjes binnen in de deeltjes waaruit de kern van een atoom is opgebouwd? Waarom willen we weten hoe DNA is opgebouwd, hoe evolutie precies werkt, welke gesteentes en mineralen er op onze aarde voorkomen, en welke soorten planten, dieren, schimmels en bacteriën deel uitmaken van de aardse biodiversiteit. Voor een deel is dat allemaal ook het willen begrijpen waar we zijn in het heelal, waar we als mensen staan in het grote samenspel van de aardse natuur, als onderdeel daarvan, maar ook als product van dat allesomvattende proces: evolutie.

Feitelijk vormt systematische kennis vaak een eerste en daarmee essentiële schakel van een waardeketen voor kennis en innovatie. Kennis en innovatie in de land- en tuinbouw, binnen de mondiale natuurbescherming, binnen voedselkwaliteit, farma en gezondheid, en binnen vrijwel alle biologisch onderzoek. Het is eigenlijk zeer merkwaardig dat de systematici in het verleden zoveel moeite hebben gehad om het grote nut van hun onderzoek voor de mensheid in de schijnwerpers te krijgen. Hun werk werd vaak afgedaan als 'weinig innovatief' en 'stoffig'. Hoe anders is de huidige werkelijkheid!

Over die werkelijkheid, maar ook over de historische ontwikkeling van dat mooie werkveld van de systematiek wil ik u nu iets laten.

Systematici onderzoeken dus de aardse biodiversiteit en proberen het ontstaan daarvan te begrijpen en te verklaren. De vraag over het ontstaan van alle mogelijke vormen van leven, van al die verschillende soorten, kan alleen worden bestudeerd wanneer we die vormen eerst hebben beschreven en omgrensd. Voor het voeren van een ondubbelzinnige wetenschappelijke communicatie over levende organismen is het vervolgens noodzakelijk dat die vormen ook een naam hebben. Beide zaken werden reeds begrepen door de filosofen en wijsgeren uit de Griekse oudheid, die zagen dat er een behoorlijke Babylonische spraakverwarring heerste. Eén en dezelfde soort was bij de Grieken bekend onder naam A, maar bij de Egyptenaren stond hij bekend als zus, en de Turken noemden hem zo, enz. Vandaar dat men reeds in die tijd begon met het aanleggen van dit fundament voor de wetenschap. Aan de basis van deze prille systematische onderzoeken staan Aristoteles en zijn leerling Theophrastus. De eerste legde de basis voor een inde-

ling van het dierenrijk, de tweede voor het plantenrijk. Zij zagen reeds in de vierde eeuw vóór Christus dat er structuur zat in deze rijken. Bepaalde soorten lijken erg op elkaar, en vormen herkenbare groepen. Dergelijke groepjes kon je samen nemen tot weer grotere eenheden. Zij zochten naar de manier om de natuur in te delen, te classificeren. Ze zochten naar de hiërarchie in de natuur. Stelt u zich eens voor: Theophrastus wist niet wat meeldraden waren, of een stamper. Er bestonden geen woorden voor de onderdelen kelk en kroon. Hij wist niet wat steunblaadjes waren, of dat bladen soms ongedeeld en soms samengesteld kunnen zijn. Tot slot waren er geen loupjes. Hij deed een poging de planten in te delen in 4 hoofdgroepen: bomen, hoge struiken, lage struiken en kruidachtige planten. Hij zag echter zelf al dat dat geen gelukkige indeling was, want wanneer je bv. een granaatappelboom regelmatig snoeit wordt het een hoge struik. Toch vond men de indeling wel praktisch en bleef men die tot in de Renaissance gebruiken.

Na deze Griekse wijsgeren waren er slechts enkelen die nog iets toevoegden aan de biologische kennis, met als belangrijkste Dioscorides en Plinius de Grote in de eerste eeuw na Christus, maar daarna zou het bijna stil worden op het gebied van het in kaart brengen van de levende natuur. Vele eeuwen lang probeerde men de informatie van de titanen uit de oudheid te interpreteren en te begrijpen. Geleerden uit Frankrijk, Duitsland, Engeland en Nederland, maar ook uit Italië, Turkije en de Arabische landen maakten vele vertalingen en bewerkingen van hun geschriften, waarbij de fouten zich opstapelden. Hier in West-Europa bv. probeerde men de hier voorkomende planten en dieren terug te vinden in de oude geschriften, die waren gebaseerd op planten en dieren uit Zuid-Europa en het Midden-Oosten. We weten

nu dat de meeste planten en diersoorten die in onze streken leven niet in Zuid-Europa voorkomen, dus dat dat een tamelijk hachelijke onderneming was.

Het duurde tot aan de Renaissance, de Verlichting, totdat er feitelijk werd getracht om ook nieuwe kennis te genereren. Getalenteerde en gedreven apothekers en artsen, die toen chirurgijnen heten, schreven hun kennis over geneeskrachtige en eetbare planten op papier. De boekdrukkunst werd uitgevonden en de tijd van de grote Kruidboeken brak aan. Informatie over nuttige planten werd gemeengoed, en er werden goede, accurate en dus herkenbare afbeeldingen geproduceerd. Eén van de beste en fraaiste kruidboeken uit die periode was die van Dodoens, *Dodoneus* in het Latijn, een Nederlandstalig werk waarvan de eerste druk verscheen in 1554. Dodoens, van oorsprong een Vlaming, werd beroemd met zijn Kruidboek, waardoor hij b.v. enkele jaren lijfarts mocht zijn aan het keizerlijk paleis te Wenen. Een andere Vlaming, Matthias de Lobel, ofwel Lobelius, publiceerde zijn eigen Kruidboek in 1581. In 1582 werd Dodoens benoemd tot hoogleraar geneeskunde aan de kersverse Leidse Universiteit, die 7 jaren daarvoor door Prins Willem van Oranje was opgericht.

Dodoneus overlijdt helaas 3 jaar na zijn aankomst in Leiden, maar zijn kennis over medicinale en andere planten wordt zeer gewaardeerd en de bestuurders van de Universiteit willen dat deel van het vakgebied geneeskunde behouden. In 1587 wordt de Leidse Hortus Botanicus gesticht, en enkele jaren later wordt de toen al beroemde Carolus Clusius, een Fransman die in Vlaanderen had gestudeerd en óók in dienst was geweest bij de Weense keizer Maximilliaan II, maar daar aangesteld als Hofbotanicus, [dat lijkt me trouwens ook

een geweldig beroep] naar Leiden gehaald om de Hortus te beheren en studenten les te geven. [U merkt dat Vlaanderen een positieve stempel op ons Nederlands botanisch verleden heeft gedrukt. Ik neem aan dat onze huidige directeur van het Nationaal Herbarium Nederland beseft welke hoge verwachtingen er bij ons Nederlanders leven over de capaciteiten van Vlamingen...., maar dat terzijde.] Clusius is degene die b.v. de tulp naar Nederland heeft gebracht en een flinke steen heeft bijgedragen aan de introductie van de Zuid-Amerikaanse aardappel in Nederland en Europa. In Leiden heeft men de tuin uit de tijd van Clusius gereconstrueerd, een oase van rust dat zeker een bezoekje waard is, en waar, zoals sommigen onder u weten, ook nog enkele van mijn eigen voetsporen te vinden zijn. Het mag duidelijk zijn dat in deze periode het botanisch onderzoek zich als aparte discipline ontwikkelde, los van de geneeskunde. Men ging planten bestuderen om de planten zelf, en niet uitsluitend vanwege hun eetbaarheid of gebruik als medicijn. Ondertussen is ook ontdekt dat je planten door ze plat te maken en snel te drogen gedurende lange tijd kunt bewaren en bestuderen; de eerste herbariumexemplaren worden gemaakt.

De Gouden Eeuw brak aan, de VOC werd opgericht en even later ook de West-Indische Compagnie. In Nederland worden meerdere botanische tuinen gesticht, b.v. in Franeker, Harderwijk, Groningen, Utrecht en Amsterdam. In Nederland ontstond zo een kenniscentrum voor plantkunde dat enerzijds werd gevoed door menig geleerde plantkundige maar anderzijds door de vele nieuwe en onbekende soorten die er uit de Oost en de West werden aangevoerd. Antoni van Leeuwenhoek ontdekt in diezelfde periode de microscoop waarmee eindelijk de kleine structuren van planten en dieren goed kunnen worden bekeken. In Nederland wordt

nog tot op de dag van vandaag menige botanische schat uit die periode bewaard:

- het herbarium van de Duitse arts en botanicus Rauwolf uit 1565 en daarmee vrijwel de oudste herbariumcollectie ter wereld, dat wordt bewaard in de Leidse vestiging van het Nationaal Herbarium Nederland
- het oudste herbarium van het Nederlands taalgebied, dat van Petrus Cadé uit 1566, dat bewaard wordt bij de Utrechtse vestiging van het Nationaal Herbarium Nederland,
- het herbarium van de Leidse apotheker Antoni Gaymans, met bijna 2500 planten uit de Leidse Hortus Botanicus verzameld tussen 1661 en 1675, in het bezit van het Leids herbarium, waar ik kort na mijn studie Biologie het voorrecht kreeg om dat te bestuderen.
- tot slot de grootste Wageningse schat, het herbarium van George Clifford uit omstreeks 1730, jonger dus dan de andere schatten, maar wel een stuk van dé collectie waar de jonge Linnaeus toen hij in Nederland verbleef mee heeft gewerkt. Dit herbarium wordt nu bestudeerd, gedigitaliseerd en ontsloten door Renske Ek.

En zo zijn we bij de beroemde Linnaeus aangeland. Linnaeus, wiens 300^e geboortjaar we juist dit jaar uitgebreid herdenken met allerhande activiteiten, publicaties en tentoonstellingen. Wat was er nu toch zo bijzonder aan die Linnaeus? Wel, behalve dat het een genie was op het gebied van de systematische biologie, hij had al op zeer jonge leeftijd een vrijwel ongeëvenaarde kennis van zowel planten als dieren, deed hij iets belangrijks met namen en met de indeling en ordening van de natuur. En zo zijn we weer terug waar we begonnen, bij naamgeving, omgrenzen van eenheden en

classificatie, ofwel bij dat deel van het huidige systematisch onderzoek dat we 'taxonomie' noemen.

Tijdens de Gouden Eeuw groeide de taxonomische kennis over planten en dieren in gebieden buiten Europa met grote stappen. Vele nieuwe onbekende soorten stroomden onze grenzen binnen, soms dood, maar ook levend. Al die nieuwe vormen werden beschreven en kregen namen. Een naam bestond in die tijd uit een korte aanduiding, b.v. 'de gele behaarde boterbloem met een knol en die in het veld staat', maar dan in het latijn. Maar hoe meer verschillende soorten er bekend werden, hoe moeilijker het werd de verschillen aan te geven en hoe langer deze officiële namen werden. Sommige namen van planten of dieren besloegen meerdere regels op een pagina! Leeft u zich eens in in de arme biologie-studenten van die tijd, die die lange namen uit hun hoofd moesten leren! Linnaeus zag dat dit beter kon; je moest de namen niet steeds ingewikkelder maken, maar juist eenvoudiger. Hij introduceerde het systeem van binaire naamgeving: elke soortnaam bestaat uit slechts 2 woorden. Met het eerste woord wordt het genus wordt aangegeven waartoe de soort behoort, en met het tweede woord de soort zelf. Een systeem dat tot op heden naar volle tevredenheid gebruikt wordt.

Ik voel het als een voorrecht om in dit feestelijke 'jaar van Linnaeus', deze rede te kunnen uitspreken. Om hem wellicht, als hij van daarboven in staat is om over onze schouders mee te luisteren, te laten zien hoe het verder is gegaan met de systematische biologie. Want verder ging het, in rap tempo. In Frankrijk werkte de grote Buffon, die gedurende 40 jaren zijn *Histoire Naturelle* publiceerde in 43 delen, maar ook andere grote Franse namen als De Jussieu en Adanson spe-

len een leidende rol in het beschrijven en classificeren van planten en dieren. In het begin van de 19^e eeuw domineren de Fransen wederom het toneel via Lamarck en de Zwitser in Franse dienst, Augustin de Candolle en zijn al even briljante zoon Alphonse. Allen trachten naast het beschrijven van de levende natuur ook de hiërarchische structuur ervan te ontrafelen.

En dan komt Darwin. Zijn boek "On the Origin of Species" verschijnt in 1859 en er gaat een schokgolf door de wereld, niet alleen die van biologen. Soorten zijn veranderlijk; de ene ontstaat uit de andere door geleidelijke verandering, door evolutie. Het wordt in één klap duidelijk wat de oorsprong is van die hiërarchie in de natuur. Soorten die op elkaar lijken zijn nauw aan elkaar verwant, ze stammen van dezelfde voorouder af. Het belang van classificeren krijgt plots een andere dimensie. Een classificatie is 'goed' wanneer hij het verloop van de evolutie reflecteert. Toch duurt het nog een eeuw voordat in 1960 de Duitser Hennig de denkbeelden ontwikkelt en publiceert om via een min of meer objectieve analyse van uiterlijke kenmerken te komen tot het reconstrueren van de stamboom van een bepaalde groep. De 'Fylogenetische systematiek' is geboren. Het feit of een classificatie goed is of fout wordt toetsbaar aan de hand van de stamboom. Het streven is nu niet alleen naar goede classificaties, maar naar 'de juiste' classificatie, ofwel de natuurlijke classificatie, één die de evolutie reflecteert.

Het reconstrueren van het verloop van de evolutie ofwel de fylogenie, wordt een belangrijk, soms zelfs overheersend element van vele systematische studies. Eerst tot de eind 80-er en begin 90-er jaren nog vooral met behulp van de morfologie, de uiterlijke kenmerken, van plant en dier. Maar,

dan treedt het moleculaire tijdperk in, het tijdperk van het DNA. Steeds betere technieken maken het steeds makkelijker en goedkoper om stukjes van die drager van erfelijke eigenschappen te selecteren en te analyseren, om vervolgens daaruit het verloop van de evolutie af te lezen. Dat klinkt eenvoudig, maar systematici weten dat dat niet zo is. Gelukkig wordt ook op het methodologische vlak enorme vooruitgang geboekt en komt steeds snellere software beschikbaar om die fylogenetische analyses uit te voeren. Fylogenetisch systematici slaan de handen ineen en bouwen via het internet aan De Boom van het Leven, de Tree of Life. Met als resultaat dit fraaie schema, dat het ontstaan van het leven op aarde in beeld brengt. Eerst ontstonden de bacteriën, toen planten, dieren en tot slot ook schimmels.

Er komt echter kritiek vanuit de hoek van de morfologisch georiënteerde systematici: “Die fylogenetici zijn alleen nog maar met moleculen bezig, en kennen hun planten en dieren niet meer.”. Op sommige plaatsen ontstaan twee kampen: de morfo’s aan de ene kant en de moleculo’s aan de andere. Een slechte ontwikkeling die hier en daar tot polarisatie leidt. Gelukkig zijn de meesten tot inzicht gekomen dat we pas écht mooie dingen kunnen doen wanneer we beide zaken combineren. Een gedegen taxonomische studie gevolgd door een moderne fylogenetische analyse, tegenwoordig met Bayesiaanse statistiek, gevolgd door een analyse van de evolutie van bepaalde morfologische kenmerken. Hoe heeft het ontwikkelen van bepaalde evolutionaire noviteiten een rol gespeeld bij het ontstaan van nieuwe soorten binnen deze groep? Die combinatie van verschillende onderdelen van systematisch onderzoek leidt tot wat ik noem ‘Geïntegreerde systematiek’, en het is mijn overtuiging dat slechts die inte-

gratie leidt tot echte innovatie binnen ons vakgebied, tot de hoogste kwaliteit van onderzoek.

Laten we bv. eens terug gaan naar het probleem van de Plantenziektkundige Dienst. Welke kever is dit? Het DNA onderzoek heeft namelijk niet alleen geleid tot fraaie stambomen, maar ook tot meer inzicht in het feit dat elke soort op aarde zijn eigen unieke set DNA heeft. Een set die je ook zou kunnen gebruiken om soorten te identificeren, op naam te brengen. Dit heeft geleid tot het mondiale DNA Barcoding initiatief. Een barcode is de volgorde van de 4 verschillende basenparen van een gestandaardiseerd klein stukje van het DNA. Die code kun je voor alle soorten proberen te achterhalen. Getrokken door het Consortium for the Barcoding of Life, CBOL, met als centrale speler de University of Guelph in Canada, heeft men zich tot doel gesteld om alle bekende soorten dieren, planten, schimmels etc., op dit moment iets van 1,7 miljoen, te barcoderen. Een giga-onderneming waar al veel Amerikaans geld in wordt gestopt. Europa loopt zoals gewoonlijk helaas een beetje achter. Resultaat moet zijn een enorme Barcode of Life Databank, die het mogelijk maakt om onbekende organismen mee te vergelijken en zo te identificeren. De ontwikkelingen op dit vlak, en op het gebied van de nanotechnologie gaan zo hard dat we verwachten dat er binnen een jaar of 15 kleine zak-computertjes op de markt komen waar je een stukje van het organisme in stopt, en waar dan na verloop van tijd de naam van de soort uit rolt. Dit lijken nu nog Star Trek-achtige taferelen, maar die zijn dichterbij dan we denken. Mijn collega Freek Bakker is voorzitter van de belangrijke Wetenschappelijke Adviesraad van CBOL, en speelt ook een prominente rol binnen het DNA Barcoding project van de Plantenziektkundige

Dienst. Barcoding dus, een ontwikkeling waar Linnaeus trots op zou zijn.

Maar, voordat er een barcode wordt afgelezen van het DNA van een organisme en toegevoegd aan de Barcoding of Life Database, wil men natuurlijk zekerheid over de juiste identiteit van dat plantje, beestje, schimmeltje, of wat dan ook. Bovendien kan er een geringe barcode-variantie binnen een soort optreden, dus streeft CBOL ernaar om bij elke soort van tenminste 10 verschillende exemplaren die barcode te bepalen. Daar komen dan de systematici, de taxonomen, de specialisten die hun planten en dieren kennen weer om de hoek. Zij zijn de enige die de identiteit van het organisme waar het DNA uit wordt gehaald kunnen bepalen. Bovendien vormt hún levenswerk, hun overzichten en beschrijvingen van alle bekende soorten, van de aardse biodiversiteit, de onmisbare basis voor het CBOL initiatief. Op hun beurt komt het ook voor dat CBOL na het screenen van organismen die onder één en dezelfde naam waren aangeleverd ontdekt dat sommigen daarvan een duidelijk afwijkende DNA barcode bezitten. Dit wordt teruggekoppeld naar de taxonomen met het verzoek nog eens goed te kijken of er zich onder het materiaal geen onbekende nieuwe soorten bevinden. Zo wordt focus aangebracht binnen het werk van taxonomen, en snijdt het mes aan twee kanten; helpt CBOL bij de ontdekking van nieuwe soorten.

Echter, ook zonder CBOL worden er elk jaar vele nieuwe soorten ontdekt, en beschreven. Soms realiseren we ons onvoldoende dat slechts een klein deel van de 10 tot misschien wel 30 miljoen soorten die er op aarde voorkomen bekend is. Natuurlijk zijn van opvallende groepen als zoogdieren, vogels, planten, vlinders, de meeste soorten

wel beschreven, maar van grote andere groepen beginnen we pas net te begrijpen hoe groot ze feitelijk zijn. En zelfs onder de zoogdieren: denk even aan onze landgenoot Marc van Roosmalen die in het regenbos van Brazilië niet zo lang geleden vele nieuwe apensoorten ontdekte. Het werk van Linnaeus is dus nog lang niet af! Ook vanuit de LSG Biosystematiek alleen al worden elk jaar nog zo'n 5 à 10 nieuwe Afrikaanse plantensoorten beschreven, veelal uit het land Gabon, waarmee een speciale band is opgebouwd. Dat kunnen kleine onopvallende kruidjes zijn maar ook grote woudreuzen. Binnenkort hopen we zelfs een publicatie in Nature of Science te krijgen waarin we een geheel nieuwe plantenfamilie, door ons ontdekt in Gabon, toevoegen aan de Tree of Life.

Systematiek is bij uitstek een wetenschap met een hoog 'ontdek-gehalte'. Ontdekkingen doen, exploreren, veldwerk, verzameltochten naar onbekende gebieden, het hoort er allemaal bij. Nederland is met haar rijke geschiedenis van VOC en overzeese gebiedsdelen als Indonesië, Suriname, en handelsposten in Afrika altijd erg actief geweest in het verzamelen van natuurhistorische collecties. Die collecties vormen wereldwijd de huidige collectieve kennis over de aardse biodiversiteit. Vaak is alles wat we over bepaalde soorten weten terug te leiden tot een paar exemplaren ergens in één van die collectie-instituten, de herbaria en zoologische musea. Die collecties vormen zo dus onze collectieve mondiale databank van biodiversiteits-kennis. En Nederlands is een land met top-collecties, waar menig ander systematisch instituut van zou watertanden. Die collecties trekken veel buitenlandse wetenschappers aan die ze komen bestuderen, in Wageningen alleen al zo'n 50 per jaar. Nog los van de duizenden exemplaren die elk jaar naar het buitenland te leen

worden opgestuurd. De Leidse vestiging van het Nationaal Herbarium Nederland, het NHN, heeft de beste plantencollectie ter wereld uit Zuid-Oost Azië; de Utrechtse de beste voor Suriname en de Guyana's; Wageningen is nummer 4 op de ranglijst van herbaria van belang voor de studie van planten uit het Afrikaanse regenbos, en heeft de beste collecties voor Gabon, Liberia en Benin. De drie vestigingen van het NHN hebben samen 6 miljoen exemplaren. Het Zoologisch Museum Amsterdam heeft bijna 15 miljoen dierlijke exemplaren, met wereldcollecties op het gebied van Zuid-Oost Azië, Zuid-Amerika, de Caraïben en mariene fauna. Naturalis heeft een collectie van vergelijkbare grootte met zwaartepunten op vogels, op vissen, slakken en koralen uit Zuid-Oost Azië, en vele andere zaken. Daarnaast herbergen deze instituten natuurlijk de Nederlandse biologische collecties. Ook het Nederlands systematisch onderzoek draait mee in de mondiale top.

En toen ontstond het idee om al deze topinstituten samen te voegen, tot een Nederlands Centrum voor Biodiversiteit het NCB. Een Europees centrum met een grote ambitie voor innovatie van de systematische biologie; een instituut dat Nederland een leidende rol zal geven op het gebied van modern systematisch onderzoek en onderwijs, met sterke links naar de academische onderzoeksgroepen in Leiden, Amsterdam en Wageningen. Utrecht heeft zich om voor mij nog steeds onbegrijpelijke reden uit het initiatief teruggetrokken. Een nieuw Centrum met ook educatieve taken en een belangrijke uitstraling naar het bredere publiek via een museum nóg fraaier dan Naturalis nu al is, met een efficiënt en modern beheers- en ontsluitingsplan voor al die miljoenen collecties, en met tal van maatschappelijke taken. Alle denkbare organisaties en alle lagen binnen het Ministerie

OC&W staan pal achter dit ambitieuze plan, alleen de Minister zelf geeft aan “ik weet het nog niet”.... Ik houd goede hoop op een positieve afronding van dit plan waar zoveel positieve energie in is gevloeid.

Ik sprak over ontsluiting van de collecties, over collecties als databank van onze kennis over de biodiversiteit op aarde. Die kennis moet naar buiten! Beschikbaar zijn, niet alleen voor het systematisch onderzoek zelf, maar ook voor al die andere onderzoekers en organisaties die zo afhankelijk zijn van taxonomische kennis. Natuurbeschermers, planologen, ecologen, de douane, en noem maar op. We leven in het informatietijdperk en daar maken systematici zeer dankbaar gebruik van. Collectiegegevens worden in rap tempo gedigitaliseerd, en komen met grote snelheid via de digitale snelweg, het internet, beschikbaar. Collectie-instituten zitten op een pot met goud. Bijvoorbeeld via de centrale portal van GBIF, de Global Biodiversity Information Facility, kun je met enkele drukken op de knop achterhalen in welke instituten exemplaren van de soort die je zoekt beschikbaar zijn, en waar die soort voorkomt. Nog wat verder wordt systematische literatuur, van Linnaeus tot nu, vaak oudere literatuur dus maar zeer essentieel voor een taxonomische studie, in rap tempo beschikbaar gemaakt. Ook steeds meer collecties zelf worden via foto's of scan ontsloten en zijn digitaal te raadplegen, met voorrang voor de type-exemplaren. Enorme databestanden met namen, synoniemen, correcte namen én met literatuur waarin je meer informatie over een bepaalde groep komen via het web beschikbaar. Er wordt hard gewerkt om Remote Microscopie mogelijk te maken, zodat een onderzoeker op afstand een object onder een binoculair kan laten bewegen en het zo bekijken via een internetverbinding. Taxonomisch onderzoek wordt zo meer en meer web-

based, met een groot scala aan informatiebronnen, en collecties krijgen hele nieuwe toepassingsmogelijkheden. Het organiseren en analyseren van dit soort nieuwe data leidt zelfs tot een heel nieuwe tak van systematisch onderzoek: de biodiversiteits informatica. Ook hier dus een ongeëvenaarde ontwikkeling, sterke evolutie, van het vakgebied.

Evolutie. Feitelijk heb ik het nog niet veel over evolutie als het proces van het ontwikkelen van het leven op aarde gehad. Bewust heb ik dit onderdeel tot het laatst bewaard. Dit is namelijk waar we ons in Wageningen vanaf nu op willen focussen. Vanuit de achtergrond van die enorme variatie, die natuurlijke diversiteit, de uiterlijke kenmerken van organismen maar ook die van hun genen, het DNA, trachten te begrijpen hoe dat evolutionaire proces heeft plaatsgevonden. Welke kenmerken hebben zich ontwikkeld en hoe zijn die tot stand gekomen? Welke interacties tussen planten en dieren of welke ecologische en geologische processen hebben een rol gespeeld bij het ontstaan van al die soorten? Met andere woorden, vanuit de patronen van diversiteit proberen te achterhalen en begrijpen wat de evolutionaire processen zijn die daaraan ten grondslag hebben gelegen. Daarmee willen we proberen de lat van ons Wageningse systematisch onderzoek nóg een treetje hoger te leggen.

Ik zei zo-even al dat er steeds nieuwe, snellere, en betere analytische methoden zijn ontwikkeld om het verloop van de evolutie, de fylogenie binnen een bepaalde groep planten of dieren te achterhalen. Het resultaat van een fylogenetische analyse is een stamboom. Aan het einde van de takken staan de diverse soorten, en u kunt zien hoe die van elkaar afstammen. Wat we nu kunnen doen is een bepaald kenmerk waarin we geïnteresseerd zijn over deze stamboom heen

leggen, zodat we kunnen achterhalen wanneer dit precies is ontstaan, en hoe de diverse toestanden van dit kenmerk zijn geëvolueerd. Hier is b.v. gekeken naar de manier waarop de bloemen uit het Zuid-Afrikaanse geslacht *Pelargonium*, ofwel beter bekend als de geraniums uit de bloembakken die menig balkon en raamkozijn sieren, worden bestoven. Een geslacht met bijna 300 verschillende soorten. Uit observaties in de natuur blijken bloemen met een relatief lange nectarbuis bestoven te worden door zweefvliegen met een lange snuit, die honing zuigen uit de basis van die structuur. De idee is dus dat verlenging van de nectarbuis geleid heeft tot verlenging van de zuigsnuit, of juist andersom, en dat dit en andere specifieke bestuivingssyndromen hebben geleid tot de explosieve ontwikkeling van nieuwe soorten bij dit geslacht. De buizen werden langer, en zuigsnuiten werden langer. Toen de soort met deze bloem, met een excessief lange kroonbuis, werd onderzocht, voorspelde men dat er een zweefvlieg moest zijn met een excessief lange snuit. En die werd ook ontdekt..... Hier ziet u het arme beestje aan het werk. Het onderzoek, waaraan mijn collega Freek Bakker meewerkte, toonde duidelijk de evolutionaire betekenis aan van dergelijke bestuivingssyndromen. Dit onderzoek wordt nog steeds voortgezet, en we begrijpen steeds meer over hoe in de Zuid-Afrikaanse Kaapse Regio, bij *Pelargonium* maar ook bij andere plantengeslachten, de explosieve soortvorming heeft plaatsgevonden die leidde tot deze super-biodiversiteits-hotspot. Begrijpen van de evolutionaire processen die tot deze enorme variatie hebben geleid is tevens van groot belang voor een verantwoorde en efficiënte natuurbescherming in die regio.

Dergelijke evolutionaire ontwikkelingen kunnen we ook proberen te plaatsen in de tijd. We zijn steeds beter in staat de

diverse splitsingen van de stamboom te dateren. Ook daarvoor worden de laatste jaren de methodieken steeds verder verbeterd en verfijnd. Hier ziet u een stamboom van een deel van de plantenfamilie Annonaceae, waartoe o.a. de zuurzak vrucht behoort. Deze familie is één van de speerpunten binnen het onderzoek van het Nationaal Herbarium Nederland. Binnen de Afrikaanse Annonaceae zijn er diverse groepen die ofwel te vinden zijn in kleine stukjes regenbos langs de oostkust van Afrika, ofwel in het West en Centraal Afrikaans regenbos. Die bossen vormden vroeger één geheel, maar zijn nu gescheiden door een droge savannegordel. Het uiteenvallen van een groot ecosysteem heeft vaak tot gevolg dat populaties van dezelfde soort van elkaar geïsoleerd raken, en zich tot verschillende soorten kunnen ontwikkelen. Uit onderzoek, uitgevoerd door de promovendus Thomas Couvreur, blijkt nu dat, wanneer we de diverse splitsingsmomenten tussen Oost-Afrikaanse en West-Centraal Afrikaanse groepen binnen de Annonaceae dateren, die niet berusten op 1 enkele gebeurtenis waarbij het grote bosoppervlak uiteenviel in twee stukken. Maar, er zijn meerdere in de tijd gescheiden momenten waarop de voorouders van die groepen kennelijk werden opgesplitst. Omdat we die stambomen nu ook kunnen dateren, weten we waar die momenten in de geologische geschiedenis liggen: namelijk rond respectievelijk 33, 16 en 8 miljoen jaar geleden. Het blijkt dat die periodes prachtig overeen komen met paleoklimatologische gegevens die duiden op perioden van grotere droogte in Afrika. Een fraai resultaat dat we proberen binnenkort in *Nature* te kunnen publiceren. Een resultaat ook dat wederom erg belangrijk is voor het maken van de juiste keuzes bij de bescherming van de Afrikaanse regenbossen.

De geschiedenis en evolutie van het Afrikaanse regenbos is een boeiend onderwerp. Sommigen van u weten dat mijn proefschrift dat onderzoeksterrein al betrad. Ik heb het dan echter over een recenter geologisch verleden, die van het Pleistoceen, een tijdperk dat ruwweg de laatste 2,5 miljoen jaren omvat. Vooral in de tweede helft van het Pleistoceen traden diverse grote en kleinere ijstijden op. Tijden waarin het in tropisch Afrika vooral droger en koeler was dan nu. Tijden dus waarin het tropisch regenbos sterk in omvang afnam, tot enkele geïsoleerde fragmenten: de regenbosrefugia. Een concentratie van die kleine refugia heeft gelegen in het gebied dat we nu Lower-Guinea noemen, en op deze kaart zijn de mogelijke posities van die refugia in groen aangegeven. Kennis over de positie van deze refugia is in de eerste plaats van groot belang voor natuurbeschermingsactiviteiten, want het zijn theoretisch gezien centra van hoge biodiversiteit. Theoretisch, want veelal weten we van de werkelijke biodiversiteit van grote gebieden in Afrika nog steeds bitter weinig. Ook hier biedt DNA onderzoek een nieuwe mogelijkheid de hypothesen over de positie van de refugia te testen. Door de variatie van het DNA binnen 1 enkele soort goed in kaart te brengen, zijn we in staat om voor soorten die een recente uitbreiding van hun areaal hebben gerealiseerd, na te gaan waar de oorsprong-populaties zich bevinden. Een nieuwe tak van sport binnen de systematiek die we 'Fylogeografie' noemen. We kunnen dus de routes waarlangs de soort zich heeft uitgebreid reconstrueren. Precies wat we nodig hebben om de positie van de voormalige refugia te herleiden. En weer blijkt Gabon daarvoor een ideaal onderzoeksklimaat te bieden, met maar liefst 3 of mogelijk zelfs 4 van de refugia binnen haar grenzen, en een grotendeels intact laagland regenbos met de hoogste botanische diversiteit van tropisch Afrika. Bossen die nog vele schatten herber-

gen, nieuwe medicijnen, maar ook nieuwe kamerplanten, of bv. soorten met eigenschappen die we graag willen overbrengen op onze cultuurgewassen.

Dat brengt me tot slot bij het systematisch onderzoek aan cultuurplanten. Ronald van den Berg en de promovendi die hij begeleid bestuderen met name de wilde verwanten van onze aardappel. U weet ondertussen, afkomstig uit Zuid-Amerika, begin 17^e eeuw in Europa verspreid, en economisch één van de belangrijkste gewassen in Nederland. De aardappel kent echter een vervelende ziekte, de aardappelziekte [hier zijn duidelijk creatieve geesten aan het werk geweest...], een soort schimmelziekte die grote schade aan het gewas toebrengt. Logisch dat men zoekt naar planten die resistent zijn tegen die ziekte, om daarmee te gaan veredelen, en resistente aardappelrassen te kweken. Maar waar haal je die resistentie vandaan? Wel, in Zuid-Amerika komen vele soorten voor die nauw verwant zijn met de aardappel. Tot nu toe zijn daarin 11 resistentiegenen gevonden, maar de ziekteverwekker weet deze resistentie steeds vaker te doorbreken. Wat de groep van Ronald van den Berg nu probeert is het in kaart brengen van de evolutionaire relaties van de wilde verwanten van de aardappel, én te onderzoeken waar precies de soorten voorkomen die het meest nauw verwant zijn aan onze aardappel. Maar daarnaast kijkt hij ook waar de soorten voorkomen die het meest nauw verwant zijn aan de soorten waarvan men al weet dat ze een bepaald resistentiegen hebben. Zo wordt een keurige kaart en dataset aangeleverd aan veredelaars, die daarmee zo efficiënt mogelijk op zoek kunnen naar nieuwe resistentiegenen. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar de diversiteit en evolutie van de resistentiegen zelf door die stukjes van het DNA bij diverse verschillende soorten op te sporen. Zo

ontdekten we varianten van reeds bekende resistentie-genen in tenminste één soort die veel makkelijker met onze cultuuraardappel kruisen, en daardoor veelbelovend lijkt voor resistentie-veredelings-programma's.

Beste mensen,

Het is allemaal geweldig interessant, maar ik kom nu echt aan het eind van deze rede.

Los van de mensen die hebben bijgedragen aan het tot stand komen hiervan, wil ik een aantal personen nog even speciaal toespreken.

Allereerst mijn ouders. Ik vind het heerlijk dat jullie hier zijn om dit mee te maken. Voor een deel is dit toch ook een kroon op jullie werk, het resultaat van de energie en liefde die jullie in mij hebben gestopt. Dank voor al die mogelijkheden en kansen die jullie me hebben gegeven.

Beste schoonouders,

Jullie hebben me met veel warmte opgenomen in jullie leven en familie. Daarvoor en voor jullie steun voor mij, Susan en de jongens, mijn dank.

Beste jongens,

Jullie zien je vader zo ook weer eens van die heel andere kant. Lieuwe, ik hoop van harte dat je gaat vinden waar je volgens mij naar op zoek bent: een boeiend leven. Rienk, ik hoop natuurlijk hetzelfde voor jou, en dat je vurige wens om ooit zooloog te worden niet te leiden heeft gehad onder dit veels te lange en misschien voor jou hier en daar te saaie verhaal.

Lieve Susan,

Dank dat je nu al vele jaren lief én leed met me deelt, je gewillig oor als het even minder gaat. Je spontane lach en je impulsieve plannen. We moeten toch echt nog eens een keer over die witte weggetjes van de Noordkaap naar Zuid-Italië gaan rijden!

Mijnheer de Rector, geachte aanwezigen, ik hoop dat ik in mijn opzet ben geslaagd. Dat u de evolutie in de systematiek hebt gezien, en met mij denkt: “Wat een geweldig vakgebied! Wat een voorrecht om in deze tijd systematicus te zijn!”.

Ik heb gezegd.