

## **Ik ga vandaag iets heel nieuws ontdekken en ik ben toch zo benieuwd wat dat zal zijn**

Mijnheer de Rector Magnificus, lieve familie en vrienden, beste collegae, zeer gewaardeerde toehoorders.

Bijna dagelijks horen we dat de kenniseconomie wordt bedreigd.

Om de innovatiekracht van Nederland te versterken werd vorig jaar het Innovatieplatform opgericht met Minister President Balkenende als voorzitter. Ons land moet weer koploper worden in de Europese kenniseconomie.

Innovatie is het vertalen van nieuwe kennis naar nieuwe producten. Succesvolle innovatie bestaat uit 1) het genereren van nieuwe kennis, 2) de vertaling van die kennis naar een nieuw product en 3) het vermarkten van dat product tot een effectieve toepassing in de maatschappij.

Het genereren van nieuwe kennis is bij uitstek een taak van de universiteiten. Wil die nieuwe kennis een goede toepassing vinden, dan dient de universiteit samen te werken met het bedrijfsleven: de universiteit gaat de markt op. Door teruglopende financiering van het universitaire onderzoek en onderwijs in de afgelopen decennia, worden onderzoekers in toenemende mate geprest om geld voor onderzoek uit de markt te halen. Veel bestuurders op landelijk en universitair niveau zien marktgericht onderzoek als de oplossing voor twee gelijktijdige problemen: de geringe doorstroming van nieuwe wetenschappelijke kennis naar het bedrijfsleven en de

krappe financieringspositie van de universiteiten. Zo antwoordde de voorzitter van onze Raad van Bestuur, Aalt Dijkhuizen, onlangs op een vraag over de nu zeer beperkte financiële ruimte voor fundamenteel onderzoek: "...binnen onze eigen kaders hebben we (daarvoor) weinig ruimte... (maar) er zijn ongetwijfeld investeerders en financiers die willen bijdragen aan dergelijk onderzoek"<sup>1</sup>.

Mijnheer Dijkhuizen, het bedrijfsleven kan geen belangrijke rol spelen bij de financiering van echt vernieuwend wetenschappelijk onderzoek. Dat kan niet, eenvoudigweg vanwege de wijze waarop nieuwe inzichten tot stand komen. Een goed begrip daarvan zou kunnen helpen de wetenschappelijke vooruitgang beter te dienen. Helaas wordt de aard van fundamenteel wetenschappelijk onderzoek slecht begrepen door regeerders en bestuurders. Ik zal proberen die aard uit de doeken te doen aan de hand van mijn eigen bodemkundige onderzoekservaringen, met voorbeelden uit andere wetenschapsvelden.

In 2000 kwam in Oman een meteoriet terecht die van de maan afkomstig bleek. Daarin vond men eerder dit jaar een nieuw mineraal,  $\text{FeSi}_2$ <sup>2</sup>. Het werd hapkeite genoemd, naar de geofysicus Hapke die dertig jaar eerder had voorspeld dat zo'n mineraal op de maan voorkwam. Het herinnerde mij aan mijn eigen eerste stappen in de wetenschap.

Als student tropische bodemkunde was ik lid van de zgn. rijstgroep. Een tiental studenten van verschillende

studierichtingen werd door Robert Best de wereld rondgedirigeerd om rijst in al zijn facetten te leren kennen. Ik raakte toen in Thailand, op een excursie onder leiding van de FAO bodemkundige Frans Moormann, gefascineerd door de zgn. kattekleigronden. Rijst had het maar moeilijk op deze zure gronden met hun karakteristieke gele vlekken. Al sinds 1886<sup>3</sup> was bekend dat boeren in de nieuwe Haarlemmermeerpolder failliet gingen door bodemverzuring na beluchting van de zwavelrijke meerbodem. Ook was bekend dat de gele uitbloeiingen, die mede de zure eigenschappen bepaalden, bestonden uit een ijzerhydroxysulfaat. De mineralogie ervan was echter niet bekend. Terug in Nederland berekende ik een stabiliteitsdiagram dat aangeeft welke ijzer- en zwavelverbindingen onder welke omstandigheden kunnen voorkomen. Bij de zuurgraad en de zuurstofconcentratie in katteklei zou een ijzerhydroxysulfaat verwant aan het mineraal jarosiet, stabiel zijn. Op naar het veld, om uit een katteklei bij polder Mijdrecht een monster te halen voor nader onderzoek. Het gele spul bestond inderdaad uit zuiver jarosiet. Een nieuwe hypothese was bevestigd! Dit was mijn eerste wetenschappelijke ontdekking! Ik was apetrots en met hart en ziel gewonnen voor de wetenschap. Mijn begeleider, Jödes van Schuylenborgh, raadde me aan alles onmiddellijk op te schrijven, en spoedig lag het manuscript van mijn eerste wetenschappelijke artikel gereed voor verzending. Pas toen deed ik wat ik natuurlijk meteen had moeten doen: Chemical Abstracts napluizen onder het trefwoord "jarosite" En, ach hemel; de grote Udo Schwertmann uit München was me voor geweest. In 1961

had hij een artikel geschreven met de dodelijke titel 'Über das Vorkommen und die Entstehung von Jarosit in Maibolt'<sup>4</sup>. Maibolt is katteklei op z'n Duits. In de prullenbak dus met het verhaal.

Desondanks kreeg ik na m'n afstuderen twee jaar de gelegenheid om in alle vrijheid rond te darren in de kattekleien en mangrovemodders van Thailand. Terug in Nederland schreef ik daarover een aantal wetenschappelijke artikelen en mijn proefschrift. Het meest onverwachte en interessantste onderzoeksresultaat stond echter niet in die artikelen. Uit een discrepantie tussen de zuurbalans en de zwavelbalans van de bodem bleek dat bij de vorming van katteklei een deel van de zwavel via de lucht moest ontsnappen, waarschijnlijk als het gas SO<sub>2</sub>. Zwaveldioxide dus, bekend van de luchtvervuiling waarmee onze industrieën voor zure regen zorgen. Ik kon die hypothese toen niet toetsen en heb hem daarom brutaalweg verwerkt in de omslag van m'n proefschrift. Ik verwachtte, heel naïef, dat anderen deze suggestie van een revolutionair nieuw pad in de wereldzwavelcyclus wel snel zouden oppikken. Maar zelfs de promotiecommissie is het destijds geloof ik niet opgevallen. Pas zeer onlangs is die hypothese eindelijk getoetst, en bevestigd, door een team van Australische bodemkundigen en micrometeorologen<sup>5</sup>.

Ik was echter in Thailand om vooraf opgestelde hypothese te toetsen. Bijvoorbeeld: jarosiet, het stroo-gele ijzerhydroxysulfaat, heeft een aluminium-bevattende tegenhanger, het witte mineraal aluniet. Theoretisch zou ook aluniet in katteklei moeten voorkomen. Aluniet zou de concentratie kunnen reguleren van opgelost aluminium, de

voor de rijstplant toxische factor in katteklei. Ken je die regulerende factor, dan kan je op de meest economische wijze maatregelen nemen om de Al concentratie te verlagen om rijstbouw op zeer zure kattekleigronden mogelijk te maken. Twee jaar lang speurde ik vergeefs naar dat witte mineraal. Een beloning uitgelooft aan mijn Thaise veldarbeiders voor de vinder bleef zonder resultaat. Maar op de laatste velddag in de laatste Thaise profielkuil kronkelde een kruimige witte substantie langs een dikke dode graswortel: aluniet!!

Terug in Wageningen was m'n eerste actie een analyse van dat aluniet. Maar helaas, het witte spul bevatte geen aluminium maar silicium, kiezel. Onze kiezel specialist Peter Buurman toonde aan dat het witte spul, o wonder, prachtig de microscopische details van plantencellen weergaf<sup>6</sup>. Het was een microfossiel, ontstaan door neerslag van opgelost kiezel op de cellulose van celwanden. De vondst van deze fossilisatie-in- wording was het tweede onverwachte resultaat van het Thaise onderzoek. De kiezelneerslag weerspiegelde het extreem zure milieu in katteklei waardoor silicaatmineralen oplossen tot de hoge kiezelconcentraties in het bodemwater, die ik al kende uit de chemische analyse van honderden watermonsters uit Thailand. Bij de verwerking van die wateranalyses na terugkeer in Nederland rolde er een derde onverwachte aap uit de mouw. De zuurgraad en de concentratie van opgelost aluminium waren perfect gecorreleerd. De richting van zo'n correlatie zegt iets over het mineraal dat de Al concentratie reguleert, maar dan moet de waarde ervan wel een geheel getal of een breuk van hele getallen zijn. De gevonden richtingshoek lag dicht

bij 1, maar week daarvan heel systematisch en significant af. Dat raadselachtige resultaat hield me nachten uit m'n slaap. Tot de oplossing zich in een flits aandeed. Een mineraal met de samenstelling  $\text{AlOHSO}_4$  zou precies een hellingshoek van 1 moeten opleveren, na correctie voor de verschillen in sulfaat concentraties in de verschillende monsters. Na die correctie schoof de hellingshoek naar 1, 1,002 om precies te zijn. Daarmee was de regulatie van het toxische aluminium in kateklei geïdentificeerd en bekend<sup>7</sup>. Ik had echter alleen de geest van  $\text{AlOHSO}_4$  in het bodemwater zien schijnen, maar het spul zelf niet in handen gehad. Erger nog: een mineraal met die eigenschappen kwam in de hele mineralogische wereldliteratuur niet voor. Mijn  $\text{AlOHSO}_4$  leefde een eervol en gelukkig maar onzeker leven van enkele jaren als "Van Breemen's mystery mineral"<sup>8</sup> totdat ..... in 1976 Anthony en McLean<sup>9</sup>, onbekend met mijn publicatie over  $\text{AlOHSO}_4$  uit 1973, in een afvalberg van een lang verlaten mijn in Arizona een nieuw mineraal vonden dat ze jurbaniet noemden. Het had dezelfde samenstelling en oplosbaarheid als "mijn"  $\text{AlOHSO}_4$ . Het mysterie was opgelost.

Ik probeer u hier niet te onderwijzen over de chemie van katekleigronden, maar u een indruk te geven over de wijze waarop mijn onderzoek was verlopen. Ik had geleerd dat serieus wetenschappelijk werk bestaat uit het kritisch toetsen van hypothesen, die oordeelkundig op de stevige schouders van voorgangers waren gebouwd. Mijn hypothesen over jarosiet en aluniet waren daarvan typische voorbeelden, net als de voorspelling van het

maanmineraal hapkeite. Maar zo'n toets van een te voren opgestelde hypothese kon, realiseerde ik me jaren later, niet iets echt nieuws opleveren, omdat zo'n hypothesen voortkwam uit het gebouw van bestaande kennis. De echt nieuwe vondsten waren steeds verschijnselen waar ik niet naar op zoek was. Ik voelde me als de olifant uit de verhalen van Toon Tellegen, die zei "ik ga vandaag iets heel nieuw's ontdekken en ik ben toch zo benieuwd wat dat zal zijn"<sup>10</sup>. De olifant was jaloers op zijn vriendjes, de mier en de eekhoorn, die onbekommerd vanuit hoge bomen kunnen genieten van prachtige vergezichten. Dus klom ook hij keer op keer in hoge bomen, om er meestal met veel geraas uit te donderen.

Niettemin, de paar vergezichten die mij per ongeluk gegund waren, leverden genoeg wetenschappelijk krediet op voor het verwerven van fondsen voor verder onderzoek. Ik zou het onderzoek nu wel eens beter gaan organiseren. Het moest uit zijn met onverwachte verrassingen. Ik omringde me met slimme, ambitieuze jongelieden met expertise die ik zelf ontbeerde. Kennis van geostatistiek, bijvoorbeeld, van computersimulatie, van de kwantificering van waterbeweging in de bodem en van de micromorfologie. Helaas, het mocht niet baten en onverwachte verrassingen bleven. Ik illustreer dat met drie voorbeelden.

In 1979 startten we het Hackfort project in een bosje in Warnsveld. We wilden weten of bomen door het oppompen van kalk uit de ondergrond de zuurgraad van de bovengrond verlagen. Het was onderdeel van een

algemenere vraag die mij altijd heeft bezig gehouden namelijk of en hoe organismen via hun effect op de bodem zichzelf en andere organismen bevoor- of benadelen.

Bomen, ondergroei, maar ook bodemdieren als wormen, reageren sterk op die zuurgraad, die daardoor een grote invloed heeft op de soortensamenstelling en biodiversiteit van die ondergroei.

We propten het bos vol apparatuur om de samenstelling en de beweging van het water boven- en ondergronds te onderzoeken, en met hulp van Tom Pape, Eef Velthorst en Peter Burrough sloeg ik aan het meten. Binnen een paar weken werd duidelijk dat er bij Hackfort iets heel bijzonders aan de hand was.

Ten eerste zat het bodemwater vol stikstof. Dat was in flagrante tegenspraak met de heersende opvatting dat stikstof schaars was in een onbemeste bosbodem. Ten tweede was de bodemoplossing veel te zuur voor een fatsoenlijke bosgrond, zo zuur zelfs dat sommige kattekleien daarbij verbleekten. Ten derde was de opgeloste stikstof aanwezig als nitraat, in plaats van als ammonium. En dat terwijl alle leerboeken zeiden dat de bacteriën die nitraat maken uit ammonium, onmogelijk actief konden zijn in zo'n zuur milieu.

De oorsprong van de stikstof was snel gevonden. Het water dat van de bomen afdroop was een ammonium sulfaat oplossing, die geconcentreerder was naarmate het water langer in contact met de vegetatie was geweest: de laagste concentraties in het regenwater, hogere concentraties in het water dat in contact was geweest met



takken en bladeren, en de hoogste concentraties in het water dat langs de stammen naar beneden liep. De ammoniak bleek afkomstig uit de intensieve veehouderij en Hackfort was geen uitzondering. Terzelfder tijd vonden ook Han van Dobben en Toke de Wit, werkzaam bij het toenmalige Rijksinstituut voor Natuurbeheer, hetzelfde in Noord Brabant. Onze gezamenlijke publicatie<sup>11</sup> daarover stelde een probleem aan de orde dat, zoals de meesten van u zullen weten, grote milieukundige en politieke consequenties zou hebben. Het riep veel belangrijke wetenschappelijke vragen op, over microbiologie, bodemchemie en bodemvorming, plantenvoeding en atmosferische transport- en omzettingsprocessen. Die vragen resulteerden in talloze proefschriften, in Wageningen, elders in Nederland en daarbuiten. En dat allemaal door een ongezoekt antwoord op een vraag naar iets heel anders.

Het tweede voorbeeld betreft de waarneming, door de micromorfoloog Toine Jongmans, van de zogenaamde gesteente-etende schimmels<sup>12</sup>. Die schimmels boren microscopisch kleine tunnels, zo dun als de schimmeldraadjes zelf, in verweerbare mineralen als veldspaten. Zo'n zeven jaar geleden kwamen we die tunnels toevallig tegen bij een onderzoek naar het effect van het toedienen van houtas ter verbetering van bosbodems in Zweden. Ook de vondst dat tere schimmeldraden in staat zijn glashard gesteente te doorboren riep talloze vragen op, waar op dit moment nog

steeds door een aantal promovendi in binnen- en buitenland wordt gewerkt.

Het derde voorbeeld combineert een oude liefde, het gewas rijst, met het hedendaagse probleem van de broeikasgas emissies. Methaangas is een van de belangrijkste broeikasgassen. Het ontstaat bij rottingsprocessen onder zuurstofloze omstandigheden. Daarom wordt het ook wel moerasgas genoemd; het is identiek aan ons aardgas, dat ooit ook zo ontstond. Natte rijstvelden zijn een belangrijke bron voor methaan, en zouden zo de opwarming van de aarde kunnen bevorderen. Hoe belangrijk rijst daarbij is was slecht bekend. In de tweede helft van de jaren negentig startten we een groot onderzoeksproject om die bronsterkte beter te schatten.

Gewasresten van rijst zijn een belangrijke voedselbron voor methaanvormende bacteriën. Daarom worden schattingen van methaanemissies uit grotere gebieden vaak gebaseerd op de veronderstelling dat hogere rijstopbrengsten gepaard gaan met een hogere methaanproductie. Onze medewerker Hugo Denier van der Gon vond echter experimenteel precies het tegenovergestelde: onder identieke omstandigheden (soort rijst, bemestingsniveau, waterbeheersing, bodem) bleek de methaan emissie over een reeks van natte en droge seizoenen juist omgekeerd evenredig aan de rijstopbrengst. We bespraken dit verbazingwekkende resultaat met de gewasecoloog Martin Kropff, en kwamen tot de hypothese dat de lagere opbrengsten en hoge methaan emissies in de natte tijd een gevolg moesten zijn

van onvolkomen vorming van de rijst aren. Daardoor zou de plant maar een klein deel van de suikers, die het via zonne-energie vormt, in de rijstkorrels stoppen. De rest liep via de wortels de bodem in waar het diende als voedsel voor methaanvormende bacteriën. In de droge tijd was de bloeiaanleg beter en kwamen de suikers in de rijstkorrels terecht in plaats van tot methaan te worden omgezet. Hugo deed een eenvoudig kas experiment waarbij hij de bloeiwijze kunstmatig in stapjes kleiner maakte en het effect daarvan op de methaan emissie uit de bodem bekeek. De proef leverde een schitterende bevestiging van de hypothese<sup>13</sup>. Dat leerde ons iets nieuws over de relatie tussen de rijstplant en methaanemissie. Maar veel interessanter was de gelijktijdige, en volslagen toevallige, ontdekking dat de lage rijstopbrengsten in de natte tijd veroorzaakt werden door een slechte bloeiaanleg in dat seizoen. Dit inzicht kan plantenfysiologen en veredelaars wellicht op het spoor zetten van methoden om de lage opbrengsten in de natte tijd te verhogen. Het is toch wel uiterst curieus dat een nieuw inzicht in de fysiologie van een zo uitvoerig onderzocht gewas als rijst, en dat mogelijk wegen opent voor het structureel verhogen van rijstopbrengsten in alle moessongebieden, verloopt via de omweg van onderzoek aan methaanvorming in de bodem!

“Serendipiteit” heet dat: vinden van iets waar je niet naar op zoek was<sup>14</sup>. Het woord is ontleend aan een Perzisch sprookje “De reizen en avonturen van de drie prinses van Serendip” die onderweg door scherpzinnig waarnemen allerlei dingen vinden waar ze niet naar op zoek zijn.

De voorbeelden van serendipiteit uit mijn bodemkundige onderzoek kunnen moeiteloos worden aangevuld met talloze uit de chemie, de natuurkunde, de biologie, de geneeskunde en de technologie. De scheikunde bestaat dankzij serendipiteit. Niet voor niets reikte daarom vorig jaar de toen 100 jarige Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging een speciale serendipiteitsprijs uit. Immers, vergeefs op zoek naar goud legden de alchemisten met altijd ongezochte vondsten de basis voor dat vakgebied. De 17<sup>e</sup> eeuwse Hennig Brand zag goud schijnen in urine, maar het ingedampte en verhitte residu gloeide op in het donker en vloog vervolgens tot zijn verbijstering spontaan in brand: hij had fosfor gevonden. Een eeuw later ontdekte Priestly bij toeval zowel zuurstofgas als de productie ervan door groene planten. Wat later produceerde Courtois, in zeewier op zoek naar kalium voor de munitie van Napoleon's legers, een prikkelende violette damp die sublimeerde tot blauwzwarte, metallisch glanzende kristalletjes; hij had het nieuwe element jodium ontdekt. Nog later werden fotografie, fonografie, lachgas en ureum, en celluloid, kunstzijde en dynamiet bij toeval gevonden. Het steeds toenemende inzicht in de fysische basis van de materie en van levensprocessen in de loop van de 19<sup>e</sup> en 20<sup>e</sup> eeuw maakte allerminst aan einde een de rol van serendipiteit bij wetenschappelijke en technologische ontwikkeling. Röntgen stralen, natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit, isomerie, de aard van de benzeenring, nylon, polyethyleen en teflon, vaccinatie, penicilline en aspirine, allergie, insuline, zoetstoffen, veiligheidsglas, de pil, de big bang, pulsars, librium en valium, en dat ongelooflijke, uiterst

veelzijdige voetbalvormige koolstof molecuul dat men bucky ball noemt, het zijn enkele van de talloze voorbeelden van inzichten, stoffen of structuren die puur bij toeval werden ontdekt, en die de wereld hebben veranderd<sup>15</sup>.

Oude koek, zult u zeggen. Ik geef vijf recentere voorbeelden van serendipiteit die u de afgelopen tijd in de wetenschapsbijlagen van de krant tegen had kunnen komen:

Ter ere van de kunstenaars in ons midden heb ik als eerste voorbeeld iets uit de kunst gekozen. Een werk van de Spaanse beeldhouwer Eusebio Sempere bleek zo duidelijk een sussende werking te hebben op verkeerslawaaai, dat onderzoekers er mee aan de slag gingen en het principe gebruikten voor het produceren van het een nieuw en uiterst effectief type geluidsscherm, bestaande uit een woud van PVC buizen<sup>16</sup>.

Bijna vijf jaar geleden bleek per ongeluk dat de stof ezitimide de opname van cholesterol in de dunne darm blokkeert. Op 20 februari j.l. werd het werkingsmechanisme van dat belangrijke maar raadselachtige medicijn opgehelderd, en werd gelijk een belangrijk nieuw transporteiwit voor cholesterol ontdekt<sup>17</sup>.

Het eicel dogma zei dat ieder vrouwelijk zoogdier bij haar geboorte een vastgestelde voorraad eitjes heeft, in tegenstelling tot mannetjes die maar zaadcellen blijven produceren. Op 11 maart j.l. ging dat ruim 50 jaar oude

eicel dogma de prullenbak in. Ook vrouwen blijven reproductieve cellen produceren, ontdekte Jonathan L. Tilly van Harvard medical school toevallig bij het tellen van eicellen van muizen bij een onderzoek naar chemotherapie.<sup>18</sup>

Tenslotte, op 1 oktober a.s., morgen dus, reikt Prins Willem Alexander in de Beurs van Berlage de Heineken prijzen uit<sup>19</sup>, de belangrijkste Nederlandse prijzen voor de wetenschap. Andrew Fire krijgt de biochemieprijs voor zijn ontdekking van RNA interferentie, een proces dat waarschijnlijk cruciale rol speelt bij op het orde houden van de genetische code. Dat daarbij dubbelstrengs RNA heel specifiek bepaalde genen blijkt uit te kunnen schakelen, biedt ongekende mogelijkheden, als onderzoeksgereedschap en voor het ontwikkelen van nieuwe therapieën. Fire ontdekte RNA interferentie toen hij zich realiseerde dat onbedoelde verontreinigingen van enkelstrengs RNA met dubbelstrengs RNA de oorzaak moesten zijn voor uiterst opwindende maar volstrekt onverklaarbare proefresultaten. Het tijdschrift Science riep RNA interferentie in 2002 uit als de doorbraak van het jaar, en Ronald Plasterk noemde het onlangs de belangrijkste ontdekking in de biologie van de afgelopen 10 jaar. Andrew Fire staat ongetwijfeld een Nobelprijs te wachten, als zovelen die op zoek naar A bij een geheel nieuw, onverwacht en belangrijk Z uitkwamen. De Heinekenprijs voor de Geneeskunde gaat naar Elizabeth Blackburn, voor haar werk aan telomeren, die ellenlange herhalingen van steeds hetzelfde korte stukje DNA aan het eind van een chromosoom. Door herhaalde

chromosoomdelingen worden de telomeren korter naarmate een organisme ouder wordt. Maar soms, bleek heel toevallig, worden telomeren juist langer. Dat leidde Blackburn op het spoor van telomerase, een enzym dat essentieel is voor allerlei levensfuncties, en hoogstwaarschijnlijk ook van groot belang is voor de ontwikkeling van nieuwe therapieën.

Laat ik de karakteristieke aspecten van serendipiteit samenvatten. Volgens de Amerikaanse socioloog Merton, geciteerd door Pek van Andel in NRC Handelsblad van 24/25 april j.l.<sup>14</sup>, betreft serendipiteit het waarnemen van een ongeanticipeerd, abnormaal en strategisch gegeven, dat aanleiding geeft tot een nieuwe theorie of uitbreiding van een bestaande theorie. Ongeanticipeerd, want de vondst is niet gerelateerd aan de vragen of hypothesen waarop het onderzoek was gericht. Abnormaal en verrassend want de vondst lijkt onverenigbaar met de gangbare theorie en andere bekende feiten. En strategisch, dat wil zeggen met implicaties voor nieuwe theorievorming. Bij dat derde punt speelt de waarnemer een hoofdrol: wat doet die met het nieuwe gegeven? Iets nieuws en verrassends is niet altijd van algemeen belang. Veel onderzoekers zijn vertrouwd met ongeanticipeerde, verrassende resultaten. Meestal zijn die een gevolg van meetfouten of ongeziene variatie in proefomstandigheden, maar niet altijd. Het vereist een ontvankelijk en theoretisch onderlegd waarnemer om het echte nieuws te herkennen, en het algemene in het bijzondere op te sporen. De natuurkundige Joseph Henry formuleerde het zo: "The

seeds of great discoveries are constantly floating around us, but they only take root in minds well prepared to receive them". We blijken uitstekend geëquipeerd voor het herkennen en interpreteren van structuren die we ooit hebben geleerd, maar zijn veel slechter in het zien van onbekende fenomenen. Ieder van ons heeft wel eens ervaren hoe, eenmaal gewezen op een algemeen maar voor betrokkene echt nieuw verschijnsel, datzelfde verschijnsel vervolgens overal opduikt. Jaren oude lakprofielen van kattekleien uit Nederland in de verzameling van ons laboratorium, die door verschillende docenten breedvoerig aan hele klassen studenten waren uitgelegd, bleken vol duidelijk zichtbare kiezelfossielen te zitten. Niemand was dat ooit opgevallen vòòr we die fossielen, aan de hand van een niet te missen exemplaar, in Thailand hadden ontdekt. Toen ik een Senegalese collega eens wees op diezelfde uitbundige voorkomende kiezelfossielen in kattekleien in het veld in Senegal, wist hij zeker dat die pas waren ontstaan na zijn vorige veldbezoek een paar maanden eerder, want toen waren ze er echt nog niet. Hij kon zich niet voorstellen dat hij ze eerder gewoon over het hoofd had gezien.

Ons vermogen iets nieuws te herkennen binnen het patroon van de bekende, vertrouwde werkelijkheid lijkt dus beperkt. Of die beperking inherent is aan het menselijk brein of een gevolg van de nadruk in het onderwijs op het steeds maar weer toepassen van hetzelfde bouwwerk aan geleerde kennis, weet ik niet. Maar duidelijk is dat het universitaire onderwijs studenten de indruk geeft dat kennis groeit van hypothese naar these via het toetsen



van alternatieve hypothesen. Studenten, maar ook onderzoekers en beleidsmakers worden gesterkt in datzelfde idee omdat wetenschappelijke publicaties ook op dat strenge stramien zijn gebouwd, waarbij statistische toetsen als scheidsrechter fungeren.

Maar echt nieuwe kennis kan, logischerwijze, alleen ontstaan door het toetsen van nieuwe, niet op voorgaande inzichten gebouwde hypothesen. En zulke nieuwe hypothesen vereisen, per definitie, serendipiteit. In de woorden van Van Andel<sup>14</sup>: “wetenschappelijk onderzoek loopt, wankelt, strompelt, struikelt, danst, springt aldus op twee benen: één voor het testen van een hypothese en het andere voor het duiden van een anomalie die daarbij soms opduikt”.

De wetenschapsfilosoof Aharon Kantorovich gaat verder<sup>20</sup>. Hij maakt aannemelijk dat vernieuwingen in de wetenschap worden gegenereerd door gebeurtenissen die worden gedomineerd door een combinatie van serendipiteit en “tinkering”. Vriendelijk vertaald is “tinkering” knutselen, maar het woordenboek spreekt ook van prutsen, broddelen, rondlummelen en knoeien.

Volgens Kantorovich evolueert de wetenschap op Darwiniaanse wijze. Serendipiteit is dan analoog aan de blinde variatie in de biologische evolutie. Wetenschap kan zo gezien worden als een continuering van biologische evolutie op cultureel niveau. Een onthutsende implicatie van die opvatting is dat wetenschappelijke vooruitgang niet gedreven wordt door een wetenschappelijke methode en, net als biologische evolutie, geen vooropgezet doel heeft. Succesvolle resultaten van knutselen en serendipiteit liggen voor de hand in enigszins rommelige

wetenschappen zoals scheikunde, biologie, en vooral de bodemkunde. Maar hoe zit dat met de strenge moeder van alle natuurwetenschappen, de natuurkunde? Kantorovich laat zien dat ook in de deeltjesfysica knutselen en serendipiteit een hoofdrol hebben gespeeld. Hij illustreert dat onder meer met een beschrijving van het werk waarvoor Veltman en 't Hooft in 1999 de Nobelprijs ontvingen.

Verrassende inzichten uit geknutsel en toevallige waarnemingen zijn niet zonder meer publiceerbaar in een wetenschappelijk tijdschrift. Eerst moet de vondst worden omgezet in een scherp toetsbare hypothese. Wordt die bevestigd door degelijke, statistisch verantwoorde experimenten, dan moet de onderzoeker de resultaten persen in het strakke keurslijf van een wetenschappelijk artikel, dat de kritische blik van een paar collega's moet doorstaan voor het kan worden gepubliceerd. Tegen die tijd is elk zicht op de rommelige oorsprong van de nieuwe vondst meestal verdwenen. De rol van serendipiteit bij nieuwe ontdekkingen blijft dus vaak onzichtbaar. Onderzoekers dragen zo bij aan een scheef beeld over het proces van wetenschappelijke vernieuwing.

Wat betekent dit alles voor het wetenschappelijk onderwijs en voor de wijze waarop overheid, fondsengevers en universiteitsbestuurders om zouden moeten gaan met wetenschappelijk onderzoek? Serendipiteit krijgt nauwelijks of geen aandacht in het onderwijs. Het scheve beeld van rechtlijnige wetenschapsontwikkeling wordt in

het gangbare onderwijs direct doorgegeven aan studenten. Zowel de presentatie van inleidende stof in de meeste studieboeken, als de èchte publicaties die studenten later in hun studie lezen, versterken de indruk dat de wetenschap voortschrijdt van hypothese naar these, in plaats van via de dronkeman's gang die Pek van Andel beschrijft. Van Andel suggereert om in een practicum een onverwacht verschijnsel, onaangekondigd, in te bouwen om te zien of de practicant dat waarneemt en er iets mee doet<sup>14</sup>. Goed idee, maar het schetsen van een realistisch proces van wetenschappelijke vooruitgang dan gebruikelijk in de colleges wetenschapsfilosofie lijkt me een logische eerste stap. Daarnaast dient de recente trend om ICT te misbruiken voor het aanbieden van een ersatz van directe veld/ of laboratoriumwaarnemingen te worden teruggedraaid. Er is geen alternatief voor eigen veld- en laboratoriumwerk om te leren goed waar te nemen, de basis van alle serendipiteuze vondsten, en dus van elke echt vernieuwende wetenschappelijke ontdekking. Goedkope ICT alternatieven zullen op termijn duurkoop blijken.

Tenslotte wil ik terugkomen op de vermarkting van het universitair onderzoek. Bedrijven kunnen ongetwijfeld beter dan nu gebruik maken van bestaande wetenschappelijke kennis aan universiteiten. Technologisch gerichte universitaire onderzoeksgroepen kunnen daar baat bij kunnen hebben. Maar dan hebben we het over het toepassen van bestaande kennis en inzichten, die uitzicht bieden op bruikbare producten. Het onvoorspelbare, onstuurbare proces van

wetenschappelijke vernieuwing is daarvoor niet geschikt. Technologisch onderzoek kan natuurlijk tot serendipiteuze vondsten leiden. Maar die liggen, per definitie, op een ander terrein dan waar het onderzoek op was gericht, en zijn dus voor de ondernemer niet interessant. Fundamenteel onderzoek moet daarom zonder inhoudelijke voorwaarden vooraf worden gefinancierd. Die rol kan de overheid spelen. Mits goed georganiseerd, leert de geschiedenis dat zulke investeringen uiterst kosteneffectief zijn.

Het wezenlijk onvoorspelbare, zo u wilt anarchistische, karakter van fundamenteel onderzoek is echter onverteerbaar voor de meeste bestuurders. Wat moet een bestuurder met iets dat in principe onbestuurbaar is? Zo'n veertig jaar geleden knutselde op het Instituut voor de Biologie en Scheikunde van landbouwgewassen een man aan wiskundige modelletjes van gewasgroei, en discussieerde daarover intensief met zijn collega's. Een van de belangrijke geldschietters van dat instituut, directeur van de suikerfabriek Dinteloord, was het een doorn in het oog, dat geknutsel en geklets in een ivoren toren. Er was immers nog een hoop serieus proefveld onderzoek te doen aan de suikerbiet. Daarop aangesproken antwoordde de knutselaar "Mijnheer, ik verdien hier genoeg om te doen wat ik leuk vind, maar lang niet genoeg om te doen wat u leuk vindt". Enkele jaren later nam het bestuur van de Landbouwhogeschool een van de meest verstandige beslissingen in haar geschiedenis. Zij creëerde een nieuwe, aparte leerstoel voor die knutselaar. Dat was C.T. de Wit, nu wereldwijd gezien als baanbrekend grondlegger

van de systeemanalyse in het landbouwkundig en ecologisch onderzoek. Universitaire bestuurders nemen wel eens minder verstandige besluiten. Zo werden we vorig jaar opgeschrikt door het nieuws dat de raad van bestuur samen met de directies van de kennisseenheden van het Wageningen Universiteits en Researchcentrum drie zogenaamde Kennissprongen had gedefinieerd: wetenschapsgebieden die naar hun verwachting belangrijk zouden zijn voor de onderzoeksagenda van de toekomst, en daarom elk een miljoen euro kregen voor twee jaar onderzoek. U begrijpt na het aanhoren van mijn verhaal dat ik er fluitend een mooie fles Grand Cru Classé om durf te verwedden dat die drie miljoen euro geen wezenlijk nieuwe wetenschappelijke inzichten zal opleveren in de richtingen waarvoor het geld was bedoeld.

Hoe moeten bestuurders dan wèl omgaan met het toewijzen van schaarse middelen voor onderzoek? Ik zou zeggen: Ten eerste: geef prioriteit aan het scheppen van goede randvoorwaarden voor onderzoek. Ten tweede: bemoeit u zich niet met de richting en inhoud van het onderzoek, anders dan door het vaststellen van de taakvelden van de instelling, en van het leerstoelenplan. Ten derde stel de hoogst mogelijke kwalitatieve toelatingseisen voor het aanstellingen op leidend wetenschappelijk niveau. Ten vierde beoordeel de kwaliteit en kwantiteit van de wetenschappelijke productie scherp. Ten vijfde: verbind aan die beoordelingen regelmatig, zeg om de vijf jaar, duidelijke consequenties, zo mogelijk positieve, maar desnoods ook zeker negatieve. Ten aanzien van twee van de vijf punten valt er in Wageningen

veel te verbeteren: er is m.i. te veel bemoeienis via fondssturing en er worden te weinig consequenties verbonden aan de resultaten van kwaliteitstoetsen.

**Tenslotte** wil ik graag een woord van dank uitspreken. De Landbouwhogeschool, Landbouwuniversiteit en nu Wageningen Universiteit, heeft mij altijd een prachtige werkplek geboden, en steeds alle vertrouwen geschonken om in grote vrijheid het werk te doen dat ik belangrijk vond. Veel dank daarvoor.

Mijn collega's op het laboratorium voor Bodemkunde en Geologie dank ik van ganser harte voor de goede samenwerking in een uitstekende sfeer, die steeds werd gekenmerkt door open collegiale verhoudingen en een minimum aan hiërarchie.

Mijn diepste dank gaat uit naar mijn gezin. Jullie waren altijd loyaal, ook al protesteerden jullie terecht als ik jullie met olifantachtige dikhuidigheid en lomppotigheid confronteerde met wat ik beschouwde als onaantastbare prioriteiten van mijn werk. Riekje, ik dank jou voor alle steun die je me al die jaren, soms tegen beter weten in, hebt gegeven, en voor je weldadige kritisch-ironische houding tegenover alle uiterlijkheden van het academische bedrijf. Ik verheug me op onze nieuwe toekomst samen, binnen en buiten het bedrijf dat we vandaag zijn gestart. En u luisteraars, dank voor uw aandacht.

---

<sup>1</sup> Q&A-23 juni 2004 tijdens bezoek van Aalt Dijkhuizen aan de Environmental Sciences Group, Dreijenborg, Wageningen.

---

<sup>2</sup> Anand et al 2004. Space weathering on airless planetary bodies: Clues from the lunar mineral hapkeite, . *PNAS* 101: 6847-6851.

<sup>3</sup> J.M. van Bemmelen, 1886. Bijdragen tot de kennis van de alluvialen bodem in Nederland. *Derde Verh. Akad. Wetensch, Amsterdam*, 25 p.33

<sup>4</sup>U. Schwertmann. 1961 Über das Vorkommen und die Entstehung von Jarosit in Marschböden (Maibolt). *Die Naturwissenschaften* 48:159-160

<sup>5</sup> B.C.T.Macdonald, Denmead, O.T., White, I., Melville M.D., 2004 Natural sulfur dioxide emissions from from sulfuric soils. *Atmospheric Environment*, 38: 1473-1480

<sup>6</sup> P. Buurman, N. van Breemen and S. Henstra, 1973. Recent silification of plant remains in acid sulphate soils. *N. Jb. Miner. Mh.* 1973, 117-124.

<sup>7</sup> N. van Breemen, 1973. Dissolved aluminium in acid sulfate soils and in acid mine waters. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37, 694-697.

<sup>8</sup> D.K. Nordstrom, 1982. The effect of sulfate on aluminum concentrations in natural waters: Some stability relations in the system  $Al_2O_3$ - $SO_3$ - $H_2O$  at 298K: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46: 681-692.

<sup>9</sup>J.W. Anthony & W.J. McLean 1976 Jurbanite, a new post-mining aluminum sulfate mineral from San Manuel, AZ, *Am.Min.*: 61: 1-4.

<sup>10</sup> Met dank aan Marten Scheffer. Marten, noch Toon Tellegen, noch ikzelf konden deze apocriefe uitspraak terugvinden in het werk van Tellegen, maar de schrijver gaf me toestemming de uitspraak desondanks aan de olifant toe te schrijven, waarvoor dank.

<sup>11</sup> N. van Breemen, P.A. Burrough, E.J. Velthorst, H.F. van Dobben, Joke de Wit, T.B. Ridder & H.F.R. Reynders, 1982. Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy throughfall. *Nature* 299, 548-550.

<sup>12</sup> A.G.Jongmans, N. van Breemen, U. Lundström, R.D. Finlay, P.A.W. van Hees, R. Giesler, P.-A.Melkerud, M.Olsson, M.Srinivasan, T. Unestam, 1997. Rock-eating fungi, *Nature* 389:682-683.

<sup>13</sup> H. A. C. Denier van der Gon, M. J. Kropff, N. van Breemen, R. Wassmann, R. S. Lantin, E. Aduna, T. M. Corton† and H. H. van Laar, 2002 Optimizing grain yields reduces  $CH_4$  emissions from rice paddy fields. *PNAS* 99 : 12021–12024.

<sup>14</sup> Pek van Andel, "Wat niet verrast is niet nieuw" in *NRC Handelsblad* van 24/25 april 2004 over de oorsprong van het woord aan de hand van een bespreking van Merton & Barber, *The Travels and Adventures of Serendipity: a Study in Sociological Semantics and the Sociology of Science*", Princeton University Press, 2004, 313 blz.

<sup>15</sup> R.M. Roberts. 1989. *Serendipity. Accidental discoveries in science.* John Wiley & Sons, 270 blz.

<sup>16</sup> J.V. Sanchez-Perez, J. V., Rubio, C., Martinez-Sala, R., Sanchez-Grandia, R. & Gomez, V. 2002 Acoustic barriers based on periodic arrays of scatterers. *Applied Physics Letters*, **81**, 5240 - 5242,

<sup>17</sup> S.W. Altmann et al , 2004 Niemann-Pick C1 Like 1 protein is critical for intestinal cholesterol absorption. *Science*. 303:1201-4.

<sup>18</sup> J. Johnson , Canning J., Kaneko T., Pru J.K., Tilly J.L., 2004. Germline stem cells and follicular renewal in the postnatal mammalian ovary. *Nature* 428: 145-150.

---

<sup>19</sup> Akademie nieuws, KNAW Sept 2004.

<sup>20</sup> A.Kantorovich 1993 Scientific discovery: logic and tinkering , State University of New York Press, 281 pp.