

KARAKTER

TIJDSCHRIFT

VAN NUMMER 25 • 2009

WETENSCHAP

ACADEMISCHE STICHTING LEUVEN

De kleuren van het water

Muziek in de waanzinnige twintigste eeuw

Het mysterie van de ontbrekende antimaterie



DRIEMAANDELIJKS/EERSTE TRIMESTER
ACADEMISCHE STICHTING LEUVEN
PARKSTRAAT 45, BUS 3601
3000 LEUVEN
AFGIFTEKANTOOR 8000 BRUGGE
1-2° AFDELING/P 309616



3 **De kleuren van het water**

De bruine kleur van water in de ongerepte natuur wordt voornamelijk veroorzaakt door opgeloste organische stof.

ERIK SMOLDERS

6 **Muziek in de waanzinnige twintigste eeuw**

De twintigste eeuw is een van de meest uitdagende perioden uit de muziekgeschiedenis.

MAARTEN BEIRENS

9 **Het mysterie van de ontbrekende antimaterie**

Met een nieuw experiment in de Large Hadron Collider-versneller hoopt men een volgende stap te zetten in de ontrafeling van dit raadsel.

MARCEL MERK

12 **Microben: een fataal gezelschap?**

Micro-organismen hebben een determinerende rol gespeeld in de geschiedenis van de mensheid.

JOZEF ANNÉ

15 **De moleculaire basis van kankeruitzaaiing**

Omdat uitzaaiingen kanker ongeneeslijk maken, is het van belang het complexe proces van metastasering te analyseren.

FRANS VAN ROY

19 **De keuze voor de hoofddoek**

In tegenstelling tot wat de media vaak beweren is de hoofddoek geen symbool voor onderdrukking, maar heeft die een performatief karakter.

IMAN LECHKAR

22 **De War on Terror als strijd om de moderniteit**

In een nieuwe visie op moderniteit is het Westen wezenlijk tegengesteld aan de islam, die niet in staat wordt geacht religie en staat te scheiden.

PATRICK PASTURE

25 **De methusalempil: wetenschap of koopmanschap?**

De media publiceren vaak misleidende berichten over succesvolle levensverlengende 'wondermiddeltjes'.

THEO NIEWOLD

18 **Fast science**

28 **Sterk water**

Academische Stichting Leuven steunt jonge wetenschappers om tot origineel en hoogstaand werk te komen. Karakter biedt een etalage op recente vernieuwingen in de wetenschap.

© 2009 Karakter. Karakter is een uitgave van de Academische Stichting Leuven en verschijnt viermaal per jaar. REDACTIESECRETARIAAT p/a Universitaire Pers Leuven, Minderbroedersstraat 4, 3000 Leuven, redactie.karakter@gmail.com. LIDMAATSCHAP EN ABONNEMENT Lidmaatschap Academische Stichting Leuven, inclusief abonnement Karakter € 25, Abonnement Karakter € 25. Stort dit bedrag op rekeningnummer 431-0110232-10 en schrijf zo mogelijk in via de website <http://www.kuleuven.be/asl>. LIDMAATSCHAPS- EN ABONNEMENTENADMINISTRATIE Parkstraat 45 - bus 3601, 3000 Leuven, tel. 016/32 30 48, fax 016/32 33 65, e-mail asl@soc.kuleuven.be. GIFTEN Academische Stichting Leuven is niet alleen uitgever van Karakter, maar steunt ook jonge onderzoekers via congresstoelagen en wetenschappelijke prijzen. U kan hieraan meehelpen door het storten van een gift op rekeningnummer 432-0000011-57 van de K.U.Leuven (Krakenstraat 3, 3000 Leuven) met vermelding ***400/0001/16136***. Giften vanaf € 30 zijn fiscaal aftrekbaar. VERANTWOORDELIJKE UITGEVER Jean-Christophe Verstraete, Blijde-Inkomststraat 21, 3000 Leuven. ISSN-NUMMER 1379-0390. PRIVACY Wij respecteren uw privacy. Uw persoonsgegevens worden opgenomen in het ledenbestand. Op eenvoudig verzoek kan u het recht van toegang tot uw gegevens uitoefenen, evenals het recht om de verbetering ervan te vragen. Wie rechten meent te kunnen doen gelden op illustraties, dient contact op te nemen met de redactie.

REDACTIE Geert Carmeliet, Ann Cassiman, Johan Martens, Dirk Roose, Philip van Damme, Gerd van Riel, Jean-Christophe Verstraete (hoofdredacteur). REDACTIESECRETARIS Els van de Perre. VORMGEVING Griet van Haute. AUTEURS Jozef Anné, microbioloog (K.U.Leuven), Maarten Beirens, musicoloog (K.U.Leuven), Iman Lechkar, socioloog (FWO-IMMRC, K.U.Leuven), Marcel Merk, fysicus (Nikhef en Vrije Universiteit Amsterdam), Theo Niewold, onderzoeker voeding en gezondheid (K.U.Leuven), Patrick Pasture, historicus (K.U.Leuven), Frans van Roy, moleculaire celbioloog (U.Gent en VIB), Erik Smolders, bodemkundige (K.U.Leuven).

COVERFOTO Bruno Vandermeulen

WATER IN DE ONGEREPTENATUUR IS NIET NOODZAKELIJK GLASHELDER. INTEGENDEEL, DE KLEUR IS SOMS DIE VAN GOEDGETROKKEN THEE. DIE KLEUR WORDT VOORNAMELIJK VEROORZAAKT DOOR OPGELOSTE ORGANISCHE STOF. RECENTE GEGEVENS TONEN ECHTER AAN DAT DE CONCENTRATIE OPGELOSTE ORGANISCHE STOF IN NATUURLIJKE OPPERVLAKTEWATERS GEMIDDELD STIJGT. DIE VASTSTELLING LEIDT TOT ENIGE ONGERUSTHEID. OF DIE TREND TE MAKEN HEEFT MET DE KLIMAATSVERANDERING, VERANDERINGEN VAN HYDROLOGIE DAN WEL MET EEN VERBETERDE LUCHTKWALITEIT WORDT VOLOP ONDERZOCHT.

De kleuren van het water

Erik Smolders



De bruine kleur van natuurlijk water, veroorzaakt door humusbestanddelen. Schwarzbach in de Hoge Venen van België © Erik Smolders

Heeft u het ook al gemerkt dat het water in beekjes van bos, hei of venen soms een bruine kleur heeft? De bruine kleur kan zo intens zijn dat het water meer lijkt op goedgetrokken thee. ‘Zwarte beek’, een naam die wereldwijd voorkomt, verwijst hiernaar. Als dit water ontspringt in het natuurgebied waarin u wandelt, dan is de kans groot dat die kleur een volledig natuurlijke oorsprong heeft. Sterker nog, als het beekje tal van watervalletjes heeft die turbulentie veroorzaken in het water, dan bestaat de kans dat u op het water schuimvlokken ziet. Ook die hebben een perfect natuurlijke oorsprong. Water uit de ongerepte natuur is dus niet noodzakelijk glashelder, al wil de reclame ons dat graag doen geloven. De bruine kleur die je ziet in dergelijke riviertjes is voornamelijk veroorzaakt door opgeloste

organische stof (Dissolved Organic Matter of DOM), een bestanddeel van humus.

Humus ontstaat op zijn beurt in de bodem door de langzame afbraak van organisch materiaal. Humus is in feite de verzamelnaam van dergelijke afbraakproducten. Het heeft een complexe en variabele molecuulstructuur waarin men de bouwstenen van houtstof (lignine) aantreft en waarin ook looizuren (tannine) aanwezig zijn. Een tiental milligram opgeloste humus per liter geeft aan water al de bruingele kleur van een kopje goedgetrokken thee. Men onderscheidt in humus verschillende fracties naargelang van de oplosbaarheid. De meest wateroplosbare fractie noemt men de fulvuszuren. Wanneer regenwater door de bodem sijpelt, neemt het een deel van die fulvuszuren met zich mee en dit is

wat uiteindelijk in het beekje terechtkomt. Bij een hevige stortbui stroomt water voornamelijk via het oppervlak naar de beekjes en ook op die manier komen humusbestanddelen in het water. Het opgeloste organische materiaal in water is zeker niet alleen afkomstig van de bodem. Ook waterplanten zijn een bron van organisch materiaal en in de rivieren die door bebouwde regio’s stromen, loost de mens via het afvalwater ook grote hoeveelheden organisch materiaal. In natuurlijke wateren, ver weg van de lokale invloed van de mens, varieert het gehalte organisch materiaal tussen 2 en 40 milligram per liter, met een gemiddelde van 10 milligram per liter.

Het opgeloste organische materiaal is een parameter die vele ecologische processen in het water

Bij desinfectie van drinkwater is de vorming van ongewenste bijproducten afhankelijk van de concentratie opgeloste organische stof

stuurt. Het is een bron van voedingsstoffen voor de organismen in het water en het heeft het vermogen om metalen te binden waardoor de opneembaarheid van die metalen wordt beïnvloed. Drinkwater bevat het best zo weinig mogelijk opgelost organisch materiaal. Bij desinfectie van drinkwater is de vorming van ongewenste bijproducten afhankelijk van de concentratie opgeloste organische stof. Daarom verlagen watermaatschappijen via filtratietechnieken de opgeloste organische stof zoveel mogelijk vooraleer men het water desinfecteert. De jaarlijkse afvoer van opgeloste organische stof via oppervlaktewater naar de oceanen is een deel van de koolstofcyclus die we in de huidige context graag precies begrijpen, al is die afvoer slechts een zeer kleine fractie van de jaarlijkse koolstofuitwisselingen tussen bodem en atmosfeer.

Trendwatchers melden echter slecht nieuws. Recente gegevens tonen aan dat de concentratie opgeloste organische stof in natuurlijke oppervlaktewaters gemiddeld stijgt. Zo toonde een publicatie in 2005 aan dat in de periode 1990–2005 de concentratie opgeloste organische stof ongeveer verdubbelde in 22 bovenstromen en meertjes van de hooglanden in het Verenigd Koninkrijk. Niemand weet hoelang die trend al bestaat, want de metingen worden nog maar een kleine dertig jaar uitgevoerd. Die gegevens en de visuele waarnemingen van de kleurtoename in Scandinavische meren hebben geleid tot een zekere ongerustheid. Bovendien is de trend in de bovenlopen van onze rivieren omgekeerd aan deze die men over dezelfde periode vaststelt in de benedenlopen, bijvoorbeeld in de rivieren van ver-

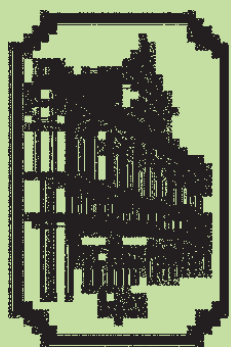
stedelijkte regio's van Europa. Daar zijn grote inspanningen geleverd om het afvalwater te zuiveren van organische belasting. Die inspanningen resulteren in een daling van de concentratie opgeloste organische stof in het water en in een ermee samengaan de stijging van de zuurstofconcentratie. Die verbetering van de toestand in de grote stromen van de lage gebieden is dus in tegenstelling met wat in de natuurlijke bovenlopen gebeurt.

Vanzelfsprekend gaven de gegevens over de concentratiestijging in de bovenlopen aanleiding tot uitgebreide studies en werd de klimaatsverandering als mogelijke oorzaak aangeduid. Apocalyptische uitspraken zoals de mogelijke destabilisering van het organische materiaal van de bodem door klimaatswijziging en de impact ervan op de globale koolstofcyclus kregen de aandacht. In het eerder genoemde artikel waren de auteurs echter voorzichtig met het aanwijzen van de klimaatswijziging als oorzaak van de concentratiestijging: op ruime schaal blijkt immers dat de concentratie opgeloste organische stof eerder lager is in gebieden waar de temperatuur hoger is, wat betekent dat globale temperatuurstijgingen de gemiddelde concentraties opgeloste organische stof eerder zouden doen dalen dan stijgen. Een andere verklaring die gegeven werd, was dat de toename in opgeloste organische stof veroorzaakt wordt door een toename in de frequentie of de duur van droge periodes, wat opnieuw gerelateerd is aan de klimaatsverandering.

Apocalyptische uitspraken zoals de mogelijke destabilisering van het organische materiaal van de bodem door klimaatswijziging kregen de aandacht

Inderdaad, verschillende experimenten met bodemstalen in het laboratorium tonen aan dat de concentratie opgeloste organische stof in een bodemoplossing piekt na het herbevochtigen van een droge bodem. Een toename van het aantal of de duur van droge periodes zou dus eventueel meer organisch materiaal van de bodem naar het water sturen. Die vrijstelling van het opgeloste materiaal wordt meer dan waarschijnlijk veroorzaakt door het openbreken van biomassa die afsterft na een periode van droogte of vorst in de bodem. Dit materiaal is echter goed afbreekbaar en men kan zich dan afvragen of dit materiaal de periode overleeft tussen het uitspoelen naar het grondwater en het transport naar het oppervlaktewater. Een groot experiment in een veengebied in het Verenigd Koninkrijk kon niet bevestigen dat langdurige droogtes de uitspoeling van organische stof versnelt. In dit experiment, waarbij een deel van het veen experimenteel werd uitgedroogd, vond men geen piek in de hoeveelheid organisch materiaal na herbevochtigen ten opzichte van de controle, eerder het tegendeel. De hypothese dat de opgeloste organische stof stijgt door klimaatsveranderingen werd daarom minder en minder plausibel.

In het vermelde artikel speculeerden de auteurs verder dat de trends van opgeloste organische stof ook te maken konden hebben met veranderingen van hydrologie, zoals vaker voorkomende stormen of gewijzigd landgebruik. Een speculatie van een heel andere aard was dat de trends misschien veroorzaakt werden door een algemene daling van de zure regen, dus door de verbeterde luchtkwaliteit over de laatste dertig jaar. In een notendop: de trend van een stijgende concentratie opgeloste organische stof zou niet meer zijn dan een weerspiegeling van het herstel van het ecosysteem naar de pre-industriële toestand. Betere luchtkwaliteit zou dus de oorzaak zijn van recent 'dalende waterkwaliteit' in de bovenlopen. Die hypothese werd in 2007 onderbouwd door een reeks gegevens in een artikel (gepubliceerd in *Nature*) van Don Monteith, die als senior research fellow verbonden is aan de University College London. Ze lijkt ook de meest logische



De voorjaarscatalogus 2009 is er!

Vraag nu een exemplaar aan via

info@upers.kuleuven.be

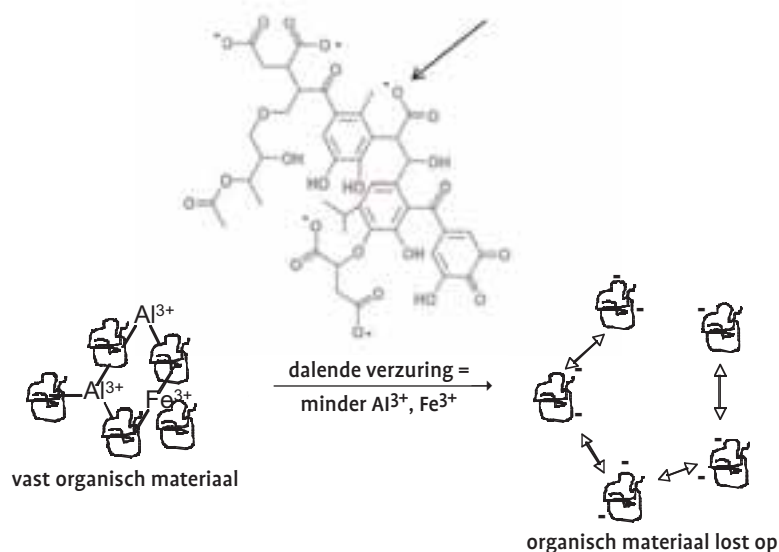
UNIVERSITEIT LEUVEN

MINDERBROEDERSSTRAAT 4 BUS 5602, 3000 LEUVEN

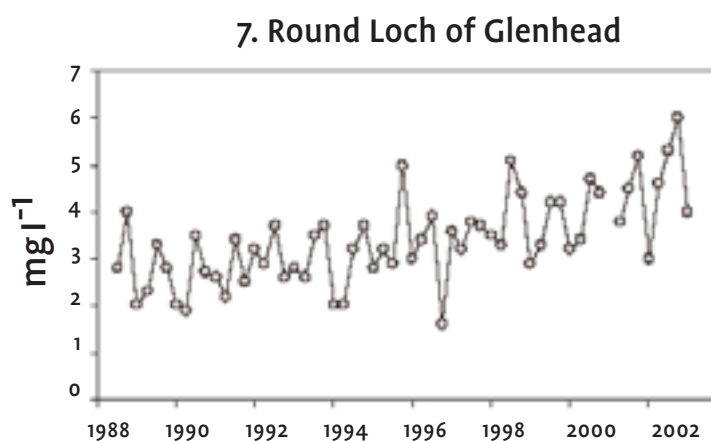
WWW.UPL.BE



FIGUUR 1



FIGUUR 2



C.D. Evans et al. / Environmental Pollution 137 (2005) 55e71

en steunt op basisprincipes die reeds langer in de bodemchemie waren gekend.

Voor we de relatie verklaren tussen zure regen en opgeloste organische stof in oppervlaktewater, geven we graag eerst enkele cijfers uit dit artikel van Monteith. Hij en zijn medewerkers analyseerden de evolutie van de concentratie opgeloste organische stof in 522 meertjes en bovenstromen van Noord-Amerika, het Verenigd Koninkrijk en de Scandinavische landen. Het betreft hier uitsluitend waters uit natuurlijke ecosystemen, vrij van lokale verstoring behalve dan door bosbouw en/of extensieve begrazing. Het aantal geobserveerde stijgingen van de concentratie in opgeloste organische stof (n=363) lag veel hoger dan het aantal dalingen. De jaarlijkse stijgingen bedroegen één tot vier procent per jaar tussen 1990 en 2004 voor de Europese waters. De stijgingen in Noord-Amerika waren echter minder uitgesproken. De gemiddelde concentraties van opgeloste organische stoffen bedragen ongeveer 5 milligram per liter en de stijgingen gaan niet overal gepaard met een voor het menselijke oog waarneembare toename in kleur.

Om de relatie tussen oplosbaarheid van organisch materiaal en zure regen te verstaan, is het noodzakelijk om de structuur van humusbestanddelen te begrijpen. Die moleculen bevatten een groot aantal zogenaamde functionele groepen, zoals carboxylzuren en fenolische groepen. De carboxylzuren zijn bij de zuurtegraad van de bodem negatief geladen. (In de figuur worden ze aangeduid met het pijltje.) Meerwaardig geladen kationen uit de bodem, zoals het algemeen voorkomende Al^{3+} (aluminiumion), vormen een sterke binding tussen verschillende kleinere fracties van humuszuur waardoor die een groot, onoplosbaar molecuul vormen. Niet alleen Al^{3+} bouwt dergelijke bruggen, maar ook Fe^{3+} (ijzerion) en zelfs het tweewaardig geladen Ca^{2+} (calciumion). De hoeveelheid van die aluminium- en ijzerionen is in natuurlijke bodems sterk afhankelijk van de zuurtegraad van de regen die de verwering van mineralen beïnvloedt. De industriële revolutie in Europa en Amerika ging gepaard met een grote zwaveluitstoot die leidde tot een algemene zure neerslag op de bodems via de regen. Een zure neerslag versnelt de verwering van de bodem-

mineralen en leidt ook tot een stijging van de concentratie meerwaardig geladen kationen in de bodem. Bij hoge zoutconcentraties, voornamelijk zouten met meerwaardig geladen kationen, zal organisch materiaal dus slechter oplossen. Een daling van de zure neerslag leidt tot een herstel van het natuurlijke evenwicht, de zoutconcentraties in de bodemoplossing dalen terug en het organisch materiaal wordt opnieuw beter oplosbaar. Dit wordt weergegeven in het onderste luik van de figuur: bij lagere concentraties van zouten worden de bruggen tussen de negatief geladen deeltjes verbroken en stoten de deeltjes elkaar af waardoor het organisch materiaal beter oplost.

Het natuurlijke schuim op zachte, natuurlijke waters verdwijnt wanneer het water harder wordt

Misschien hoorde u nooit eerder over het verband tussen de aanwezigheid van meerwaardig geladen kationen en het oplossen van grote organische moleculen, maar u heeft dit ongetwijfeld wel al aan den lijve ondervonden: zeep lost beter op en schuimt meer in zacht water dan in hard water. Zacht water, zoals regenwater of water uit een bergrieviertje, bevat weinig calcium- en magnesiumionen. Het natuurlijke schuim op zachte, natuurlijke waters verdwijnt ook wanneer het water harder wordt. Het is ook niet toevallig dat het heel zachte water van de Rio Negro (de zwarte rivier) in het Amazonewoud, zijn kleur én naam verliest op de plaats waar de rivier samenstroomt met de Amazone die een iets grotere hardheid heeft.

In hun artikel in *Nature* toonden Monteith en zijn collega's aan dat de stijgende concentratie opgeloste organische stof in verschillende gebieden een verband vertoonde met dalende concentraties van voornamelijk sulfaat en in mindere mate calcium, magnesium en chloride. Jammer genoeg waren er geen gegevens beschikbaar over de samenstelling van de

regen of bodemoplossing op een grote ruimtelijke en temporele schaal. Daarom werd de samenstelling van het oppervlaktewater zelf genomen als maat voor de trend in depositie. Voor sulfaat is dit een redelijke aanname, maar niet voor stikstof omdat die laatste sterk in het ecosysteem wordt weerhouden. Zure regen wordt voornamelijk veroorzaakt door de zwavel- en stikstofemissies, die wereldwijd sterk zijn afgenomen door toenemende rookgasbehandelingen. Correlaties van concentraties opgeloste organische stof met temperatuur of met hydrologische parameters gaven geen (statistische) verklaring voor de trends van het opgeloste organische stof in de meer dan vijfhonderd onderzochte waters. Voor de volledigheid moet ook worden gemeld dat er een zwak verband was tussen stijgende concentraties organisch materiaal en dalende concentraties van chloride. Dit zou worden veroorzaakt door de dalende depositie van zeezouten in de kustgebieden na de jaren 1990 omwille van een daling in het aantal zware zeestormen.

De verklaring voor de trend in de concentratie opgeloste organische stof door dalende zure depositie is aannemelijk omdat het gaat over een plausibel mechanisme dat experimenteel reeds werd aangetoond en omwille van de kracht van de grote getallen. De auteurs benadrukken echter dat die trends niet noodzakelijk over heel de aarde aanwezig zijn en mogelijk beperkt blijven tot die gebieden waar zure regen een grote impact heeft gekend, namelijk in Noord-Amerika, het Verenigd Koninkrijk en de Scandinavische landen. De auteurs stellen echter ook dat hun bevindingen suggereren dat de eerder geformuleerde uitspraken over de destabilisatie van het terrestrische koolstof overschat waren. Zoals hoger vermeld is de jaarlijkse flux van koolstof vanuit de bodem naar de oceanen minder dan één procent van de jaarlijkse bruto koolstofopname door terrestrische planten. Apocalyptische uitspraken krijgen jammer genoeg vaak meer aandacht dan genuanceerde verhalen, en deze studie suggereert dan ook dat die eerste onterecht de wereld waren ingestuurd. ●

Don T. Monteith et al., 'Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry', in: *Nature*, 2007, 450, 537-540.

DE TWINTIGSTE EEUW IS EEN VAN DE MEEST BOEIENDE PERIODEN UIT DE MUZIEKGESCHIEDENIS. NIET ALLEEN DE ESTHETISCHE, SOCIALE EN POLITIEKE VERANDERINGEN MAAR OOK DE VELE TECHNOLOGISCHE VERNIEUWINGEN HEBBEN DE PRODUCTIE ÉN DE BELEVING VAN DE MUZIEK GRONDIG VERANDERD. IN *THE REST IS NOISE* DOET ALEX ROSS EEN BEWONDERENSWAARDIGE POGING OM DE VELE PARALLELE, TEGENSTRIJDIGE EN DIVERGERENDE LIJNEN VAN DE EVOLUTIE VAN DE MUZIEK IN DEZE EEUW SAMEN TE BRENGEN.

Muziek in de waanzinnige twintigste eeuw

Maarten Beirens

Geen enkele periode in de muziekgeschiedenis is zo fascinerend als de twintigste eeuw. Dat betekent niet noodzakelijk dat deze eeuw meer meesterwerken of meer briljante componisten zou hebben voortgebracht dan om het even welke andere eeuw. Al heeft de twintigste eeuw – in tegenstelling tot een vrij hardnekkige reputatie – zeker ook niet minder meesterwerken opgeleverd. Neen, de rijkdom van de twintigste-eeuwse muziek ligt in haar verscheidenheid. De talloze wegen die twintigste-eeuwse componisten hebben bewandeld in hun pogingen om een antwoord te formuleren op de muziektechnische en esthetische uitdagingen waarmee zij zich geconfronteerd zagen, leverde een ongezien panorama op van muzikale inventiviteit. Zo zien we vernieuwingen, sommige radicaal, andere meer gematigd, die telkens opnieuw de muzikale expressiemiddelen pogen uit te breiden, aan te scherpen, te herdefiniëren, of zelfs tabula rasa maken en de fundamentele mogelijkheden van de muziek in vraag stellen. We zien ook pogingen om de erfenis uit het verleden opnieuw te actualiseren, wat alle schakeringen kan krijgen van doordachte synthese, over subtiele allusies tot onverbloemd conservatisme. Dat alles vindt plaats tegen de achtergrond van een maatschappij die in snel tempo verandert. Niet alleen kent de twintigste eeuw een bewogen geschiedenis met twee wereldoorlogen, de Holocaust en de atoombom – om maar enkele van de meest ingrijpende feiten te noemen. Deze periode heeft ook een groot aantal technologische vernieuwingen gekend die de productie én de beleving van muziek grondig hebben veranderd. De grammofoon, de radio, de televisie tot en met de cd en de vele digitale muziekbronnen van vandaag hebben allemaal een grote impact gehad op de manier waarop componisten en publiek met muziek omgaan.

Wat in het begin van de eeuw met de blues en de jazz begon is aan het einde ervan op veel grotere schaal werkzaam

Die razende vaart van waanzinnige wendingen, evoluties en omwentelingen die de twintigste-eeuwse muziek heeft doorgemaakt, maakt het niet eenvoudig een helder overzicht te schetsen van wat er zich in die periode allemaal heeft afgespeeld. De globalisering werkt dit nog verder in de hand. Want wat ooit het eenduidige relaas van de westerse klassieke muziek was, is nu uitgegroeid tot een mondiaal gegeven, waarin talloze geografisch-culturele achtergronden hun invloed hebben en waarin tegenwoordig ook die grenzen vervagen en tradities versmelten. Wat bijvoorbeeld in het begin van de eeuw met de blues en de jazz begon (Afrikaanse elementen die in de nieuwe Amerikaanse context een heel andere betekenis kregen), is aan het einde ervan op veel grotere schaal werkzaam. Aan het begin van de twintigste eeuw werd de kwaliteit van muzikale boegbeelden, zoals Richard Strauss of Arnold Schönberg, nog afgemeten aan de wijze waarop ze de taal en de techniek uit het verleden beheersten en erin slaagden om van daaruit vernieuwingen te concipiëren (en te motiveren). Aan het einde van die eeuw daarentegen wordt de kwaliteit van een boegbeeld als György Ligeti afgemeten aan de vindrijkheid waarmee hij erin slaagt coherente muziek te scheppen uit invloeden die letterlijk van over de hele wereld komen: van Afrikaanse pygmeeën, Centraal-Europese traditionele muziek en Indonesische gamelan, tot de hele schatkist van muziektechnische vernieuwingen uit die twintigste eeuw.

De stroom aan tendensen en evoluties is verward, soms zelfs ronduit tegenstrijdig en laat zich allerminst vatten in een helder, causaal relaas. De muziekgeschiedschrijving van de twintigste eeuw lijkt met andere woorden bij voorbaat een verloren zaak. Het is een probleem waarmee ook de musicologie worstelt: naarmate het chaotische kluwen van de recente muziekgeschiedenis complexer wordt, neemt de ambitie af om verder te gaan met het in wezen negentiende-eeuwse recept voor een muziekgeschiedenis. De ‘new musicology’ heeft de omvattende geschiedenis ingeruild voor toegespitste methoden die topics als gender, seksualiteit, etniciteit, cultureel geheugen of diverse socioculturele invalshoeken als uitgangspunt nemen. Naar-

mate de subjectiviteit in rekening wordt gebracht, neemt het geloof in de mogelijkheid van een sluitend objectief relaas van de muziekgeschiedenis af. De postmoderne argwaan tegenover exhaustieve, sluitende verhalen is daar niet vreemd aan.

Hoe utopisch ook, toch hebben de ordenende aanpak en de intellectuele bravoure waarmee uit een veelvoud van beschikbare elementen één of meerdere lijnen van samenhang, evolutie, of antagonisme worden getrokken voor menige muziekwetenschapper een nagenoeg onweerstaanbare schoonheid. De poging om een muziekgeschiedenis van de twintigste eeuw te schrijven is dan ook een moedige onderneming. En dat is precies wat de Amerikaanse auteur Alex Ross heeft gedaan. Zijn boek *The Rest is Noise* is een bewonderenswaardige poging om de vele parallele, tegenstrijdige en divergerende lijnen van de evolutie van de muziek in de twintigste eeuw samen te brengen in een helder en opmerkelijk vlot geschreven discours. Ross is hiervoor dan ook met lof overladen. Het leverde hem de National Book Critics Circle Award en de Guardian First Book Award op, evenals een McArthur Fellowship. Hij was finalist voor de Pulitzer Prize en de *New York Times* nam het boek op in zijn lijst van tien beste boeken van 2007. Bovendien werd het in de Verenigde Staten een bestseller, wat overigens niet zo vreemd is, want de schrijfstijl van Ross, die muziekcriticus is bij de *New Yorker*, slaagt er wonderwel in om zelfs de meest technische kwesties bevattelijk en beeldend voor te stellen. En wie alles wil beluisteren tijdens de lectuur van het boek vindt op de blog van Ross een mooie selectie commentarierende muziekfragmenten (<http://www.therestisnoise.com>).

In *The Rest is Noise* dient de geschiedenis van de twintigste eeuw als leidraad en als verklarend kader waarbinnen de opeenvolgende muziekhistorische evoluties zich afspelen. Vooral de periode 1933–1945 krijgt een interessant politiek-historisch kader. Hier komen achtereenvolgens de (reeds veelbesproken) problematische relaties van respectievelijk het stalinisme en het nazisme met de hedendaagse muziek aan bod. Maar ook de rol van de Amerikaanse nieuwe muziek binnen de dynamiek van Roosevelts New Deal wordt in die context geplaatst. Dit



interessante drieluik geeft op overtuigende wijze aan hoe muziek en politiek zich in het midden van de eeuw in elkaar verstrengelen. Tegelijk wordt hier ook een andere grote verdienste van Ross duidelijk: als Amerikaan maakt hij er een punt van het eurocentrische denken over de muziekgeschiedenis te doorbreken. Niet alleen krijgen Amerikaanse componisten als George Gershwin, Aaron Copland, Charles Ives, John Cage, Steve Reich en zelfs Duke Ellington de aandacht die ze verdienen, Ross wijst terecht ook op de rol die de Verenigde Staten hebben gespeeld als gangmaker van de nieuwe muziek.

Als Amerikaan maakt Ross er een punt van het eurocentrische denken over de muziekgeschiedenis te doorbreken

Dit begon al bij Gustav Mahler en Richard Strauss die naar New York trokken om er succes te oogsten en culmineerde in de jaren dertig van de vorige eeuw toen zowat de volledige elite van de nieuwe muziek onderdak vond in de Verenigde Staten op hun vlucht voor oorlog en nazivervolging: Igor Stravinsky, Arnold Schönberg, Béla Bartók, Kurt Weill, Hanns Eisler, Edgard Varèse, Ernst Krenek, Darius Milhaud, Sergei Rachmaninov en Paul Hindemith –

om maar een greep te doen uit de meest prominente muzikale emigranten. Stravinsky en Schönberg – zonder twijfel de twee componisten die de diepste invloed hadden op de muzikale ontwikkelingen van die eeuw – woonden zelfs slechts enkele straten van elkaar in Hollywood, al is er maar een handvol gelegenheden waarop ze elkaar ontmoet zouden hebben. Ook dat is tekenend voor de grote stilistische en esthetische tegenstellingen die de hedendaagse muziek van die periode verscheurden. Daarnaast worden ook de jazz en andere oorspronkelijk Amerikaanse vernieuwingen opgewaardeerd. Zo is er onder meer een fascinerend portret van de ‘Invisible Men’, de eerste zwarte componisten die hun weg zochten in de blanke muziekwereld en die pas vanaf de Harlem Renaissance, wanneer ragtime en jazz het publiek stormenderhand veroveren, een vaste plaats in de muzikale wereld zouden krijgen. Will Marion Cook (1869–1944), die als zwarte componist in Berlijn ging studeren en een protégé werd van Antonín Dvořák, wordt hier naar voren geschoven als symbool voor de emancipatie van de zwarte Amerikaanse muziek. Hem tussen de canon van de westerse klassieke muziek opnemen biedt minstens een boeiend perspectief.

Net zoals Ross erin slaagt het eurocentrisme te overstijgen, zo vermijdt hij ook de typische dogmatische lezing van de muziekgeschiedenis, door zowel aandacht te besteden aan de progressieve en minder progressieve stijlen. De keuze voor een muziekgeschiedenis mag dan wel lijnen en verbanden aan-

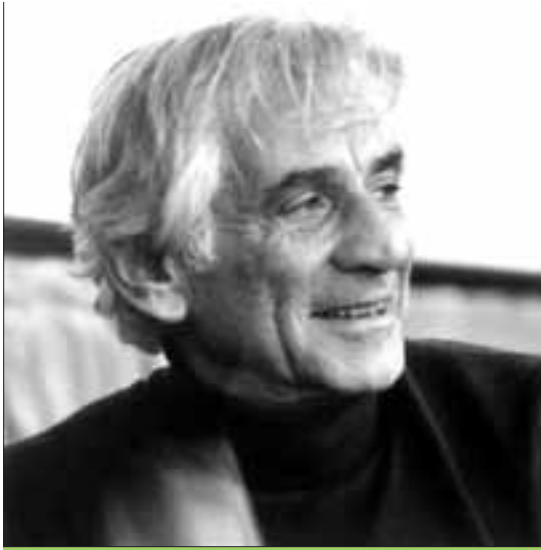
brenge, maar betekent niet dat een eenduidige evolutie, laat staan vooruitgangsgedachte, wordt gerecupereerd. Opvallend in Ross’ boek is dat componisten en tendensen die niet passen in de modernistische lijn van vernieuwingen, hier wel uitgebreid aandacht krijgen als een essentieel onderdeel van de tegenstrijdige tendensen die van de twintigste-eeuwse muziek zo’n fascinerende artistieke smeltkroes maken. Jean Sibelius, Aaron Copland, Benjamin Britten of Dmitri Sjostakovitsj deelden zeker niet de vernieuwende impuls van componisten als Arnold Schönberg, Igor Stravinsky, Anton Webern, Pierre Boulez of John Cage, maar groeiden wel uit tot gerespecteerde boegbeelden van hun generatie.

Hiermee raken we meteen ook de fundamentele kloof aan die de twintigste-eeuwse muziek zo kenmerkt: de grote vaart van de muzikale vernieuwingen (twaalftoonsmuziek, elektronische muziek, serialisme, ...) aan de ene kant en de langzame manier waarop dit wordt opgepikt door de bredere muziekwereld en door het publiek. Uiteraard is de kloof tussen muzikale vernieuwing en de aanvaardig daarvan geen typisch twintigste-eeuws fenomeen. Historisch gezien is de klassieke muziek steeds een zaak geweest van een vrij kleine cultureel onderlegde bevolkingsgroep. Maar in de twintigste eeuw is dat probleem scherper dan ooit gesteld, al is het ook zo dat door het grotere aanbod en de massacommunicatie klassieke (hedendaagse) muziek tegenwoordig een veel groter aantal mensen bereikt dan ooit tevoren. Ross beschrijft dit probleem

uiterst helder, met een elegante vergelijking tussen het ontzag voor Mahler als die door de straten van Wenen wandelde en de anonieme manier waarop John Adams honderd jaar later kan leven. (Al gaat Ross wel kort door de bocht door Adams een vergelijkbare status als Mahler toe te dichten): 'From 1900 to 2000, the art experienced what can be described as a fall from a great height. At the beginning of the century, composers were cynosures on the world stage, their premieres mobbed by curiosity seekers, their transatlantic progress chronicled by telegraphic bulletins, their deathbed scenes described in exquisite detail. [...] A hundred years on, contemporary classical composers have largely vanished from the radar screen of mainstream culture. No one whispers "Der Adams" as the composer of *El Niño* walks the streets of Berkeley.'

De zoektocht naar nieuwe muzikale expressievormen beantwoordt aan een reële noodzaak, waarmee componisten hun stem zoeken tegen de achtergrond van de veranderende sociale en politieke situatie. De obsessieve ritmische energie van Stravinsky, de markante transformatie van Hongaarse volksmuziek bij Bartók, de atonaliteit en de dodecafonie van Schönberg (waarmee hij alle twaalf tonen die binnen het octaaf voorkomen gelijkwaardig wou behandelen), het serialisme van Boulez en Karlheinz Stockhausen, de emancipatie van de klank en het toeval bij Cage, de mathematisch in toom gehouden chaos bij Iannis Xenakis, de terugkeer naar bedrieglijke eenvoud van de *minimal music*: het zijn ieder voor zich prachtige en indringende getuigenissen van een razende muzikale creativiteit die nooit eerder in de geschiedenis zo'n verscheidenheid, omvang en radicaliteit heeft gekend. Maar tegelijk heeft het ruimere publiek al die vernieuwingen slechts mondjesmaat aanvaard en zelden echt in zijn hart gesloten en dat is een schrijnende gemiste kans. Ross weeft talrijke referenties naar *Doktor Faustus* van Thomas Mann als een rode draad doorheen zijn relaas. Interessant is dat bij Mann het de nieuwe muziek is die de plaats inneemt van magie of kennis – de traditionele faustiaanse doelstellingen waarvoor een pact met de duivel wordt gesloten. Manns hoofdpersonage, de componist Adrian Leverkühn, was gemodelleerd op een aantal twintigste-eeuwse componisten en de biografie van die fictieve componist biedt een ontluisterende spiegel van de Duitse geschiedenis in de eerste helft van de eeuw.

Het vraagt niet veel fantasie om in het lot van talloze twintigste-eeuwse componisten een faustiaanse paradox te zien. In ruil voor de visionaire doorbraken die hen toelieten radicaal nieuwe muziek te scheppen – een quasi diabolische creatieve ontbolstering – betaalden ze de zware prijs van de culturele marginaliteit, althans wat de brede publieke perceptie betreft. Een bijzondere uitdaging voor de



**Tegelijk heeft het ruimere
publiek al die vernieuwingen
slechts mondjesmaat
aanvaard**

musicologie (en evengoed voor de muziekkritiek en zelfs de muziekwereld zelf) bestaat er daarom in om die rijkdom aan twintigste-eeuwse muziek te blijven verdedigen, toe te lichten, de esthetische kwaliteiten ervan bloot te leggen, zodat de schoonheid en noodzaak ervan zachtjes doorsijpelen in het bredere culturele bewustzijn. Met zijn ongemeen boeiende schrijfstijl en zijn plastische beschrijvingen van muziekstukken die meteen zin doen krijgen om die werken te (her)beluisteren levert Ross een niet te onderschatten bijdrage.

Tegelijk tonen de zwakkere punten van zijn boek aan dat er voor de geschiedschrijving van de twintigste-eeuwse muziek nog veel te doen staat. Voor de eerste helft van de twintigste eeuw bouwt Ross een overtuigend beeld op waarin conservatieve en revolutionaire tendensen aan beide zijden van de Atlantische Oceaan op een evenwichtige en synthetische wijze worden samengevat. Naarmate zijn boek het heden nadert, wordt zijn relaas selectiever en minder helder. De muziek van na 1945 en in het bijzonder de laatste decennia van de eeuw zijn uitermate diffuus. In zijn uitstekende overzicht van de moderne muziek, *Modern Music and After* (1995), gaf Paul Griffiths aan een hoofdstuk de titel 'Strings and Knots'. De veelheid van stijlen, compositietechnieken, materialen en mogelijkheden waar hedendaagse componisten mee bezig zijn, is enorm en meer dan alleen wat draadjes en knopen uit die wirwar aanduiden en benoemen lijkt een onbegonnen zaak.

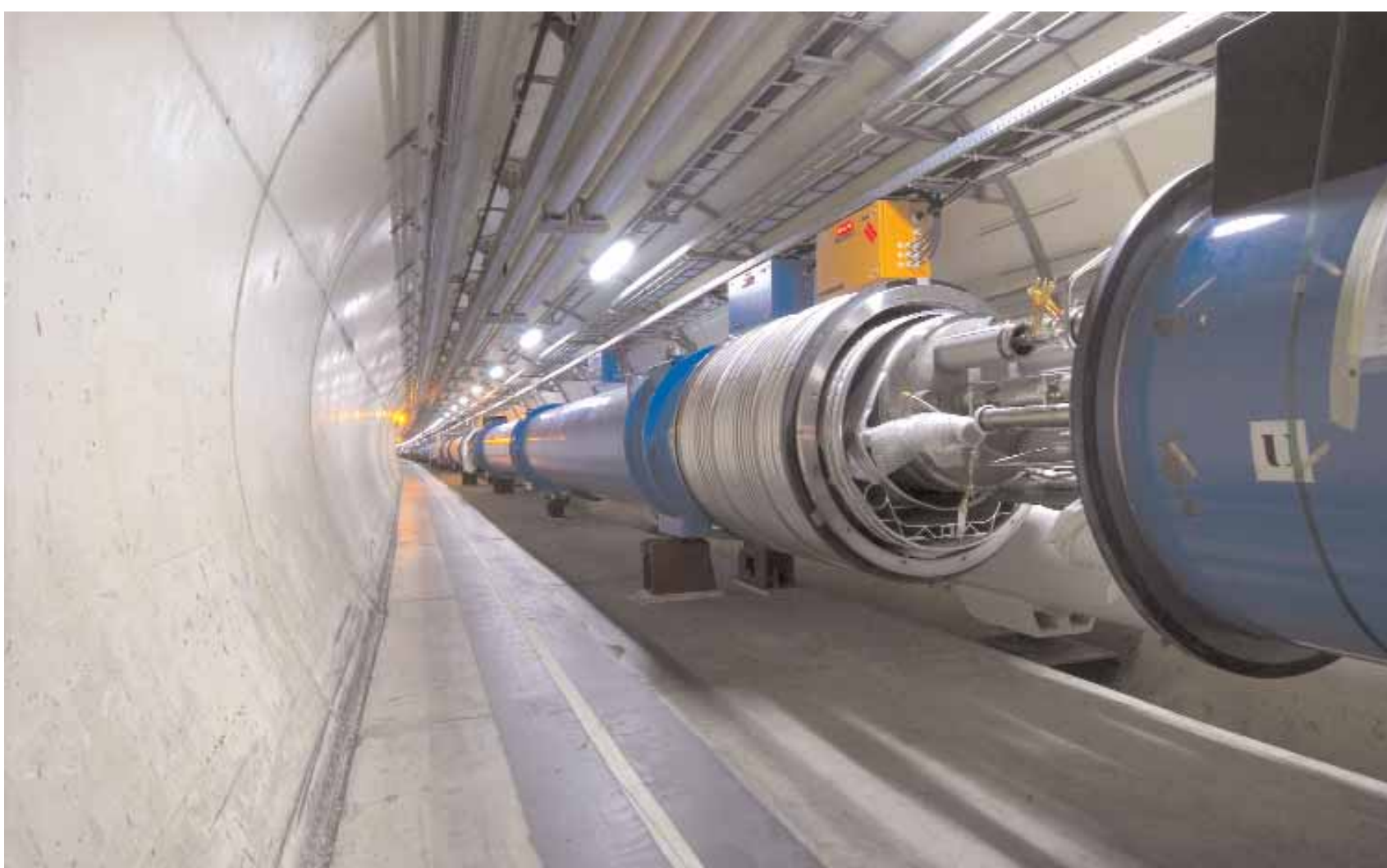
De recente vermenging van uiteenlopende invloeden en het feit dat ook de grenzen tussen 'pop' en 'klassiek' steeds minder duidelijk worden, werken die caleidoscopische situatie alleen nog in de hand. En dit brengt ons bij een tweede zwakker punt in Ross' boek, waar de verbanden met popmuziek slechts terloops en zeer selectief worden aangehaald. Het doet dromen van een grotere muziekgeschiedenis van de twintigste eeuw waarin de complexe relaties tussen zogenaamd klassieke en niet-klassieke muziek ook hun plaats krijgen. Een werk als dat van Mark Prendergast (*The Ambient Century*, 2000) gaat een eind in die richting door die veelheid gewoon naast elkaar te plaatsen, maar blijft eerder informatief van aard. Het blijft vooralsnog wachten op een echte diepgravende analyse van de aspecten en tendensen die elkaar tegenspreken, versterken of beïnvloeden in de tweede helft van de twintigste eeuw – in het volle besef dat zoiets een titanenwerk zal vergen. ●

Alex Ross, *The Rest is Noise* (New York: Farrar, Straus en Giroux/Picador, 2007).
Alex Ross, *De rest is lawaai* (Amsterdam: Ambo, 2008).

HET EUROPESE LABORATORIUM VOOR SUBATOMAIRE FYSICA, HET CERN, START DIT JAAR EEN EXPERIMENT IN DE LARGE HADRON COLLIDER-VERSNELLER WAARBIJ ATOOMKERNEN MET HOGE SNELHEDEN MET ELKAAR IN BOTSING WORDEN GEBRACHT. HET LHCB-EXPERIMENT ONDERZOEKT OF ER VERSCHILLEN ZIJN IN DE FUNDAMENTELE NATUURKRACHTEN TUSSEN MATERIEDEELTJES EN ANTIMATERIEDEELTJES. MET DE METINGEN HOOPT MEN EEN VOLGENDE STAP TE ZETTEN IN DE ONTRAFELING VAN HET RAADSEL VAN DE ONTBREKENDE ANTIMATERIE.

Het mysterie van de ontbrekende antimaterie

Marcel Merk



Een van de meest intrigerende vraagstellingen in de elementaire deeltjesfysica is: waarom observeren we geen antimaterie in de natuur? Die vraag staat tegenwoordig in de belangstelling omdat een van de vier experimenten in de Large Hadron Collider-versneller van CERN, het zogenaamde LHCb-experiment, specifiek ontworpen is om metingen te verrichten die ons dichterbij een antwoord kunnen brengen. CERN is het Europese laboratorium voor subatomaire fysica, gelegen nabij Genève, waar experimenten worden uitgevoerd door atoomkernen met hoge snelheden met elkaar in botsing te brengen. Het LHCb-experiment bekijkt de kleinste bouwstenen van de natuur en onderzoekt of er verschillen zijn in de fundamentele natuurkrachten tussen materiedeeltjes en antimateriedeeltjes. *The*

Mystery of the Missing Antimatter van Helen R. Quinn, hoogleraar aan de universiteit van Stanford in Californië, en van Yossie Nir, hoogleraar aan het Weizmann Instituut in Israël, onderzoekt de natuurkundige processen die plaatsvonden in het allereerste begin, een fractie van een seconde na de oerknal, toen het heelal alleen nog bestond uit fundamentele deeltjes. Die deeltjes worden nu in detail onderzocht in de experimenten van CERN.

Voor we verder ingaan op het onderwerp van de ontbrekende antimaterie, is het noodzakelijk om de terminologie te verduidelijken. Wat wordt er verstaan onder 'materie' en 'antimaterie'? Een gangbare definitie van 'materie' is 'datgene wat massa heeft'. Die heldere omschrijving is goed toepasbaar voor het merendeel van de natuurwetenschappen,

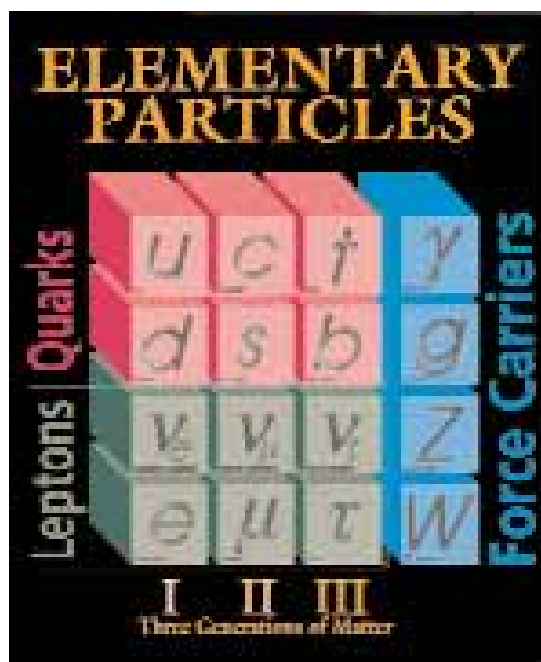
maar ze dient met voorzichtigheid te worden gehanteerd in de elementaire deeltjesfysica. Ze geeft voeding aan de misvatting dat antimaterie kan worden gezien als antimassa. Wat is hier dan wel een bruikbare definitie van 'materie'? Onderzoek naar de bouwstenen van de wereld om ons heen leert dat alle materie is opgebouwd uit atomen met een kern van positief elektrisch geladen protonen en neutrale neutronen, met daaromheen een wolk van negatief geladen elektronen. Het gedrag van die atoomdeeltjes wordt beschreven door de kwantummechanica, die in het begin van de vorige eeuw werd ontwikkeld door onder anderen Niels Bohr, Erwin Schrödinger en Werner Heisenberg. De kwantummechanica geeft een nauwkeurige beschrijving van de elektronenbanen rond de atoomkernen en daarmee

ook van het scheikundige gedrag van atomen, zoals ze zijn gerangschikt in het periodieke systeem der elementen van Mendelejev.

De wisselwerkingen tussen protonen en elektronen worden bestudeerd door ze te versnellen en te laten botsen in versnellers, waarbij er lokaal zeer hoge energiedichtheden worden bereikt. Volgens de beroemde formule van Albert Einstein ($E=mc^2$) is energie equivalent aan massa en worden er bij die botsingen door de vrijkomende energie nieuwe deeltjes geproduceerd. Er was echter een probleem met de succesvolle theorie van de kwantummechanica omdat ze gebaseerd was op niet-relativistische snelheden van deeltjes en omdat ze niet kon worden verenigd met de relativiteitstheorie van Einstein. De briljante theoretische fysicus Paul Dirac bedacht een oplossing. Met zijn beroemde vergelijking $\gamma \cdot \delta\psi = m\psi$, die weergegeven is op zijn grafsteen in Westminster Abbey in Londen, liet hij zien dat de speciale relativiteitstheorie en de kwantummechanica wel te verenigen waren op voorwaarde dat voor elk fundamenteel deeltje een tegenhanger kan bestaan met gelijke massa maar met tegenovergestelde lading: het antimateriedeeltje. De voorspelling van Diracs theorie was dat pure energie kan worden omgezet in paren van materie- en antimateriedeeltjes volgens de formule van Einstein, en ook dat botsende materie- en antimateriedeeltjes elkaar kunnen opheffen, waarbij hun massa wordt omgezet in pure energie.

Het bestaan van antideeltjes werd voor het eerst aangetoond in 1932 door Carl Anderson toen hij botsingsproducten bestudeerde van kosmische straling die de aardatmosfeer binnenvallen. Hij observeerde een deeltje met de massa van het elektron maar met een positieve, dus 'verkeerde' lading. Hij noemde dit deeltje het anti-elektron of het positron. Tegenwoordig kunnen antimateriedeeltjes relatief eenvoudig worden geproduceerd in versnellerlaboratoria. Bij het ATHENA-experiment van CERN is men er bijvoorbeeld in 2002 in geslaagd om zelfs anti-elektronen met antiprotonen te combineren tot enkele tienduizenden anti(waterstof)atomen. Gebaseerd op de wiskundige eigenschappen van de vergelijking van Dirac zou antimaterie zich moeten gedragen als een perfect ladingsspiegelbeeld van materie: het krachtenspel tussen een elektron en een proton is geheel identiek aan dat tussen een positron en een antiproton.

Hoewel het atoom als geheel elektrisch neutraal is, is de kern dit niet. Hoe komt het dan dat een atoomkern stabiel is? Waarom stoten de positief geladen protonen in de kern elkaar niet af? De reden is dat er binnen een atoomkern een kracht heerst, vele malen sterker dan het elektromagnetisme, die de kerndeeltjes bindt. Die kracht is de sterke kernkracht en vormt een derde fundamentele kracht in de natuur, naast de zwaartekracht en het elektromagnetisme. Onderzoek naar de oorsprong van die kernkracht toonde aan dat de protonen en neutronen geen fundamentele bouwstenen in de



natuur zijn. Ze bestaan elk weer uit drie quarks. En het zijn de quarks die de 'lading' van de sterke wisselwerking dragen en elkaar aantrekken. De speurtocht naar de elementaire bouwstenen van de materie bracht ook het bestaan van een vierde en laatste natuurkracht aan het licht: de zwakke kernkracht. Met die kracht, die ook gesitueerd is tussen de quarks, kan een neutron worden omgezet in een proton, waarbij er een elektron en een moeilijk waarneembaar deeltje, het neutrino, vrijkomen. Als dit proces natuurlijk plaatsvindt in een atoomkern, spreken we van een radioactief verval. De eerder genoemde symmetrie tussen materie en antimaterie gaat verder dan alleen hun elektromagnetische wisselwerking. De voorspelling is dat materiedeeltjes en antimateriedeeltjes op identieke wijze gevoelig zijn voor *alle* krachten: zwaartekracht, elektromagnetisme en de sterke en zwakke kernkrachten.

Nadat was aangetoond dat antimaterie kan worden geproduceerd in laboratoria, vroeg men zich af of ze vrij bestaat in de natuur. Als we onze blik beperken tot de aarde, dan is het antwoord meteen negatief. Als er ergens antimaterie zou zijn, dan komt ze onmiddellijk in contact met materie waarbij ze volgens de formule van Einstein meteen wordt omgezet in energie. Vervolgens is de vraag of antimaterie voorkomt buiten de aarde, bijvoorbeeld in kosmische straling, in het bijzonder de primaire deeltjes vóórdat ze op atmosfeerdeeltjes botsen. Het AMS-experiment, dat geïnstalleerd is op een satelliet, heeft aangetoond dat er geen antimateriedeeltjes direct uit de kosmos komen. Het positron van Anderson was slechts ontstaan als bijproduct in een botsing van een kosmisch materiedeeltje op een atoomkern in de dampkring. Er komt dus geen antimaterie op grote schaal voor in het waarneembare heelal.

Als de natuurwetten voor materie en antimaterie geheel symmetrisch zijn, waarom is er dan overal materie en nergens antimaterie?

Maar als de natuurwetten voor materie en antimaterie geheel symmetrisch zijn, waarom is er dan overal materie en nergens antimaterie? Het antwoord moet liggen bij de oerknal, in het allereerste begin, een fractie van een seconde na de geboorte van het universum. Volgens de gangbare theorie is het universum ontstaan in een begintoestand met een klein volume en een zeer hoge dichtheid en energie. In de eerste fractie van een seconde was de temperatuur dermate hoog dat er genoeg energie was voor spontane vorming van paren van materie- en antimateriedeeltjes. Tevens zullen omgekeerd materie- en antimateriedeeltjes elkaar in het dichte universum ontmoeten en overgaan in energiestraling. In die fase zijn er continue omzettingen gaande van energie naar massa en omgekeerd. Als men de evolutieklok laat lopen vanaf dit vroege stadium, is het heelal vervolgens geëxpandeerd en afgekoeld. Op een bepaald moment was de temperatuur te laag voor de productie van materie- en antimaterieparen terwijl anderzijds annihilatie van de deeltjesparen naar energie nog steeds plaatsvond. Als de natuurwetten symmetrisch zijn is de verwachting dat er oorspronkelijk een gelijke hoeveelheid materiedeeltjes en antimateriedeeltjes geproduceerd zijn en dat ze elkaar uiteindelijk weer allemaal hebben opgeheven. Kortom, er ontstaat een leeg universum, geheel in tegenstelling tot onze waarneming. Het fundament van dit raadsel ligt in de wiskundige vergelijking van Dirac die een symmetrie bevat voor de beschrijving van deeltjes en hun antideeltjespartners.

Het begrip symmetrie speelt een centrale rol in de theoretische natuurkunde. Wat wordt er verstaan onder symmetrie? In de fysica wordt een symmetrie gezien als een onveranderlijkheid van een systeem onder een bepaalde afbeelding. Een voorbeeld van een dergelijke symmetrie is dat de krachten tussen deeltjes (denk aan de zwaartekracht tussen massa's of de elektrische kracht tussen geladen deeltjes) niet afhangen van een verplaatsing van het systeem in de tijd of in de ruimte. Die zogenaamde transformatiesymmetrieën leiden tot de bekende wetten van behoud van energie en impuls van het systeem van deeltjes. Het betreft hier een algemeen geldende wetmatigheid die ontdekt is door de wiskundige Emmy Noether: symmetrieën leiden tot behoudswetten. Men kan symmetrieën onderbrengen in verschillende categorieën. Bovenstaand voorbeeld wordt een continue ruimtetijdsymmetrie genoemd, omdat het systeem hierbij een verplaatsing van willekeurige grootte in de tijd of ruimte kan ondergaan. De symmetrie tussen de natuurwetten voor materie en antimaterie is van een ander soort: een zogenaamde discrete symmetrie. Hierbij vergelijken we de krachten in het systeem terwijl we materiedeeltjes vervangen door antimateriedeeltjes. In beide gevallen ligt de grondslag van de symmetrie echter in het bestaan van een hieraan gerelateerde fundamentele onobserveerbare grootte. In het eerste geval betreft het

de absolute positie van het systeem in de ruimte en in de tijd. In het tweede geval gaat het om een absolute definitie van materie en antimaterie. Dit vraagt wat toelichting.

De vraag naar een absolute definitie van materie en antimaterie kan het best worden onderzocht via een andere vraag, die gerelateerd blijkt te zijn aan elementaire deeltjes: is er een absolute definitie mogelijk van linkshandigheid en rechtshandigheid? Die hieraan verbonden symmetrieoperatie speelt een belangrijke rol in de deeltjesfysica en is in detail onderzocht in de vorige eeuw. Het betreft de symmetrie onder de zogenaamde pariteitsafbeelding, waarbij een systeem getransformeerd wordt via een puntspiegeling in de oorsprong. Hierbij wordt elke coördinaat $-x$ afgebeeld op coördinaat x , wat overeenkomt met een normale voor-achterspiegeling, die links- en rechtshandigheid verwisselt, gevolgd door een rotatie van 180 graden. De vraag luidt of de natuurwetten identiek zijn voor linkshandige en rechtshandige fysische systemen. Met andere woorden: is het mogelijk om te bepalen of een fundamenteel natuurproces rechtstreeks geobserveerd wordt of via de pariteitsspiegel? Kan er een absolute definitie worden gemaakt van linkshandigheid? Of zijn rechtshandigheid en linkshandigheid altijd relatieve begrippen? Elementaire deeltjes bezitten een grootte die spin genoemd wordt, een kwantummechanische eigenschap die kan worden gezien als de hoeveelheid rotatie. Gebruikmakend van die eigenschap kan het relatieve begrip links- of rechtshandigheid worden gedefinieerd door de richting van de spin van het deeltje te vergelijken met de voortbewegingsrichting. We spreken van een rechtshandig deeltje als de spinrichting in dezelfde richting wijst als de bewegingsrichting en van een linkshandig deeltje als dit omgekeerd is.

Tot in 1956 was men ervan overtuigd dat alle natuurwetten spiegelsymmetrisch waren. Op microscopische schaal gelden gelijke krachten voor links- en rechtshandige deeltjes. Het werd ondenkbaar geacht dat de natuur een absoluut verschil zou kennen tussen linkshandigheid en rechtshandigheid. De natuurkundigen Tsung-Dao Lee en Chen Ning Yang waren de eersten die zich realiseerden dat er geen experimenteel bewijs was dat de zwakke interactie daadwerkelijk spiegelsymmetrisch is en zij bedachten een experiment dat hierover uitsluitel zou geven. In het beroemde experiment van Chien-Shiung Wu werd de bewegingsrichting gemeten van vrijkomende elektronen in een radioactief verval van cobaltkernen. Door de spinrichting van de cobaltkernen te richten met behulp van een uitwendig aangelegd magneetveld kon men aantonen dat dit radioactieve verval, en daarmee de zwakke kernkracht, een voorkeur had om linkshandige elektronen te produceren. Uit verdere studies bleek dat de natuurwet van de zwakke wisselwerking zelfs volledig linkshandig is: rechtshandige deeltjes blijken er immuun voor te zijn en de zwakke wisselwerking niet te voelen. De pariteitsymmetrie, die

wel gerespecteerd wordt in de zwaartekracht, het elektromagnetisme en in de sterke kernkracht, wordt maximaal gebroken in de zwakke kernkracht. ‘God is a weak left-hander’, zei Wolfgang Pauli. Aldus blijkt het mogelijk de echte wereld te onderscheiden van de spiegelwereld. Zien we een zwakke interactie tussen rechtshandige elektronen, dan is het onmogelijk dat we dit direct waarnemen: we zien het proces via een spiegel.

In de beroemde formule van Dirac spelen linkshandige elektronen een volledig symmetrische rol aan rechtshandige positronen

De pariteitsymmetrie is gerelateerd aan de materie-antimateriesymmetrie. Na de ontdekking van de pariteitschending in 1956 was de heersende opvatting dat tenminste de symmetrie tussen linkshandige materie en rechtshandige antimaterie behouden zou zijn, zodat er netto gelijke wetten gelden voor de totale hoeveelheid materie en antimaterie. In de beroemde formule van Dirac spelen linkshandige elektronen een volledig symmetrische rol aan rechtshandige positronen. Het behoud van die symmetrie, aangeduid met de term charge-parity-symmetrie (CP-symmetrie), werd door wetenschappers algemeen als waar aangenomen. De vragen ‘wat is een linkshandig elektron?’ en ‘wat is een rechtshandig positron?’ kunnen dus alleen in relatieve zin worden beantwoord. Een absolute definitie is onmogelijk als een CP-symmetrie exact geldig is.

Maar zelfs de symmetrie tussen linkshandige materie en rechtshandige antimaterie bleek niet houdbaar toen een team van wetenschappers onder leiding van James Cronin en Val Fitch in 1964 een minuscule afwijking ontdekte in het zwakke verval van zogenaamde *K*-mesonen. Neutrale *K*-mesonen of kaonen zijn deeltjes die bestaan uit een *d*-quark en een anti-*s*-quark. Het blijkt mogelijk dat kaonen spontaan kunnen overgaan in antikaonen en omgekeerd, een fenomeen dat kaonoscillatie wordt genoemd. Het team van Cronin en Fitch observeerde dat een overgang van een kaon in een antikaon iets vaker voorkomt dan omgekeerd. Het betrof hier een minuscuul verschil van ongeveer twee op duizend. Dit betekent echter dat er op die manier toch een mogelijkheid is om materiedeeltjes in absolute zin te onderscheiden van antimateriedeeltjes. De zwakke wisselwerking maakt dus een – weliswaar klein – onderscheid tussen linkshandige deeltjes en rechtshandige antideeltjes. Natuurkundigen zeggen: ook de CP-spiegel is gebroken in de natuur.

In 1967 en 1968 introduceerden Sheldon Glashow, Abdus Salam en Steven Weinberg een theorie voor

de zwakke wisselwerking tussen de drie toen bekende quarks, die nu nog steeds geldt als het standaardmodel. Kort daarna ontdekten de jonge Japanse wetenschappers Makoto Kobayashi en Toshihide Maskawa een manier waarop schending van CP-symmetrie in dit model kan worden ingebouwd. De essentie van hun theorie is dat de sterkte van de zwakke kernkracht tussen quarks wordt beschreven met complexe getallen. Om dit te kunnen verklaren hadden zij maar liefst zes quarks nodig, verdeeld over drie generaties. Zij poneerden dat er drie nieuwe, nog te ontdekken quarks zouden bestaan. Hun artikel verscheen in 1972 toen er nog maar drie quarks experimenteel waren waargenomen en werd om die reden eerst niet serieus genomen. Nadat in 1974 het vierde en in 1977 het vijfde quark waren ontdekt, realiseerde men zich dat er daadwerkelijk drie generaties fundamentele deeltjes bestaan en dat met het Kobayashi-Maskawamechanisme op een consistente manier een asymmetrie in de natuur tussen materie en antimaterie kon worden ingebouwd. Kobayashi en Maskawa kregen voor hun werk in 2008 de Nobelprijs voor Fysica.

De ontdekking van het vijfde quark, het *b*-quark, leidde tot nieuwe mogelijkheden om de hypothese van Kobayashi en Maskawa te toetsen. Net als neutrale *K*-mesonen kunnen neutrale *B*-mesonen (deeltjes die een *b*-quark bevatten) en hun antipartners worden gebruikt om CP-schending te meten. In tegenstelling tot het *K*-mesonverval werd bij het *B*-mesonverval een grote mate van CP-schending verwacht, wat gerelateerd is aan het feit dat het *b*-quark een derdegeneratiequark is. De experimenten BaBar in SLAC (Californië) en Belle in KEK (Japan) hebben vanaf 1999 een grote hoeveelheid metingen verricht, die tot dusver consistent zijn met de Kobayashi-Maskawa-hypothese voor materie-antimaterie-asymmetrie.

De Russische fysicus Andrej Sacharov toonde in zijn artikel in 1967 aan dat CP-schending een noodzakelijk ingrediënt is in de zogenaamde baryogenese: het ontstaan van ons huidige door materie gedomineerde heelal. Ondanks het feit dat de huidige metingen van CP-schending in deeltjesexperimenten in overeenstemming zijn met de theorie van Kobayashi en Maskawa, zijn de pogingen om baryogenese te beschrijven met dit model tot dusver niet succesvol en is het waarschijnlijk dat er nieuwe bronnen van CP-schending moeten worden gevonden. Een speurtocht naar die bronnen is de missie van een van de vier experimenten in de LHC-versneller van CERN, het LHCb-experiment, dat in 2009 van start zal gaan. De hoop is dat dit experiment een volgende stap zal zetten in het ontrafelen van het mysterie van de ontbrekende antimaterie. ●

Helen R. Quinn, Yossi Nir, *The Mystery of the Missing Antimatter* (Princeton: Princeton University Press, 2008).

MICRO-ORGANISMEN HEBBEN EEN DETERMINERENDE ROL GESPEELD IN DE GESCHIEDENIS VAN DE MENSHEID. IN *DEADLY COMPANIONS* GAAT DOROTHY H. CRAWFORD DIEPER IN OP DE RELATIE TUSSEN MICROBIËLE INFECTIES EN DE MENS. ZE VERTREKT VANUIT DE ONTSTAANSGESCHIEDENIS VAN HET LEVEN EN KOMT TOT BESCHOUWINGEN OVER HOE INFECTIEZIEKTEN EEN BEPALENDE INVLOED HEBBEN OP DE CULTURELE EN POLITIEKE GESCHIEDENIS EN HOE NIEUWE SAMENLEVINGSVORMEN HET VERLOOP VAN INFECTIES KUNNEN BEÏNVLOEDEN.

Microben: een fataal gezelschap?

Jozef Anné

Hoewel onzichtbaar voor het naakte oog vormen micro-organismen, in het bijzonder de prokaryoten (of eencellige levensvormen waarbij de cel geen kern heeft), een essentiële component voor het leven op aarde. Ze katalyseren unieke en onmisbare transformaties in de biogeochemische cyclus van de biosfeer, ze produceren essentiële componenten van de atmosfeer en ze vertegenwoordigen een belangrijk deel van en vormen de basis voor de genetische biodiversiteit. De eerste bewijzen van leven op aarde (de aarde zelf is ongeveer 4,6 miljard jaar oud) vinden we ongeveer 3,48 miljard jaar geleden met de vorming van stromatolieten, fossiele riffen die door blauwgroene algen en anaerobe bacteriën (die groeien in afwezigheid van zuurstof) werden gevormd en eruitzien als dunne lagen kalksteen in de vorm van zuilen of heuveltjes. Dergelijke fossiele stromatolieten liggen onder meer in precambrische zeeafzettingen in het Glacier National Park in Montana in de Verenigde Staten.

Op basis van moleculaire biomarkers worden de verschillende levensvormen ingedeeld in drie domeinen: de prokaryote bacteriën, de archaea (of oerbacteriën die onder extreme omstandigheden leven) en de eukaryoten (met celkern). Analyses doen vermoeden dat de meest recente gemeenschappelijke voorouder van die levensvormen ongeveer 3,8 tot 3,5 miljard jaar geleden is ontstaan. Op dat ogenblik was de atmosfeer nog zeer ongunstig, zonder zuurstof maar vol toxische gassen van vuurspuwende vulkanen. Door de afwezigheid van organisch materiaal waren de eerste organismen afhankelijk van andere energiebronnen: ze gebruikten koolstofdioxide als koolstofbron en oxideerden anorganisch materiaal (zoals waterstof, zwavel en zwavelwaterstof, zwavelzuur) als energiebron. Later ontwikkelden prokaryoten het systeem van glycolyse, een set van biochemische reacties die energie vrijzetten uit organische moleculen zoals suiker.

Gedurende een periode van ongeveer 2 miljard jaar was de dominante vorm van leven op aarde een meerlagig microbiëel tapijt, bestaande uit anaerobe bacteriën en archaea. Ongeveer 2,4 miljard jaar geleden, gedurende de paleoproterozoïsche periode, werd zuurstof een belangrijke component van

de aarde. De evolutie van oxygene fotosynthese leidde tot de omvorming van een zuurstofvrije atmosfeer tot een atmosfeer met zuurstof. Bacteriën ontwikkelden eerst een primitieve vorm van fotosynthese, maar evolueerden verder tot oxygene fotosynthetiserende bacteriën, waarbij met behulp van zonne-energie koolstofdioxide in aanwezigheid van water wordt omgezet in energierijke koolwaterstoffen zoals suikers met vorming van zuurstof. Cyanobacteriën waren de eerste organismen op aarde die zuurstof konden produceren en hebben zo de ontwikkeling van hogere organismen mogelijk gemaakt. Hoewel eukaryoten mogelijk eerder verschenen, was de aanwezigheid van zuurstof in de atmosfeer een vereiste voor de evolutie van de meer complexe eukaryote cellen, waaruit meercellige organismen zijn opgebouwd.

Een andere belangrijke gebeurtenis in de evolutie ongeveer 2,1 miljard jaar geleden was de stabiele incorporatie van aerobe bacteriën om een eukaryote cel te vormen met mitochondriën, kleine organellen die instaan voor de energiehuishouding. Bij bacteriën wordt die energiehuishouding voorzien in de celmembranen. Die endosymbiotische gebeurtenis verschaftte de nodige instrumenten voor aerobe ademhaling en het ontstaan van een nieuwe groep van heterotrofe micro-organismen, dit zijn organismen die organische bestanddelen nodig hebben als bron van koolstof en energie voor hun opbouw en groei. Sommige leden van deze meer ontwikkelde eukaryote cellijnen incorporeerden daarnaast fotosynthetiserende cyanobacteriën. Deze endosymbiose lag aan de basis van de chloroplasten, bladgroenkorrels die belangrijk zijn voor de fotosynthese en zo de voorlopers van planten zijn. Na het ontstaan van eukaryoot leven was de ontwikkeling tot multicellulair leven (ongeveer 1,2 tot 1,5 miljard jaar geleden) en de daaropvolgende diversificatie een volgende belangrijke stap in de evolutie.

Naast bacteriën, die als de eerste bewoners van de aarde worden beschouwd, bestaan er nog tal van andere soorten micro-organismen. Enkelcellige protozoa vertegenwoordigen wellicht de eerste en eenvoudigste vormen van dierlijk leven, terwijl virussen, de kleinste van alle micro-organismen, ook zeer vroeg zijn ontstaan. Virussen hebben zich ontwikkeld tot infectieuze agentia van levende wezens, inclusief bacteriën, maar hoe ze juist ontstaan zijn, is niet geweten. Hun genetische materiaal bestaat uit DNA of RNA, ze zijn niet in staat om zichzelf te vermenigvuldigen, maar gebruiken hiertoe de celmachinerie van een geschikte gastheercel, die ze na infectie zodanig beïnvloeden dat die in zeer korte tijd een groot aantal nieuwe viruspartikels zal aanmaken, die nieuwe cellen kunnen infecteren. Ze spelen een belangrijke rol bij horizontale gentransfer en dus in de evolutie.

Microben zijn aanwezig in de lucht die we inademen, het water dat we drinken en het voedsel dat we eten

Microben waren niet alleen de eerste levensvorm op aarde, ze zijn ook de meest voorkomende. Ze zijn aanwezig in de lucht die we inademen, het water dat we drinken en het voedsel dat we eten. Elk micro-organisme in een ecosysteem interageert met zijn omgeving en met andere organismen. Die interacties resulteren in belangrijke chemische en fysieke veranderingen in de omgeving, die gunstig of ongunstig kunnen zijn voor andere organismen. Ze zorgen voor recyclage van organisch materiaal door het af te breken en zo de essentiële voedingsstoffen zoals nitraten te leveren voor planten. Stikstoffixerende bacteriën recyclen elk jaar ongeveer 140 miljoen ton stikstof terug in de bodem. Of ze nu voordelig, nadelig of neutraal zijn, de gemeenschappelijke activiteit van micro-organismen controleert in grote mate de werking van de biosfeer.

Op een bepaald ogenblik in het verleden gingen bacteriën samenleven met andere levende organismen en ontwikkelden een symbiotisch bestaan, waarvan beide organismen profiteerden, zoals de microflora in het spijsverteringskanaal van mens en dier. Alle dieren hebben hun eigen microflora die over de vele eeuwen mee geëvolueerd is. De mens is hierop geen uitzondering. Het menselijk lichaam huisvest ongeveer 10¹⁴ bacteriën met een totaal gewicht van ongeveer één kilo, dit is tienmaal meer dan het aantal cellen waaruit het lichaam is opgebouwd. De minimum vijfhonderd verschillende soorten die ons lichaam rijk is, helpen ons bij de vertering van voedsel, beschermen ons tegen aanvallen van meer virulente soorten en stimuleren ons immuunsysteem. Ze zijn schadeloos zolang we gezond zijn, maar als ze onze weefsels binnendringen, kunnen ze ernstige infecties veroorzaken.

Micro-organismen gebruiken elke mogelijke transmissieroute zoals aerosols, direct contact, water of voedsel om de brug te slaan tussen gevoelige gastheren. Waar in het verleden door een gebrek aan migratie de verspreiding veel beperkter was, is door de verhoogde mobiliteit de verspreidingskans veel groter geworden. Een voorbeeld hiervan is de recente uitbraak van SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), een soms levensbedreigende vorm van atypische longontsteking, veroorzaakt door een coronavirus. De eerste gevallen verschenen in de Chinese provincie Guangdong (Kanton) in november 2002. De zeer besmettelijke ziekte verspreidde zich in een periode van slechts enkele weken over 29 landen.

Door het snelle en gecoördineerde ingrijpen van de World Health Organization kon de ziekte snel een halt worden toegevoerd.

Een ander recent voorbeeld is hiv (*Human Immunodeficiency Virus*), veroorzaker van aids (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*), waarmee eind 2007 wereldwijd naar schatting minstens 33 miljoen mensen besmet waren. Hiv zou reeds meer dan 25 miljoen doden hebben veroorzaakt. Volgens recente paleovirologische en fylogenetische analyses is een variant bij apen (siv) vermoedelijk in Congo rond het begin van de twintigste eeuw overgegaan van wilde chimpansees naar de mens. Het ontstaan van steden in de toenmalige Belgische kolonie en het oprichten van administratieve en handelscentra in deze regio heeft mogelijk de transfer tussen mensen bespoedigd en zo van deze regio het epicentrum gemaakt van de hiv/aids-pandemie. Door de wereldwijd sterk verhoogde mobiliteit en de bevolkingsconcentraties in grote steden kunnen ziekteverwekkende bacteriën en virussen zich nu razendsnel en over de hele wereld verspreiden. Toen mensen in kleine gemeenschappen leefden, veelal als jagers en nomaden, waren bevolkingsgroepen veel minder onderhevig aan verspreide infecties. Niettemin neemt men aan dat infectieziekten in het verleden een van de voornaamste doodsoorzaken waren.

Toen mensen in kleine gemeenschappen leefden, veelal als jagers en nomaden, waren bevolkingsgroepen veel minder onderhevig aan verspreide infecties

Andere verspreidingsmogelijkheden voor microben zijn via insecten (malaria, slaapziekte, gele koorts, ziekte van Lyme) of dieren. Malaria is een ziekte veroorzaakt door protozoa (eencellige eukaryoten) en voortdurend aanwezig in de meeste tropische en subtropische ecosystemen. Malariaparasieten behoren tot het genus *Plasmodium* en infecteren vele gewervelde dieren of vertebraten, inclusief verschillende soorten niet-menselijke primaten. De meest virulente soorten *P. falciparum* en *P. vivax* infecteren jaarlijks ongeveer 300 tot 500 miljoen personen en maken meer dan één miljoen doden. Op basis van fylogenetische analyse is de ontstaansgeschiedenis van *Plasmodium* duidelijk geworden. De malariaparasiet zou circa 130 miljoen jaar geleden geëvolueerd zijn uit een vogelparasiet, overgebracht



door de zwarte vlieg. Deze periode viel samen met de snelle verspreiding van bloeiende planten. Het is mogelijk dat de stijging van het aantal bloemen heeft geleid tot een stijging van het aantal insecten en muggen, gevolgd door een verhoogd contact met vertebraten. Na de vogels volgden reptielen en hagedissen, vervolgens primaten en knaagdieren. *P. vivax* zou van niet-humane primaten (makaken) naar de mens zijn overgekomen.

De eerste vaststelling van malaria is in Egyptische mummies van 3000 BC. De ziekte werd ook duidelijk beschreven in 2000 BC in China. Het ontwikkelen van landbouw in sub-Saharaans Afrika 4000 tot 5000 jaar geleden, waarbij gesloten tropische wouden werden omgevormd tot gebieden met open nederzettingen, met hogere concentraties aan mensen en met nabijgelegen waterreservoirs, zou cruciaal geweest zijn voor de ontwikkeling van malaria, mede door de aanpassing van de *Anopheles* mug, de drager voor humane malaria. Volgens sommige experts zou deze relatief korte periode van 5000 tot 10 000 jaar ook volstaan voor het ontwikkelen van een aan malaria blootgestelde menspopulatie met malariaresistente genen, i.e. sikkelcelanemie en thalassemie. Die erfelijke vorm van bloedarmoede komt meestal voor bij mensen uit sub-Saharaans Afrika, vooral van West-Afrikaanse afkomst. Mensen die sikkelcelanemie of thalassemie hebben, zijn niet vatbaar voor malaria.

Naargelang de bevolking in de Oude Wereld groeide, breidden de steden en nederzettingen zich uit en kenden hun epidemische infectieziekten. Ook het handelsverkeer werd intenser en bijgevolg verspreidden ziektehaarden zich meer. Microben reisden mee met handelsschepen over de Middellandse Zee en de Indische Oceaan. Op dezelfde wijze kwamen infecties mee langs de zijderoute uit China naar het Midden-Oosten. Ook oorlog was een belangrijke oorzaak van verspreiding van micro-organismen, en bracht ziekmakers naar bevolkingsgroepen die deze ziekten nog niet kenden en er dus niet immuun voor waren. Zo bracht de ontmoeting van de Nieuwe en de Oude Wereld in de vijftiende eeuw heel wat ziektes naar de oorspronkelijke Amerikaanse bevolking. Europeanen waren immuun voor bepaalde infectieziekten, maar de indiaanse bevolking was er zeer gevoelig voor. Ziekten zoals mazelen, roodvonk, kinkhoest en bof decimeerden de bevolking.

De laatste tweeduizend jaar heeft de wereld drie pandemieën van builenpest gekend. De eerste was de justiniaanse plaag van de vijfde tot de zevende eeuw. De tweede, gekend als de Zwarte Dood, begon in Italië in 1347, waar ze vanuit Mongolië via de Krim was terechtgekomen, en verspreidde zich ge-

urende de volgende jaren over Europa. Men schat dat er ongeveer 25 miljoen mensen stierven als gevolg van de builenpest, die ongeveer driehonderd jaar voortduurde, tot ze in 1670 verdween. De oorzaak van de ziekte werd pas ontdekt in het begin van de twintigste eeuw na een uitbraak van de ziekte in China, die in 1894 ongeveer veertig procent van de bevolking van Kanton (nu Guangzhou) doodde. Dit was de derde pandemie. De bacterie *Yersinia pestis*, genoemd naar de ontdekker Alexander Yersin, infecteert van nature uit knaagdieren zoals woestijnratten, marmotten en grondeekhoorns, en wordt overgedragen door bloedzuigende vlooien. Knaagdieren zijn beperkt gevoelig aan *Y. pestis* en meer resistente soorten vormen een reservoir voor de bacterie. Recente fylogenetische studies doen vermoeden dat *Y. pestis* 15 000 tot 20 000 jaar geleden ontstaan is uit *Yersinia pseudotuberculosis*, een darmbacterie van verschillende zoogdieren inclusief de rat. *Y. pestis* zou dus een relatief jonge ziekte zijn voor mens en knaagdier. Recent heeft men gesuggereerd op basis van archeologische vondsten in Egypte dat de nijlrat de oorspronkelijke gastheer was van de ziektekiem en naderhand via handel met Indië werd geïntroduceerd in de zwarte rat, een soort die in nauwer contact leefde met de mens. Zo zou de plaag overgegaan zijn op mensen omstreeks 3500 BC.

De laatste tweeduizend jaar heeft de wereld drie pandemieën van builenpest gekend

Van vele andere ziekten werden in het verleden reeds symptomen beschreven zonder de oorzaak ervan te kennen. Van tuberculose bijvoorbeeld werd de oorzakelijke kiem in 1882 geïdentificeerd door Robert Koch, Duits geneesheer en wetenschapper. Samen met Louis Pasteur is hij de grondlegger van de bacteriologie. Tuberculose wordt overgebracht van mens tot mens, praktisch uitsluitend langs de lucht. Een persoon met besmettelijke of open longtuberculose brengt bij het hoesten, spreken of niezen tbc-bacteriën in de lucht en kan zo een andere persoon besmetten. De bacterie, *Mycobacterium tuberculosis*, was tot de eerste helft van de twintigste eeuw ook in België een belangrijke oorzaak van morbiditeit en mortaliteit. Op wereldniveau blijft *M. tuberculosis* nog altijd een belangrijk probleem: ruim 2 miljard mensen of een derde van de wereldbevolking is erdoor besmet. Jaarlijks sterven onge-

veer 2 miljoen mensen aan tbc. De ziekte wordt reeds verschillende eeuwen erkend en zijn verwoestende werking treft men aan op menselijke resten zowel uit de Oude als uit de Nieuwe Wereld. Moleculaire tijdsanalyse suggereert dat *M. tuberculosis* een zeer oude humane ziekte is, die meer dan 35 000 jaar geleden ontstaan is.

Pokken zijn erkend als een van de oudst gekende ziekten van de mens. Deze infectieziekte werd veroorzaakt door het pokkenvirus (*Variola virus*), dat behoort tot de grootste gekende virussen. Op basis van fylogenetische analyses van bestaande pokkenvirussen veronderstelt men dat pokkenvirussen ongeveer 500 000 jaar geleden zijn ontstaan en zich circa 14 000 jaar geleden verder hebben ontwikkeld tot de moderne soorten. Het humane pokkenvirus is zeer besmettelijk voor de mens en heeft een tragische rol gespeeld in de loop van de geschiedenis. Historische bronnen in China en Indië van 3000 jaar geleden refereren reeds naar pokkensymptomen. In Egypte stierf Ramses V rond 1150 BC als gevolg van een pokkeninfectie. Men vermoedt dat het virus Europa bereikte in 600 BC. Het was verantwoordelijk voor de dood van 3,5 miljoen Azteken toen in 1520 Hernando Cortez het pokkenvirus importeerde in Mexico. Omdat de Amerikaanse populatie nooit eerder in contact was gekomen met het virus was ze niet immuun. Die dramatische gebeurtenis lag mede aan de basis van de nederlaag van de Azteken tegen de Spanjaarden en het verdwijnen van de Azteken- en Incacultuur. Zelfs in de twintigste eeuw heeft het virus nog 300 tot 500 miljoen doden veroorzaakt. Om de verspreiding van het virus een halt toe te roepen startte de WHO een wereldwijde, succesvolle vaccinatiecampagne. Op 26 oktober 1977 kon de wereld 'pokkenvrij' worden verklaard.

Bij deze ontstaans- en evolutiegeschiedenis van microben en hun invloed op de omgeving van de mens moeten we ons momenteel ook afvragen welke impact, naast de onmiddellijke, voortdurend evoluerende menselijke levensgewoonten, de veranderende ecoklimatologische omstandigheden hebben. Het wereldwijde sterk toegenomen transport van mensen en goederen verhoogt immers de kans op vectoroverdraagbare ziekten. Een mogelijke opwarming van de aarde zal zeker een invloed hebben op de globale microbiële populatie en mogelijk maken dat steeds meer vectoroverdraagbare ziekten, zoals malaria, steeds noordelijker zullen migreren. Waakzaamheid is nodig. ●

Dorothy H. Crawford, *Deadly Companions* (Oxford: Oxford University Press, 2007).

DE LAATSTE DECENNIA IS DE KENNIS VAN DE GENEN EN DE GENPRODUCTEN DIE BETROKKEN ZIJN BIJ HET ONTSTAAN VAN EEN PRIMAIRE TUMOR ONTZETTEND TOEGENOMEN. DE KENNIS OVER DE METASTASEGENEN –GENEN DIE VERBAND HOUDEN MET DE UITZAAIING VAN DE KANKER – IS ECHTER NOG BEPERKT. TOCH ZIJN HET NET UITZAAIINGEN DIE KANKER VAAK ONGENEESLIJK MAKEN. HET IS DAN OOK VAN BELANG HET COMPLEXE PROCES VAN METASTASERING STAP VOOR STAP TE ANALYSEREN.

De moleculaire basis van kankeruitzaaiing

Frans van Roy

Kankeruitzaaiing of metastasering maakt kanker doorgaans tot een ongeneeslijke ziekte en is verantwoordelijk voor de meeste gevallen van therapeutisch falen. Goedaardige tumoren, zoals adenoma's en papilloma's, groeien lokaal en doorbreken in principe de basaalmembraan niet. Die bestaat uit een dunne maar stevige laag van gespecialiseerde eiwitten en proteoglycanen en omringt de meeste normale weefsels. Tumoren worden kwaadaardig als ze hun originele locatie, meestal op een actieve manier, verlaten. Bij de mens zijn tot negentig procent van de tumoren afgeleid van epitheelweefsels, die het lichaamsoppervlak (huid, slijmvliezen) en de inwendige holten van de organen (klieren, longen, darmstelsel) bedekken. Die kwaadaardige epitheliale tumoren noemt men kankers of carcinoma's. Kankeruitzaaiing kent een meerstappenproces dat uiteindelijk leidt tot het ontstaan van secundaire (tertiaire, ...) tumoren op plaatsen in het lichaam die gescheiden zijn van die waar de originele tumor is ontstaan. Cellen van de primaire tumor kunnen langs twee wegen uitzaaien: via bloedvaten of via lymfgevaten. Dit proces van metastasering is uiterst complex omdat tal van macromoleculen erbij betrokken zijn en tal van verschillende celtypes en celcondities stapsgewijze meespelen. In de laatste decennia is onze kennis van de genen en genproducten die door hun activering of inactivering betrokken zijn bij het ontstaan van de primaire tumor er beduidend op vooruitgegaan. De kennis over de zogenaamde metastasegenen is echter nog vrij

beperkt. Welke soort genen zou nu naar verwachting een rol kunnen spelen in uitzaaiingsprocessen? Het is belangrijk de diverse stappen in dit complexe biologische systeem diepgaand te analyseren. Ik zal dit eerst vanuit een klassieke invalshoek doen om dan een aantal stappen opnieuw te behandelen in de context van recente experimenten en hypothesen.

Vooreerst zullen epitheliale tumorcellen hun intercellulaire adhesie verliezen, of minstens tijdelijk onderdrukken. De structuur en functie van epitheelweefsels zijn immers gebaseerd op het feit dat epitheelcellen sterke bindingen met elkaar aangaan en daardoor een aaneengesloten deklaag vormen. Door de verzwakking van die bindingen zullen de tumorcellen als het ware hun sociale bewustzijn verliezen en zich als individualisten gedragen. Dit gaat meestal gepaard met een verhoogde celmigratie, hoewel dit niet per se hoeft. Deze visie is gebaseerd op talrijke observaties in zowel *in-vitro*- als *in-vivo*situaties. De uitzwerping gaat samen met een invasie-activiteit: het doordringen van de basaalmembraan en het onderliggende steunweefsel, die de primaire tumor begrenzen. Die invasiviteit kan op zich al erg agressief en zelfs letaal zijn, bijvoorbeeld bij bepaalde hersentumoren of tumoren in het hoofd-halsgebied. Een volgende stap is de intravasatie tot in de holtes van bloed- en/of lymfgevaten, gevolgd door transport in die vaten. Hier sterven de meeste tumorcellen af, omwille van biologische stress, fysische stress en natuurlijk de sterke immunologische belaging. Dan

volgt een proces van immobilisatie en extravasatie op ectopische locaties (locaties in het lichaam die verschillen van de originele of orthotopische locatie). Een niet onbelangrijke stap is ten slotte het verwerven van proliferatiecapaciteit op die ectopische locaties, waar de micro-omgevingsfactoren, zoals de beschikbaarheid van welbepaalde groei- of differentiatiefactoren, beduidend kunnen verschillen van de orthotopische locatie. Die ectopische proliferatie noemt men de kolonisatiestap. Vanuit de metastasen die zo zijn ontstaan, kan een nieuwe golf van uitzaaiing leiden tot tertiaire tumoren.

Dikkedarmtumoren zaaien

bij voorkeur uit naar de lever

Voor elk van die stappen bestaan specifieke tests die toelaten om tumorcellen met lage versus hoge efficiëntie te identificeren en met elkaar te vergelijken, zowel fenotypisch als genotypisch. Zo werd reeds aangetoond dat defecten in de expressie van E-cadherine, een universele intercellulaire adhesiemolecule voor epitheliale cellen, aan de bron liggen van het metastatische vermogen van vele carcinoomen. Daarnaast konden migratorische en invasieve karakteristieken mee worden toegeschreven aan eigenschappen zoals de expressie van diverse metalloproteasen en chemokinereceptoren. Metallo-

proteasen staan in voor de afbraak van onder andere de basaalmembraan. Chemokinereceptoren reageren op specifieke moleculen, chemokines, die cellen actief aantrekken. Een interessante wending bij dit onderzoek was de ontdekking van complementaire chemokine-expressie in doelwitorganen zoals het bot. Dit biedt een moleculaire verklaring voor de reeds lang geobserveerde orgaanspecificiteit van uitzaaiende tumoren. Dikkedarmtumoren zaaien bij voorkeur uit naar de lever. Dit kan deels worden verklaard door de vasculaire anatomie van het orgaan met de primaire tumor: het eerste capillaire bed of lymfeknoop waar de circulerende darmkercellen vertragen en waar een verhoogde kans is op extravasatie en kolonievorming, ligt in de lever. Toch had men in eerdere metastase-experimenten, zoals die van Isaiah Fidler, tumorcellen van eenzelfde herkomst (borsttumor- of melanomacellen) kunnen subklonen in klonen met een specifieke uitzaaiingsvoorkeur, zoals long-, hersen- of botzoekende tumorcellen. Dit kon gedeeltelijk worden verklaard op basis van orgaanspecifieke aantrekkings- en herkenningsmoleculen. Men had dus een moleculaire verklaring voor de zogenaamde 'Seed and Soil'-hypothese, die Stephen Paget reeds in 1889 formuleerde.

Niettemin bleven vele vragen onopgelost. Zo kwam er steeds meer evidentie dat uitgezaaide tumorcellen weken tot jaren 'slapend' kunnen blijven, voor ze effectief uitgroeien tot detecteerbare en gevaarlijke metastasen. Dit fenomeen is bij terugval van menselijke kankerpatiënten welbekend, maar kan omwille van de trage evolutie en lage frequentie ervan moeilijk worden bestudeerd. Anderzijds was het ook merkwaardig dat metastasen goed gedifferentieerde tumorcellen kunnen omvatten met sterke E-cadherine-expressie, terwijl invasieve carcinomacellen juist gekenmerkt zijn door E-cadherine-onderdrukking. Die paradox kreeg een aanneembare verklaring door het concept van epitheliale-mesenchymale transitie of EMT. Dit is een volmaakt natuurlijk proces dat onder meer tijdens de vroege embryonale ontwikkeling een belangrijke rol speelt. EMT staat bijvoorbeeld in voor de vorming van andersoortige weefsels uit de primitieve huid: hersenen en het ruggenmerg, de spieren of kraakbeen en been. Het houdt in dat cellen in epithelweefsels een aantal typische kenmerken, zoals de expressie van E-cadherine, verliezen, terwijl ze in de plaats daarvan kenmerken verwerven die typisch zijn voor niet-epitheliale cellen zoals neurale cellen of bindweefselcellen. EMT speelt echter ook een belangrijke rol in progressie van kanker. Meerdere onderzoeksgroepen ontdekten dat diverse controle-eiwitten (onder andere ZEB1 en 2, Snail, Twist), waarvan geweten was dat ze EMT-processen in het embryo bewerkstelligen, verhoogd kunnen voorkomen in invasieve tumoren en daar verantwoordelijk zijn voor processen zoals onderdrukking van E-cadherine en inductie van cellulaire migratie. Die controle-eiwitten reguleren transcriptie, het proces waarbij DNA wordt omgezet in boodschap-

per-RNA, dat op zijn beurt in het translatieproces omgezet wordt in eiwit. Het interessante van transcriptieregulatie is dat die, in tegenstelling tot irreversibele DNA-mutaties, vlot kan worden aan- en uitgeschakeld in functie van bijvoorbeeld een wisselende samenstelling van de weefsels. In de context van EMT en kanker betekent dit dat transcriptiefactoren ervoor kunnen zorgen dat de bindingen tussen epitheliale cellen eerst losgelaten worden, zodat zij zich vrijer kunnen verplaatsen van de primaire tumor naar een ectopische locatie, en dat die typisch epitheliale bindingen zich vervolgens in de secundaire tumor opnieuw kunnen vormen. Anderzijds zou die reversibiliteit van het EMT-proces ook mogelijkheden kunnen openen voor innovatieve antikankertherapie.

Wanneer, waar en waarom echter zijn dergelijke transcriptionele repressoren actief? Een belangrijke rol is weggelegd voor natuurlijke, niet-coderende RNA-moleculen, waarvoor recent meerdere onderzoeksgroepen wereldwijd sterke evidentie vonden dat ze de transcriptionele repressoren ZEB1 en ZEB2 reguleren, die op hun beurt de aanmaak van E-cadherine onderdrukken. Tot die niet-coderende RNA's behoren NAT's, of Natural Antisense Transcripts. Genen bestaan uit dubbelstrengig DNA, waarvan de sense streng codeert voor eiwit en dus wordt afgeschreven in senseboodschapper-RNA. Als nu ook de andere streng wordt omgezet in RNA, wat veel minder frequent gebeurt, dan zal dit antisense-RNA een complex aangaan (hybridiseren) met het sense-RNA, en het zo gevormde dubbelstrengige RNA zal doorgaans minder efficiënt zijn in het translatieproces waarbij eiwitten worden aangemaakt. Tot tien procent van de menselijke genen codeert voor NAT's, die dus vaak geassocieerd zijn met verminderde expressie van deze genen. Een Spaanse groep kwam nu tot de vaststelling dat het ZEB2-gen codeert voor een NAT, maar in dit geval resulteert de aanmaak van het NAT niet in een verminderde maar in een verhoogde translatie van ZEB2-eiwit, en bijgevolg in nog meer verminderde E-cadherine-specifieke transcriptie, wat ten slotte leidt tot meer EMT. Dit alles intrigeert des te meer omdat Snail, een andere transcriptionele repressor, de expressie van het ZEB2-NAT bleek te induceren, waardoor EMT dus extra sterk wordt aangezwengeld. Dit is slechts één voorbeeld van de uitvoerige interacties die blijken te bestaan tussen de verschillende EMT-inducerende regulatoren.

Daarnaast bleek ook een belangrijke rol weggelegd voor micro-RNA's (miRNA's). Dit zijn korte RNA-moleculen, die zelf niet coderen voor eiwitten, maar wel specifiek interageren met meestal meerdere boodschapper-RNA's en daardoor de translatie van eiwitten op deze groep van boodschapper-RNA's remmen. In het menselijke genoom werden tot dusver zo'n 700 miRNA's geïdentificeerd. Vooral voor de miR-200 familie van miRNA's ontdekte men dat interferentie optreedt met de aanmaak van zowel ZEB1 als ZEB2. Enerzijds bleek de expressie

van die miR-200 RNA's onder andere in borsttumoren gecorreleerd te zijn met behoud van een meer gedifferentieerd epitheliale fenotype, terwijl anderzijds deze miRNA's verdwijnen in het sterk agressieve basale type van borstkanker. Fijnregeling van EMT tijdens de embryonale ontwikkeling, maar evenzeer tijdens tumorale invasie, is dus uiterst belangrijk, zoals blijkt uit de complexe regulatie van EMT via die miRNA's. Expressie van ZEB-eiwitten remt immers de aanmaak van die miRNA's, die op hun beurt de aanmaak van de ZEB's remmen. Er bestaat dus een delicaat evenwicht tussen de verschillende regulatoren van het EMT-proces. Daarnaast is er de EMT-inducerende factor TGF- β , die zelf een doelwit is voor die miRNA's maar de aanmaak ervan tegenwerkt door opregulatie van ZEB-eiwitten, wat leidt tot onderdrukking van het epitheliale fenotype. In bepaalde celtypes wordt het mesenchymale fenotype dan extra gestabiliseerd doordat de cellen zelf TGF- β gaan aanmaken, wat een autocrien signalisatie-effect veroorzaakt. Autocrien verwijst naar de productie van signaliserende moleculen door een cel, die er vervolgens zelf op reageert. Zulke regulaties kunnen extra actief zijn ter hoogte van het zogenaamde 'invasieve front' van tumoren, waar stromale cellen, zelf niet-tumorige maar wel geactiveerd door de naburige tumor, beduidend kunnen bijdragen tot een invasie-stimulerende micro-omgeving.

De voornaamste metastasehypothese was die van de *selection of the fittest*, volgens Charles Darwins gedachtegoed. In de originele tumorcellen zou geleidelijk een accumulatie van genetische of epigenetische wijzigingen gebeuren en in functie van de progressie doorheen het meerstappenproces van kankeruitzaaiing worden dan telkens andere subpopulaties geselecteerd. Terwijl bij elke stap, waaronder invasie, intravasatie, extravasatie en kolonievorming, de grote overmaat van de cellen in de populatie inactief, geremd of zelfs geëlimineerd wordt, zou een minderheid van de kankercellen wél het meest geschikt zijn voor die bepaalde stap. Overleving is telkens belangrijker dan sterke proliferatie, hoewel een groter aantal cellen natuurlijk de kansen op de ontwikkeling van een significante pathologie verhogen. Een meer recente variant op dit 'evolutieve' model is de toegevoegde rol van de micro-omgeving. Een cel in het originele weefsel, of na doorbraak van de basaalmembraan, of in een bloed- of lymfevat, of ten slotte in een 'vreemd' orgaan, zal telkens andere effecten ondergaan van de extracellulaire matrix en van residente cellen in de nieuwe omgeving. Die effecten zijn dan paracrien (op basis van moleculaire signalen afkomstig van cellen in de directe omgeving) of juxtacrien (door signalen gebaseerd op directe contacten tussen cellen) in tegenstelling tot bijvoorbeeld endocriene effecten (door moleculaire signalen getransporteerd door de bloedbaan). Anderzijds zal er zowel in de primaire als in de uitgezaaide tumoren een variërende invloed zijn van infiltrerende cellen

zoals witte bloedcellen en diverse types van geactiveerde bindweefselcellen. Het idee wint bovendien steeds meer veld dat infiltraties van inflammatoire cellen de tumorprogressie eerder stimuleren dan afremmen. Dit alles impliceert dat een subpopulatie van tumorcellen kan evolueren tot geringere aanpassing aan de originele micro-omgeving, maar anderzijds beter kan overleven tijdens metastasering of beter kan prolifereren in het gekoloniseerde orgaan. Recente bevindingen doen ons echter twifelen aan het *survival of the fittest*-model voor selectie van metastatische tumorcellen. Het is haast ironisch dat tweehonderd jaar na de geboorte van Darwin en honderdvijftig jaar na publicatie van de *'Origin of the species'* de extrapolatie van zijn evolutietheorie naar het metastaseonderzoek min of meer wordt aangevochten. Dit doet natuurlijk niets af aan de geldigheid van zijn theorie met betrekking tot de oorsprong der species.

Recente bevindingen doen ons twifelen aan het survival of the fittest-model voor selectie van metastatische tumorcellen

De bevindingen die het survivalmodel in vraag stellen zijn de volgende. Enerzijds bleek dat eiwitten die invasie of EMT verhinderen (belangrijk voor uitzaaiing), ook een remmende invloed hebben op celproliferatie (ook belangrijk voor de primaire tumor). Anderzijds werd voor het EMT-inducerende Twist-eiwit recent een rol vooropgesteld bij inhibitie van cellulaire senescentie. Dit is een belangrijke vereiste bij het verwerven van tumorigeniciteit, ook op de primaire locatie. Cellulaire senescentie is immers het proces dat op nagenoeg irreversibele wijze de celdeling blokkeert in geval van stresssituaties, zoals die effectief ontstaan bij activering van oncogenen en inactivering van tumorsuppressorgenen. Samen met de ontwikkeling van een uitgebreid tumorvatstelsel geldt blokkering van senescentie dan ook als een primordiale stap bij de uitgroei van microletsels tot effectief bedreigende gezwellen, zowel in de primaire tumor als in metastasen. Het feit dat eenzelfde Twist-eiwit zowel kan instaan voor inhibitie van senescentie als voor inductie van EMT maakt de grens tussen oncogenen en metastasegenen sowieso wat artificiëler. Daarbij komt de groeiende perceptie dat de verschillen tussen tumorcellen in de primaire tumor en die in uitzaaiingen eigenlijk al bij al niet zo groot zijn als men zou kunnen verwachten bij een *selection of the fittest*-model. Zo heeft recent onderzoek van Christoph Klein en collega's (Regensburg) op zowel proefdiermodellen als borstkankerpatiënten, uitgewezen dat metachrone metastasen

die gedurende maanden tot jaren latent zijn, reeds uitgezaaid kunnen zijn in heel vroege stadia, wanneer de primaire tumor ogenschijnlijk nog strikt gelokaliseerd is en uit cellen bestaat die amper chromosomale defecten blijken te hebben. De latere activiteit van 'metastasegenen' zou zich dan eerder beperken tot de doorbreking van de latentietoestand, een weksenario dus, dan tot de inductie van invasie- en migratiecapaciteit.

Beslissende gebeurtenissen met betrekking tot agressiviteit en metastatisch vermogen van tumorcellen kunnen effectief reeds in een vroeg stadium van tumorontwikkeling plaatsvinden. Dit blijkt ook uit twee recente belangwekkende studies. Enerzijds genereerde een onderzoeksgroep van Genentech Inc. (California) een antilichaam dat specifiek gericht is tegen neuropiline-2, dat in lymfatische endothelcellen fungeert als (co-)receptor voor VEGF-C (*vascular endothelial growth factor C*). Die groeifactor-receptorcombinatie bleek zeer specifiek te zijn voor tumorale lymfangiogenese, met andere woorden het ontstaan van een functioneel lymfatisch systeem in de zich ontwikkelende tumor. Het door Genentech ontwikkelde antilichaam bleek dit proces te remmen ter hoogte van de primaire tumor en leidde tot significante reductie van metastasering via het lymfatische systeem. Anderzijds onderzocht de groep van Terumi Kohwi-Shigematsu (University of California) het nucleaire eiwit SATB1, waarvoor een genomische organisatorrol bekend was. In borstkanker cellen kon SATB1 de expressie van meer dan duizend genen moduleren, waaronder tal van genen die vroeger reeds werden geassocieerd met metastasering. Experimentele depletie van SATB1 in hoogmetastatische kankercellen verminderde zowel primaire tumorgroei als metastasevorming, terwijl geforceerde expressie van SATB1 zowel primaire tumorgroei, invasie als metastasevorming verhoogde. Reeds in vroege klinische stadia van borsttumoren blijkt SATB1-expressie indicatief zijn voor een slechte prognose. Het is evident dat SATB1 een interessant kandidaat-doelwit is voor innovatieve therapie gericht tegen metastatische borstkanker.

Kankerstamcellen zouden niet zozeer gemuteerd zijn dan wel de eigenschappen behouden van normale stamcellen

Dit brengt ons ten slotte bij de vrij controversiële kankerstamceltheorie, die een alternatief biedt voor de mutatiegedreven klonale expansietheorie. Die laatste neemt aan dat de heterogene populatie van gemuteerde cellen in carcinoma's een progressie naar hogere maligniteit doormaakt op basis van continue selectie van best-fitting gemuteerde klo-

nen in interactie met de micro-omgeving. Kankerstamcellen daarentegen zouden niet zozeer gemuteerd zijn dan wel de eigenschappen behouden van normale stamcellen: zelfvernieuwende doch asymmetrische celdelingen met vorming van enerzijds een dochterstamcel en anderzijds een cel die kan differentiëren, eventueel ontaarden, in de uiteenlopende celtypes die in kankers worden aangetroffen. In tegenstelling tot een normale stamcel zal een kankerstamcel in staat zijn om tumoren te initiëren, ook al maken ze maar een kleine subfractie uit van het totaal aantal cellen in tumoren. Typerend voor kankerstamcellen is ook de expressie van markers die men normaliter in immature celtypes aantreft. Dergelijke stamcelmarkers zijn bijvoorbeeld hoog CD44 en/of hoog CD133, eventueel in combinatie met laag CD24. Volgens de mening van ervaren kanker(stam)celkenners zoals Kornelia Polyak (Boston, USA) en Jan Paul Medema (AMC, Amsterdam) ligt de waarheid voor vele kankers wellicht in het midden: genetisch onstabiele kankercellen kunnen blijkaar ook op hoogplastische wijze evolueren naar een kankerstamcelfenotype mits, al dan niet op stochastische wijze, een passende cocktail van transcriptiefactoren wordt geactiveerd. Uit een merkwaardige studie door de groep van Bob Weinberg (Cambridge, USA) bleek dat normale of tumorale borstkliercellen met stamcelkarakteristieken (hoge CD44- naast lage CD24-waarden) ook typische EMT-markers uitdrukken, zoals verhoogde expressie van ZEB2, Twist en Snail, in associatie met verminderd E-cadherine en verhoogd vimentine. Anderzijds bleek de conditionele inductie van de EMT-inducerende transcriptiefactoren Twist en Snail in geïmmortaliseerde borstkliercellen van mens of muis te leiden tot inductie van stamcelmarkers en een verhoogd kankerinitiatiepotentieel. Als men uitgaat van het concept dat EMT ook invasie en metastasering in de hand werkt, dan moet men concluderen dat cellen met stamcelkarakteristieken in bepaalde primaire tumoren niet alleen de tumorale groei bewerkstelligen maar ook de drijvende factor uitmaken bij progressie tot kwaadaardige uitzaaiende kankercellen. Dit heeft alleszins consequenties voor therapeutische efficiëntie, aangezien die kankerstamcellen vrij resistent blijken te zijn tegen klassieke benaderingen van chemo- en radiotherapie, terwijl ze anderzijds toch kunnen worden beschouwd als de doelwitcellen bij uitstek. Overigens, het feit dat resistente kankerstamcelklonen uitgroeien bij therapie houdt in dat voor een goed begrip van kankers het best een integratie wordt gemaakt van de kankerstamceltheorie met de mutatiegedreven klonale expansietheorie. ●

A. Chung, 'Molecular Medicine Select', in: *Cell*, 2008, 133, 383-385.

C. A. Klein, 'The Metastasis Cascade', in: *Science*, 2008, 321, 1785-1787.

L. Vermeulen, M.R. Sprick, K. Kemper, G. Stassi, J.P. Medema, 'Cancer stem cells - old concepts, new insights', in: *Cell Death and Differentiation*, 2008, 15, 947-958.

R. A. Weinberg, 'Twisted epithelial-mesenchymal transition blocks senescence', in: *Nature Cell Biology*, 2008, 10, 1021-1023.



TIJGERS KENNEN ZIJDERROUTE

DNA van de Kaspische tijger, die sinds 1970 uitgestorven is, toont aan dat de voorouders van de moderne tijgers migreerden doorheen het hart van China. Zo stelt een team wetenschappers van Oxford University en het NCI Laboratory of Genomic Diversity in de Verenigde Staten. De onderzoekers recupereerden DNA van de verdwenen Kaspische tijger uit beenderen die her en der in musea voor natuurwetenschappen worden bewaard, en vergeleken die met stalen van de levende Siberische tijger, die men nu nog vindt in het verre oosten van Rusland. De verwantschap tussen die twee is zo dicht dat het mitochondriale DNA slechts verschilt in één nucleotide. Dit betekent dat de Kaspische tijger niet echt uitgestorven is omdat die zo goed als samenvalt met de Siberische tijger, met andere woorden: er is nooit een 'Siberische' tijger geweest. De route die de Kaspische tijger zo'n 10.000 jaar geleden zou hebben genomen om naar Centraal-Azië te gaan, loopt langs China's nauwe Gansucorridor, meer bekend als de zijderoute. Die ontdekking werpt niet alleen een nieuw licht op hoe de wilde katten Centraal-Azië en Rusland bereikten, maar opent ook voor conservatoren de fascinerende mogelijkheid om het tijgerloze Centraal-Azië opnieuw te bevolken met Siberische tijgers uit Rusland of China.

Bron: *Oxford University News*, 14 januari 2009

GIFGAS IN DE OUDHEID?

Bij opgravingen in Syrië hebben archeologen chemische stoffen aangetroffen die erop kunnen wijzen dat gifgas al in de oudheid werd gebruikt. In het jaar 256 werd de stad Dura-Europos, die bezet werd door de Romeinen, belegerd door de Sassaniden. Zoals gebruikelijk groeven de belegeraars tunnels om de dikke stadsmuren te ondermijnen. Om dat te voorkomen, groeven de Romeinse verdedigers zogenaamde tegentunnels die de Sassanidische tunnelbouwers moesten onderscheppen. In een van die tunnels vond het team van archeoloog Simon James van de University of Leicester de overblijfselen van twintig Romeinse soldaten. Er werden ook sporen van bitumen en zwavelkristallen aangetroffen. Met die stoffen kan een dichte wolk van gifgas worden geproduceerd. Het gebruik van gas om tunnelgravers uit te roken wordt in antieke teksten vermeld, maar het archeologische bewijs hiervoor ontbrak vooralsnog.

Bron: *wissenschaft.de*, 16 januari 2009

TREKVOGELS HOUDEN PITSSTOPS

Tijdens zijn zeven maanden durende rondreis van twintigduizend kilometer over de Atlantische Oceaan houdt de Noordse pijlstormvogel (*Puffinus puffinus*) regelmatig tussenstops. Dat blijkt uit elektronische tags waarmee zes paren Noordse pijlstormvogels werden gevolgd. De vogels broedden op Skomer Island, voor de kust van Wales, en werden *getagd* door de Animal Behaviour Research Group van de University of Oxford. Op hun reis naar Brazilië bleken de Noordse pijlstormvogels halt te houden voor een periode tot twee weken. Tijdens die tussenstops kan de gemiddeld vierhonderd gram wegende vogel weer vetreserves opbouwen. Als de vogel voor het vertrek voldoende vetreserve zou moeten aanleggen voor de hele reis, zou het eerste deel van zijn traject veel zwaarder zijn dan nodig.

Bron: *BBC News* 16 januari 2009

SCHONE SLAAPSTER

In de catacomben van het Convento dei Cappuccini in Palermo worden door monniken al sinds de zestiende eeuw gemummificeerde lichamen bewaard en 'opgesteld'. Gehuld in hun mooiste kleding zijn ze gerangschikt volgens geslacht, leeftijd en beroep. Een van de best bewaarde lichamen is dat van Rosalia Lombardo, een tweejarig Siciliaans meisje dat in 1920 stierf aan een longontsteking. Ze wordt de schone slaapster genoemd omdat ze onder de glazen plaat van haar kist slechts in een sluimertoeestand lijkt. De Italiaanse biologisch antropoloog, Dario Piombino-Mascali van het Istituto per le mummie e l'iceman in Bolzano, heeft nu de geheime formule ontdekt waarmee het kleine lichaam zo goed werd bewaard. Via verwanten kreeg hij inzage in de notities van Alfredo Salafia, een Siciliaans taxidermist en balsemer die in 1933 stierf. Tussen diens geschriften vond hij een kleine nota waarop Salafia had neergeschreven met welke chemicaliën hij Rosalia's lichaam had behandeld: formaline, zinkzout, alcohol, salicylzuur en glycerine. Het is wellicht het zinkzout dat in combinatie met de droge omstandigheden in de catacomben het lichaam van Rosalia zo mooi heeft bewaard.

Bron: *National Geographic News*, 26 januari 2009



DNA VAN OUDE BOEKEN

Vóór de uitvinding van het papier werden boeken in Europa vervaardigd uit perkament, gemaakt van de huid van kalveren, geiten of jonge schapen. Het genetische materiaal van die bladen kan nuttig zijn om mee te bepalen waar en wanneer bepaalde middeleeuwse manuscripten zijn ontstaan, zegt Timothy Stinson van de North Carolina State University. Om een manuscript te dateren analyseren mediëvisten en literatuurwetenschappers het handschrift en het dialect van de scribent. Maar die methode is niet zo precies, en zou kunnen worden verbeterd door DNA-onderzoek. Dit wordt echter bemoeilijkt doordat de oppervlakte van een manuscript gecontamineerd is door eeuwenlang contact met mensen en dieren. Als alternatief sneed Stinson stukjes uit een aantal pagina's van een vijftiende-eeuws werk: de oppervlakte van die stukjes mag dan niet zuiver zijn, de binnenlaag is dat wel. DNA-analyse toont onder meer aan uit hoeveel verschillende dieren de vellen perkament zijn gemaakt en of die dieren verwant zijn en uit dezelfde kudde komen. Als dergelijke gegevens worden verzameld in een databank, dan kunnen manuscripten worden geïdentificeerd op basis van de huid van verwante dieren. Dit onderzoek biedt ook extra informatie over de handel in perkament en de circulatie van manuscripten. Maar eerst moet nog een techniek worden gevonden om zuiver DNA te verkrijgen zonder daarbij waardevolle museumstukken te moeten verknippen.

Bron: *National Geographic News*, 13 januari 2009



DE HOOFDDOEK WORDT AL TE VAAK GEASSOCIEERD MET MOSLIMS DIE WEIGEREN TE INTEGREREN EN MOSLIMA'S DIE ONDERDRUKT WORDEN DOOR HUN VADERS OF BROERS. IN TEGENSTELLING TOT WAT DE MEDIA BEWEREN IS DE HOOFDDOEK NIET ALLEEN EEN SYMBOOL OM DE ISLAMITISCHE IDENTITEIT KENBAAR TE MAKEN, MAAR HEEFT DIE OOK EEN PERFORMATIEF KARAKTER – ZEKER BIJ BEKEERLINGEN. IN HET PUBLIEKE DEBAT KOMT DIE BETEKENIS ZELDEN AAN BOD OMDAT DE SECULIERE, WESTERSE VISIE OP RELIGIE EN OP DE ISLAM VERVORMD IS DOOR NORMATIEVE VERONDERSTELLINGEN.

De keuze voor de hoofddoek

Iman Lechkar

In vele Europese landen is de hoofddoek of 'hijaab' reeds jaren onderwerp van discussie. Ook in Vlaanderen heeft de hoofddoek al stof doen opwaaien. Zo bijvoorbeeld in 2004 toen Patrick Dewael, ex-minister van Binnenlandse Zaken, zich opvoerde als hoeder van de moslimvrouwen door de hoofddoek in de publieke ruimte te verbieden omdat hij vreesde dat zij die niet vrijwillig dragen. Hoewel Dewael onder het mom van de emancipatie van de moslimvrouw handelde, begreep hij – evenmin als vele anderen – niet dat die moslimvrouwen zelf ook een mening hebben, verschillend van de zijne weliswaar. Vele hoofddoekdragende moslimvrouwen probeerden duidelijk te maken dat ze niet onderdrukt worden – zoals de media beweren – en dat het hun persoonlijke keuze is om de hoofddoek te dragen. Door die te verbieden voelden zij zich niet bevrijd, maar wel gevisieerd en gediscrimineerd omwille van hun religieuze overtuiging. In 2007 laaide het debat opnieuw op door de hoofddoek te verbieden voor het Antwerpse stadspersoneel. Dit veroorzaakte een sneeuwbal effect toen ook Gent, Lokeren, Ninove en Lier het hoofddoekenverbod goedkeurden. Tijdens de discussies rond het hoofddoekenverbod in Lier brak een islamdiffamatie los nadat Benno Barnard en Geert van Istendael in een 'bericht aan weldenkend links' (DS 02/02/2008) de islam verbonden aan het nazisme. De islam leek meer dan ooit de meest wezenlijke tegenpool te zijn van de Vlaamse, en meer in het algemeen, de westerse seculiere samenleving.

In *The Politics of the Veil* behandelt Joan W. Scott het delicate hoofddoekendebat in Frankrijk en toont ze aan waarom de hoofddoek daar zoveel controverse heeft veroorzaakt. Op schitterende wijze beargumenteert ze waarom de hoofddoek de islamitische bedreiging voor het Franse burgerschap symboliseert. Het hoofddoekendebat wijst volgens haar op een veel dieper probleem: de onbekwaamheid van de Franse en ook van andere Europese regeringen om de nationale instellingen en ideologieën aan te passen aan een heterogene bevolking. Het verbod, ingevoerd om het secularisme en het individualisme te vrijwaren, is in feite gebaseerd op een racistisch gevoel tegenover moslims. Voor de Fransen belichaamt de hoofddoek niet alleen de religieuze onverenigbaarheid maar ook de onveranderlijkheid en onuitwisbaarheid van de etnisch-culturele natuur van de Algerijn. Niet alleen in het koloniale verleden maar ook nu speelt de hoofddoek

een belangrijke rol in de differentiatie tussen de islam en Frankrijk. Tijdens de koloniale periode symboliseerde de hoofddoek de weerstand tegen de koloniale overheersing. De kolonisator was ervan overtuigd dat de ontsluiting van de Algerijnse vrouw gepaard zou gaan met de omhelzing van de westerse levensstijl en de dominantie over het gekoloniseerde gebied. Reeds toen weigerden de Fransen verschillen tussen individuen en groepen te aanvaarden en trachtten ze hun assimilatiebeleid door te drukken. Het opdringen van dit Franse universalisme heeft echter niet geleid tot een harmonieus samenlevingsmodel. Het is bevreesd voor het zogenaamde communitarisme waarbij religieuze/etnische groepen hun groepsidentiteit verkiezen boven het nationale gevoel. Door bepaalde religieuze, culturele of politieke eisen – zoals het dragen van een hoofddoek – als communitaristisch te bestempelen, worden ze als illegitiem beschouwd. Een grote meerderheid (zowel links als rechts) is ervan overtuigd dat de seculiere samenleving in het gedrang komt als religie een plaats krijgt in de publieke sfeer.

De heisa rond de hoofddoek weerspiegelt een negatieve houding tegenover de multi- culturele samenleving

Het hoofddoekendebat gaat dus niet over de moslims zelf, maar wel over de dominante meerderheidsvisie op de moslimminderheid. Volgens Scott weerspiegelt de heisa rond de hoofddoek daarenboven een negatieve houding tegenover de multiculturele samenleving. De moslimminderheid voelt zich beperkt in haar religiebeleving en pleit voor het behoud van het universele recht op godsdienstvrijheid. Het polariserende discours in termen van traditioneel versus modern, fundamentalisme versus secularisme, kerk versus staat, communitarisme versus nationale eenheid versterkt het gevoel dat de meeste moslims, die reeds derde of vierde generatie Fransen zijn, nog steeds als anders en bedreigend worden ervaren en niet als Franse burgers. Door alle aandacht te vestigen op de hoofddoek en de zogenaamde onverenigbaarheid van de *laïcité* met de islam negeert men de complexe, hete-

rogene realiteit van de Franse samenleving. Daardoor blijft er geen ruimte over voor belangrijke discussies zoals de noodzaak van wederzijdse inspanningen van zowel de minderheid als de meerderheid voor de opbouw van een succesvol samenlevingsmodel. De Franse politiek betreffende de hoofddoek promoot een beleid voor het behoud van de nationale integriteit, harmonie en sociale cohesie. Maar net doordat ze de moslimbevolking op zo'n discriminerende wijze benadert, bereikt ze het tegengestelde effect. Scott pleit ervoor dat Frankrijk de angst voor het verlies van de zuivere, homogene, nationale, republikeinse Franse identiteit overstijgt. Het is onmogelijk om de hoofddoekdragende moslimvrouw te begrijpen als we blijven denken in tegenstellingen, zoals beschaafd versus onbeschaafd, moreel versus immoreel. Om de ander te begrijpen moeten we die dualiteit overstijgen en kritische zelfreflectie een belangrijke plaats toekennen.

Het dragen van de hoofddoek kan niet helemaal worden begrepen zonder de aandacht ook te vestigen op het performatieve karakter ervan in de verwezenlijking van de ethische zelfstijling van de moslima, op de manier waarop religie in onze samenleving wordt voorgesteld en op de onvermijdelijke onderwerping die gepaard gaat met subjectvorming. Er werd al veel geschreven over de hoofddoek en er werden al vele redenen aangehaald voor het dragen ervan. Voor de ene is de 'hijaab' een religieuze verplichting uit de Koran, die bevestigd wordt door de Hadith, de overlevering van de uitspraken en handswijzen van de profeet Mohammed. Voor de andere gaat het erom grenzen te markeren met de anderen (zowel binnen de moslimgemeenschap als daarbuiten). Hoewel voor de meeste hoofddoekdragende moslima's de religieuze verplichting een evidentie is, dient de hoofddoek niet noodzakelijk om een realiteit ('ik ben moslim') *weer te geven*, maar om die religieuze realiteit te *verwezenlijken*. Die performativiteit van de hoofddoek is zeker belangrijk bij bekeerlingen. Het vervolg van dit stuk zal zich dan ook vooral op deze groep richten. Het betoog gaat dan niet meer over alle gesluierte vrouwen, maar wel over die vrouwen die bewust gekozen hebben voor een verandering in hun religiebeleving. De keuze om de hoofddoek te dragen kadert hier in het globale project van religieuze en morele zelfstijling. Voor die bekeerlingen is de hoofddoek geen negatieve reactie op de westerse (of Vlaamse) samenleving, zoals vaak wordt beweerd.

Voor vele moslima's dient de hoofddoek niet om een religieuze realiteit weer te geven, maar om die te verwezenlijken

De term 'performatief' werd in de jaren 1950 geïntroduceerd door de filosoof John L. Austin, die een onderscheid maakte tussen 'constaterend' en 'performatief' taalgebruik. Het eerste beschrijft een stand van zaken en kan als juist of fout worden geëvalueerd ('de tafel is groen'). Een performatieve uiting is niet juist of verkeerd, maar voert de handeling uit waarnaar wordt verwezen ('ik veroordeel u hierbij tot...'). Andere sociale en humane wetenschappers hebben de term overgenomen. Zo argumenteert Judith Butler, een van de belangrijkste feministische denkers, in *Gender Trouble* waarom gender als performatief moet worden beschouwd: man of vrouw ben je niet, je wordt het. Bij de geboorte van een kind is 'het is een jongen' geen neutrale vermelding, het is een van de eerste repetitieve en citerende praktijken die van iemand een jongen maken.

Het performatieve karakter van de hoofddoek wordt vaak over het hoofd gezien, vooral in de media, waar opiniemakers beweren dat moslimvrouwen door hun omgeving verplicht worden een hoofddoek te dragen. Nochtans is dit voor vrome moslima's net cruciaal. 'Een hoofddoek dragen betekent dat je elke dag, elk uur, elke seconde een moslim bent. Je kunt dat niet even uitschakelen, wat ik wel kon toen ik geen hoofddoek droeg. De hoofddoek zet me aan om na te denken over de manier waarop ik spreek, waarop ik kijk, waarop ik handel. Soms betrap ik mezelf erop dat ik in het openbaar luid praat met iemand, dan pas ik mijn gedrag onmiddellijk aan omdat het gewoon niet past bij iemand die een hoofddoek draagt', aldus een Sunnitische moslima, die Sjiïet is geworden. Zij verbindt de hoofddoek met de notie van 'al haya' – niet luid spreken, bedeesdheid. Ook Saba Mahmood, hoogleraar antropologie aan de universiteit van Berkeley, stelt in haar onderzoek over religieuze heropleving in Egypte vast dat vrome moslimvrouwen veel belang hechten aan die deugd van gereserveerdheid en bescheidenheid. Doordat de hoofddoek wordt geassocieerd met verschillende morele praktijken kunnen we stellen dat een moslimvrouw die bewust een hoofddoek draagt niet (alleen) wil duidelijk maken dat ze moslim is, maar hierdoor ook tracht een morele zelfstilering te verwezenlijken. De hoofddoek is niet (slechts) een weergave van iemands piëteit, maar draagt ook bij tot de transformatie van de innerlijke disposities. Door het dragen van de hoofddoek trainen moslimvrou-

wen hun geheugen, verlangen en verstand om zich conform de gevestigde gedragscodes te gedragen, waarin de notie van 'al haya' centraal staat. Hoewel dit gedrag (soms) niet natuurlijk is, zullen die gedragscodes geleidelijk aan door simulatie en repetitie worden belichaamd.

De seculiere, westerse samenleving heeft normatieve veronderstellingen geproduceerd die onze visie op religie, en meer bepaald op de islam, hebben gevormd. In het begin van de bekeringsstudies in de jaren vijftig werd bekering (voornamelijk tot nieuwe religieuze groepen) zowel door de publieke opinie als door de academische wereld geassocieerd met passieve mensen die door bepaalde groepen gebrainwasht werden. In hedendaagse wetenschappelijke literatuur over bekering tot het christendom worden noties zoals 'programmeren' en 'hersencontrolle' vervangen door concepten als 'autonomie' en 'zelfreflectie', waardoor een actieve rol wordt toegekend aan de bekeerling. Moslim zijn of worden wordt echter in de seculiere Vlaamse of westerse context, zowel door de publieke opinie als in de dominante wetenschappelijke literatuur, zelden verbonden aan eigenschappen als 'rationaliteit', 'reflexiviteit' of 'autonomie'. Moslims in de hedendaagse, post-9/11-context worden gelieerd aan 'communitarisme', 'terrorisme' en 'antiwesterse gevoelens'. Dit is vreemd omdat ook bekeerlingen tot en binnen de islam individuen zijn die een nieuwe religie adopteren die niet inherent is aan de cultuur waarin ze zelf zijn gesocialiseerd en dus beslist hebben om hun leven op een andere manier te organiseren. Religieuze en morele zelfstilering neemt dan een belangrijke plaats in hun leven in. Hun religieuze identiteit is natuurlijk niet hun enige uiting.

Dit alles kan ook worden gekaderd in een terugkeer van de religiositeit. Hoewel decennialang de dood van God werd voorspeld, gaan in deze snel veranderende geglobaliseerde context steeds meer mensen belang hechten aan religie. Vele bekeerlingen zeggen dat hun leven voor hun bekering was gekenmerkt door een spirituele en ook maatschappelijke leegte, die alleen door een religieuze heroriëntering kon worden weggewerkt. In *A Secular Age* (2007) stelt Charles Taylor vast dat de moderniteit, en het met haar gepaard gaande waardevacuüm, voor een enorme morele verarming heeft gezorgd. Dit is een van de belangrijkste redenen waarom men een toevlucht zoekt in de religie. Hoewel het vaakst wordt gesproken over islamisering, kennen niet alleen de islam, maar ook het christendom, jodendom, hindoeïsme en boeddhisme een duidelijke heropleving. Zelfs in het 'rationele' West-Europa is het geloven in iets – het ietsisme – een dominant gegeven geworden. Taylor stelt dat in dit tijdperk geloof geen evidentie meer is. Onze samenleving wordt gekenmerkt door zowel ongelof als geloof. Iemand kan niet een atheïst zijn zonder daarvoor zijn argumenten te hebben en het is evenmin nog mogelijk om een naïeve gelovige te zijn. De



huidige context laat verschillende opties toe, zolang iemand maar bedachtzaam is.

Bekeerlingen tot en binnen de islam worden echter door de publieke opinie niet geassocieerd met liberale, progressieve of autonome geesten. Ze krijgen vaak te horen dat de islam een irrationele en gewelddadige godsdienst is en dat zich aangetrokken voelen tot die godsdienst betekent dat er 'iets niet klopt'. Vaak denken mensen uit de autochtone omgeving dat zo'n bekering een tijdelijke bevestiging is, een kortstondige reactie tegen de familie of tegen andere factoren uit de Belgische seculiere of christelijke gemeenschap. Hoewel België een pluralistisch land is – waar het bijvoorbeeld mogelijk is om Sjiïet te zijn (wat in Sunnitische, islamitische landen veel problematischer zou zijn) – blijkt toch dat de meerderheid van de bekeerlingen wordt gezien als personen die iets vreemds en bedreigends aanhangen. Het seculiere of pluralistische Westen beweert wel ethisch neutraal te zijn, maar dit berust op bedrog vermits de moderniteit heel wat ideeën over het goede en het slechte koestert. Die ideeën of veronderstellingen opereren door een set van tegenstellingen. Terwijl ongelof progressiviteit, rationaliteit, reflexiviteit en autonomie veronderstelt, wordt geloof – of liever de islam – geassocieerd met regressie, irrationaliteit en onderwerping.



**Het pluralistische Westen
beweert ethisch neutraal
te zijn, maar dit berust op
bedrog vermits de moderniteit
heel wat ideeën over het
goede en het slechte koestert**

De al eerder vermelde Saba Mahmood is een van de eerste sociale wetenschappers die een andere kijk wierp op de islamitische piëteit. In haar indrukwekkende *Politics of Piety: Islamic Revival and the Feminist Subject* (2005) over de islamitische heropleving in Egypte focust ze op de normatieve liberale assumpties waarbinnen een dergelijke revivalbeweging wordt geanalyseerd. Haar veldwerk liet toe om na te denken over belangrijke analytische concepten in het liberale denken. Zo zet ze ook vraagtekens bij het concept 'agency', dat vaak wordt begrepen als iemand die handelt om sociale normen uit te dagen, maar niet als een modaliteit van handelen. Door 'agency' anders te conceptualiseren (bijvoorbeeld als de capaciteit om te volharden, zoals bij een virtueuze pianospeler) kan men een heel interessant

terrein betreden wat betreft de relatie tussen subject en normen, de relatie tussen performativiteit en innerlijke disposities. Hoewel de moslim binnen het normatieve, seculiere kader op een pejoratieve manier wordt weergegeven, kunnen we pleiten voor een andere kijk op het religieuze subject in het algemeen en op het dragen van de hoofddoek in het bijzonder.

Een subject kan zichzelf alleen verwezenlijken door zich te onderwerpen. Onderwerping is dus niet noodzakelijk negatief, maar vormt een cruciaal aspect in de ontwikkeling van iemands zijn. In het kader van de zelfstijling van moslimbekeerlingen, blijkt dat een religieus subject een actor is, het onderwerp van zijn/haar handelen. In haar boek *Bodies that matter* (1993) licht Butler echter toe dat er in feite geen subject bestaat als dit zich niet onderwerpt. Die contradictie noemt zij de 'paradox of subjectivation'. Opdat iemand een subject zou zijn, moet hij/zij zich ook onderwerpen aan verschillende regimes. In de verwezenlijking van hun religieuze project, om een religieus subject te worden, leren bekeerlingen zich te onderwerpen aan religieuze wetten. 'Als ik na het werk thuiskom, vind ik het moeilijk om me meteen klaar te maken voor het gebed. Ik duik meestal in mijn zetel en kijk naar de tv. Op een gegeven moment sta ik op omdat dat stemmetje in mijn hoofd me niet met rust wil laten. Na het gebed voel ik me pas op mijn gemak.'

Die getuigenis toont aan dat een bekeerling zich moet inspannen en een innerlijke strijd (jihad) moet leveren om de moslim te worden die hij/zij wil zijn.

Die strijd betreft vaak ook aspecten van lichamelijkeheid. Verschillende soorten moslims hanteren verschillende codes wat betreft lichamelijke omgang. Zo wordt duidelijk dat religieuze en morele zelfstijling gepaard gaat met belichaamde praktijken. Zo zal een man een vrouw tijdens een gesprek niet aankijken want 'één keer een vrouw aankijken is toegelaten, een tweede keer kijken is niet nodig en aldus keurt Allah dat af'. Vanuit dit perspectief is de islamitische moraal niet los te koppelen van zedigheid en van zedige klederdracht. Als zowel man als vrouw zich zedig kleden en contact met het andere geslacht beperken (door geen hand te schudden of een zoen te geven bij begroeting) wordt de samenleving gevrijwaard van immoreel gedrag. De hoofddoek draagt dus bij tot de verwezenlijking van morele gedragscodes. Het is dan ook erg reductionistisch om het dragen van de hoofddoek gelijk te stellen aan de afwijzing van de westerse levensstijl. Die dichotomie zorgt alleen voor meer onbegrip en versnippering. Om de andere te begrijpen is het nodig de alomtegenwoordige tegenstellingen te overstijgen. ●

Joan W. Scott, *The Politics of the Veil* (Princeton: Princeton University Press, 2007).

فَضَّلَ اللهُ الْمَجَاهِدِينَ عَلَى الْقَتْلِ أَجْرًا عَظِيمًا

De War on Terror als strijd om de moderniteit

Patrick Pasture

Met *Modernity, Religion and the War on Terror* kiest Richard Dien Winfield, hoogleraar filosofie aan de University of Georgia in de Verenigde Staten, duidelijk positie: het boek biedt een radicale filosofische reflectie op het wezen van de moderniteit in het verlengde van de verlichting. Sinds 9/11 wordt de 'war on terror' als een 'strijd om de moderniteit' (Staf Hellemans) beschouwd, een strijd ook om de beschaving. Dat die voornamelijk door de Verenigde Staten wordt gevoerd, is geen toeval: 'the United States stands as the greatest bulwark of the project of civilization that distinguishes modernity from all other historical forms of life'. Zo'n uitspraak volstaat ongetwijfeld voor de meeste 'verlichte' Europeanen om het boek zonder meer als het zoveelste simplistische Amerikaanse verhaal weg te schuiven. Toch

presenteert Winfield een coherente, zelfs uitdagende intellectuele visie op de moderniteit, die velen, ook in Europa, zullen kunnen onderschrijven.

Voor Winfield ligt de essentie van de moderniteit in de zelfbeschikking, de vrije keuze op basis van rationale argumenten, die zich volkomen onttrekt aan elke autoriteit uit het verleden. Zo positioneert zijn werk zich duidelijk in de intellectuele traditie van de verlichting. Hij draagt zijn boek overigens op aan zijn 'Doktorvater' in Yale, Louis Dupré, die precies in de verlichting de intellectuele fundering van de moderniteit zocht. (*The Enlightenment and the Intellectual Foundations of Modern Culture*, 2004). Winfield komt echter al snel tot het besluit dat de verlichting geen goede basis vormt om de moderniteit filosofisch te funderen, omdat zij die fundering

steeds extern situeert. Hoe kan er dan sprake zijn van zelfbeschikking? De postmoderne kritiek op de onmogelijkheid van de verlichting om objectieve kennis te funderen lijkt dan ook terecht, maar dat betekent niet, zo betoogt Winfield, dat het postmoderne alternatief om alle grondslagen als contingent te bestempelen een uitweg biedt. Dit leidt alleen tot willekeur en totalitarisme in plaats van tot 'multiculturele tolerantie en democratie', zoals postmodernen naïef lijken te geloven. De conclusie is even simpel als radicaal: de moderniteit aanvaardt geen enkele vorm van externe legitimering of fundering, de zelfbeschikking zelf grondt de vrijheid. Dit betekent dat vrijheid niet kan worden gedefinieerd vanuit het individu, maar vanuit de structuur van het recht, waarin meerdere elementen

WAAR POSTMODERNE AUTEURS STEEDS MEER VRAGEN ZIJN GAAN STELLEN BIJ HET OPTIMISTISCHE EN 'SECULARISTISCHE' VOORUITGANGSGELOOF SEDERT DE VERLICHTING, GROEIT SINDS 9/11 HET AANTAL SOCIALE DENKERS DAT DE MODERNITEIT HERDEFINIEERT ALS EEN MAATSCHAPPELIJK PROJECT GEBASEERD OP WESTERSE WAARDEN, MET WORTELS IN DE VERLICHTING EN HET CHRISTENDOM. HET WESTEN BLIJKT WEZENLIJK TEGENGESTELD AAN DE ISLAM, DIE IN DEZE VISIE NIET IN STAAT WORDT GEACHT RELIGIE EN STAAT TE SCHEIDEN – DÉ VOORWAARDE VOOR EEN MODERNE SAMENLEVING.

interageren in functie van universele waarden. Daardoor kan de vrije wil zichzelf bepalen door te participeren in 'an enacted context of rights'. Er is geen grondslag van de vrijheid die ergens inherent aan is: zij ontstaat alleen in een bepaalde context waarin individuen zich niet langer laten leiden door tradities, maar door rationele argumenten. De politieke vrijheid illustreert het best wat Winfield bedoelt. Politieke vrijheid en zelfbestuur vormen niet de grondslag van politieke instituties, zoals de verlichting postuleert, maar ontstaan vanuit de wederzijdse erkenning van ieders autonomie. Zij kunnen niet bestaan zonder een politieke context, zij veronderstellen burgerschap van een democratische staat. Om dit burgerschap uit te oefenen moet er een gemeenschap van burgers zijn die tegelijk haar rechten uitoefent, 'simply because the reality of self-governing consists in nothing but the political activities of self-governing citizens'. Dit veronderstelt dat allen gelijke rechten hebben, zoniet zullen diegenen met meer rechten onvermijdelijk de anderen domineren en verdwijnt de vrijheid.

Zo komt Winfield tot de conclusie dat ethische en politieke normen samen met de politieke vrijheid en zelfbeschikking ontstaan. Er kan geen politieke vrijheid zijn zonder dat de andere vrijheden worden gerespecteerd, in het bijzonder het eigendomsrecht en het zelfbeschikkingsrecht over het eigen lichaam, anders kunnen personen onderworpen zijn aan slavernij. Dit betekent ook dat alle instellingen in een democratische context volledig vrij moeten zijn, bijvoorbeeld het gezin: 'Unless the family is transformed into an institution of freedom where spouses codetermine household affairs independently of any other kin domination, subordinate family members can hardly enjoy equal access to society and state and participate in politics on a par with others.' De implicaties van die herformulering van de moderniteit worden duidelijk in de rest van het boek, waarin Winfield erg systematisch op verschillende domeinen nagaat wat zelfbeschikking betekent voor de moderne samenleving, hoe zij historisch tot stand komt en waarin de tegenstelling huist met niet-moderne culturen.

De positie van religie staat daarbij centraal. Net als Immanuel Kant en Max Weber meent ook Winfield dat het onderscheid tussen moderne en premoderne samenlevingen ligt in de bepalende rol van traditie en religie in premoderne beschavingen. Modernisering betekent het zich bevrijden van de traditie en het klerikale juk: de geëmancipeerde mens moet volledig vrij zijn van elke kerkelijke bevoogding. In de moderne samenleving geeft de rede, de basis voor de zelfbeschikking. Toch ziet Winfield ruimte voor kerk en religie in de moderniteit, op voorwaarde dat zij de individuele vrijheid van de gelovigen ten volle respecteren.

Religies moeten dus niet alleen de scheiding van kerk en staat en het bestaansrecht van andere religies aanvaarden, maar ook niet proberen de individuele geloofsopvattingen te beïnvloeden. Religie moet bijgevolg volledig worden geprivatiseerd. Dat dit model wel degelijk bestaat bewijst, volgens Winfield, de Verenigde Staten, waar staat en religie volledig gescheiden zijn – hoewel 'religieus rechts' die scheiding onder George W. Bush ondermijnde – en de religies de individuele vrijheid respecteren. Die situatie vindt zijn oorsprong bij de puriteinen: zij stelden wel hoge eisen aan de gelovigen en riepen op tot religieus geïnspireerd protest, maar lieten de goddelijke wet alleen gelden voor wie vrijwillig toetrad tot een covenant. Net zoals Michael Walzer in *The Revolution of the Saints* (1982) situeert Winfield het ontstaan van emancipatie en democratisering in de protestantse revolutie, die in de Verenigde Staten haar voltooiing vond.

De geëmancipeerde mens moet volledig vrij zijn van elke kerkelijke bevoogding

De moderniteit wortelt zo duidelijk in het Westen, in Europa en in de Verenigde Staten, die al snel de fakkel van de vrijheid en de moderniteit van het oude continent overnam. Niet-moderne samenlevingen situeren zich in essentie buiten het Westen. Dit roept meteen de vraag op naar de relatie tussen modernisering en verwesterlijking. Leidt verwesterlijking tot modernisering en vormt die een voorwaarde voor modernisering? Die laatste vraag stelt Winfield zich merkwaardig genoeg niet. Hij gaat echter wel uitgebreid in op het probleem dat vele niet-westerse beschavingen met de westerse moderniteit werden geconfronteerd door westerse (Europese) kolonisering en imperialisme, zelfs als zij niet gekoloniseerd werden, zoals Japan of China. Kolonisering kan niet eenvoudig als een democratiserende en emanciperende onderneming worden beschouwd, zo moet ook Winfield erkennen. Zijn antwoord is eenvoudig: de kolonisering maakte wel komaf met de traditionele machtsstructuren en introduceerde een nieuw modern denken dat op termijn het koloniale project finaal ondergroef.

Dat wil niet zeggen dat kolonisering uiteindelijk uitmondt in moderne samenlevingen. Postkoloniale landen kampen met vele problemen, onder meer als een gevolg van uitbuiting en van koloniale structuren die ongelijkheden bestendigden. Bovendien volstaat het niet om nieuwe democratische politieke instellingen te creëren. De hele samenleving moet worden gedemocratiseerd en geëmanci-

peerd, zoniet blijft de koloniale samenleving ook na de formele politieke onafhankelijkheid in een staat van neokoloniale economische en culturele afhankelijkheid. Toch ziet Winfield mogelijkheden om vanuit een postkoloniale context tot een moderne samenleving te komen: als de staat erin slaagt de inmenging van buitenlandse economische machten te vermijden en om de civiele maatschappij zo te reguleren dat ongelijkheid zich niet vertaalt in politieke privileges en dat politieke en andere vrijheden gewaarborgd blijven. Of dat lukt blijft onzeker, en met name de islam vormt een bedreiging.

In het laatste hoofdstuk poogt Winfield, grotendeels gebaseerd op Bernhard Lewis' *What Went Wrong? Western Impact and Middle Eastern Response* (2002) en *The Crisis of Islam: Holy War and Unholy Terror* (2004), aan te tonen dat de islam fundamenteel haaks staat op de moderniteit. Hij verwijst hier naar het kalifaat om te argumenteren dat in de islam wereldlijke en politieke macht noodzakelijkerwijze samenvallen, waarbij de sharia als goddelijke wet geldt voor iedereen. Dit model sluit dissidentie en autonoom denken uit. Daarom heeft de islam geen renaissance, geen verlichting gekend. Daarom ook sluit de islam een arabisering in en maakt komaf met culturele diversiteit. Zo wordt alle geschiedenis islamitische geschiedenis en is er geen afzonderlijke geschiedenis van bijvoorbeeld Arabieren, Perzen of Indiërs mogelijk. Die voorstelling van de islamitische geschiedenis, die de nadruk legt op de onmogelijkheid van kritische rationaliteit en van de islam als verstikkende eenheidsworst, waarbij tijd en ruimte geen betekenis lijken te hebben, illustreert vooral Winfields vooroordelen. En ook zijn onthutsende gebrek aan empirische kennis over de reële geschiedenis van de islam, die in deze al even flexibel was als bijvoorbeeld het christendom. Eeuwenlang zochten islamitische wetenschappers naar de grondslagen van de kennis en debatteerden zij met rationele argumenten. Bovendien schreven moslimhistorici wel degelijk geschiedenissen van volkeren en landen voor en los van de islamisering.

Die eenzijdige en vooral essentialistische visie op de islam, die abstractie maakt van de enorme verschillen die er in de geschiedenis van de islamitische rijken en landen zijn geweest, deelt de auteur met vele Amerikaanse en Europese intellectuelen. Maar ook met diegenen die effectief streven naar het 'herstel' van het kalifaat, islamitische fundamentalisten en terroristen, met name salafisten en wahabieten. In een visie die uitgaat van een goddelijk recht waaraan iedereen altijd en overal onderworpen is, kan geen ruimte zijn voor zelfbeschikking, voor vrijheid. Er is dus wel enige grond om de aanhangers van die opvattingen als absolute tegenstanders van de moderniteit te brandmerken. Voor Winfield is het afwijzen van de moderniteit en haar

oproep tot zelfbeschikking de dieperliggende oorzaak waarom 'de' islam de trein van de moderniteit, maar ook van de economische en sociale vooruitgang heeft gemist. Al is het maar omdat islamitische beperkingen op de vrijheden van vrouwen het talent van de helft van de bevolking miskennen.

Toch heeft de islam volgens Winfield mogelijkheden om te moderniseren. Mustafa Kemal toonde hier de weg door een radicale secularisering van de Turkse staat. Enigszins in tegenstelling tot zijn eerdere bewering dat islam geen interne dissidentie en onafhankelijk denken toelaat, vindt Winfield in de middeleeuwse filosoof Averroës (1126–98) en diens leermeester Al Ghazali (1058–1111) aanzetten tot een rationele houding – zij het dat ook zij niet verder raken dan de commentaar dat rationaliteit en koran elkaar niet kunnen tegenspreken en niet de autonome rede als dusdanig vooropstellen. Winfield gaat zelf op zoek naar een mogelijke uitweg en vindt die bij de kerkvader Augustinus. Diens interpretatie van de vrije wil en de persoonlijke verantwoordelijkheid ligt aan de basis van de christelijke visie op de menselijke vrijheid en is mutatis mutandis toepasbaar op de islam. Ook voor de islam kan gelden dat de fundamentele menselijke natuur ligt in de vrije wil en dat zo de wet van Allah alleen in vrije wil kan worden aanvaard – wat overeenkomt met de stelling van de koran dat er 'in de godsdienst geen dwang [is]'. Winfields visie op religie en moderniteit situeert zich overduidelijk in het verlengde van het 'verlichtingsmodernisme' dat moderniteit associeert met rationaliteit, emancipatie en vooruitgang, en religie verwijst naar de marge van de samenleving – al krijgt het begrip 'privatisering van religie' hier wel een heel eigen invulling. Ondanks zijn empirische zwakte is het een sterk en coherent verhaal. Het houdt evenwel geen rekening met recente inzichten over de relaties tussen moderniteit, kolonisering en religie.

Er zijn natuurlijk wel vraagtekens geplaatst bij de associatie van moderniteit, rationaliteit en emancipatie. Vooral sinds de publicatie van *Dialektik der Aufklärung* (1947) van Max Horkheimer en Theodor W. Adorno na de gruwel van de Holocaust heeft zich een alternatieve denkrichting ontwikkeld die de irrationele en destructieve dimensies van de moderniteit benadrukt. Die heeft de tegenstellingen tussen structuralisme en postmodernisme overleefd en domineert het hedendaagse historische en historisch-sociologische onderzoek. Dit komt het duidelijkst tot uiting in studies die, oorspronkelijk vanuit de kritiek op de Duitse *Sonderweg*-these (die de oorzaak van de Holocaust in de specifiek Duitse geschiedenis situeert) maar sinds de jaren 1990 nauw verweven met het postkoloniale perspectief, steeds sterker de verbanden aantonen tussen moderniteit, kolonialisme en genocide. De wortels van de Holocaust worden zo steeds verder in de tijd teruggeplaatst en geïdentificeerd met de westerse ambi-

ties inzake beheersing en controle, die een tegengewicht vormen voor de emancipatorische elementen van het verlichtingsdenken. De kolonisering wordt in dit perspectief geen vorm van onvolmaakte modernisering, maar een wezenlijk uitvloeisel ervan en de eerste fase van een proces dat culmineert in de Europese genociden van de twintigste eeuw.

Winfield verwijst naar het kalifaat om te argumenteren dat in de islam wereldlijke en politieke macht noodzakelijkerwijze samenvallen

Ook de relatie tussen religie en moderniteit is de laatste decennia grondig herdacht. Hoewel Winfield religie een plaats geeft in de moderniteit, onderschrijft hij absoluut het secularistische perspectief dat religie helemaal terugdringt in de private sfeer. Hij gaat daarin zo ver dat men zich kan afvragen of religie en kerk-zijn zo niet helemaal onmogelijk worden: hij ontkent religieuze instituties elk recht om de gelovigen regels en voorschriften op te leggen. Maar historisch en sociologisch onderzoek heeft juist aangetoond dat religies een zeer grote rol hebben gespeeld en nog spelen in de vormgeving van de moderne maatschappijen, in Europa zowel als in Noord-Amerika en elders, bijvoorbeeld in het ontstaan van de 'publieke ruimte'. Opmerkelijk is de rol van religieus gemotiveerde partijen en bewegingen, bijvoorbeeld in de strijd tegen slavernij en alcoholisme. In West-Europa kan men daarbij denken aan de christendemocratie. Voor Winfield zijn religieuze partijen echter – hij heeft hierbij duidelijk de Turkse AK-partij voor ogen – 'inherently anti-democratic'. Ook al waren confessionele partijen in Europa aanvankelijk niet of zelfs antidemocratisch, onderzoek heeft juist aangetoond dat zij door het proces van democratische participatie fundamenteel gedemocratiseerd raakten.

Terzijde kan hierbij worden opgemerkt dat Winfield wel heel licht gaat over nationalistische, communistische en socialistische partijen, waarvan het democratische en emanciperende karakter ook niet altijd vanzelfsprekend is. Meer fundamenteel geldt dat de moderniteit niet langer uitsluitend geassocieerd wordt met vooruitgang en emancipatie. Enerzijds beschouwde bijvoorbeeld het fascisme zich als vooruitstrevend, emanciperend en bevrijdend en streefde het naar een – vanuit zijn perspectief – 'betere' samenleving. Anderzijds leidden 'progressieve' en daarom als modern bestempelde bewegingen als het communisme tot verknechting en totalitarisme. Ook het conservatisme wordt zo

als een bij uitstek modern fenomeen beschouwd. Daarbij worden ook religies niet langer zonder meer als een relict uit het verleden beschouwd die in de moderniteit overleven. Integendeel, zoals socioloog Staf Hellemans betoogt, in de moderne samenleving ondergaan religies een diepgaande 'modernisering', terwijl zij zelf die moderne samenleving mee vormgeven. De wijze waarop het katholicisme in de negentiende eeuw uit de diepe crisis van de Franse Revolutie herrees, is daar het beste voorbeeld van. Zij illustreert ook dat die modernisering, die de kerk fundamenteel veranderde, niet verliep via de paden die de verlichting vooropstelde: kernconcepten van die 'verrijzenis' zijn centralisering, *invented traditions* zoals bedevaarten en het gecontroleerde gebruik van verschijningen, en het beroep op de massa via media en populaire literatuur. Die modellen zijn sinds het midden van de twintigste eeuw misschien niet meer adequaat, maar er zijn aanwijzingen dat het religieuze landschap op heel andere wijzen verandert.

Gaandeweg werd duidelijk dat het onderscheid tussen premoderne en moderne samenlevingen niet zo eenvoudig kan worden teruggevoerd op een tegenstelling tussen samenlevingen geregeerd door de rede en samenlevingen waarin de traditie overheerst. De moderniteit verschijnt zo als een ambigue, hybride categorie die zowel emanciperend als onderdrukkend is, die afstand neemt van tradities maar tegelijk haar eigen tradities creëert, die seculariseert en tegelijk nieuwe mogelijkheden schept voor religies om gelovigen diepgaander dan ooit te beïnvloeden. Het is duidelijk geworden dat 'de moderniteit' als dusdanig niet bestaat: dat er evoluties en ontwikkelingen zijn, die niet rechtlijnig verlopen in een meer 'verlichte' en 'humane' richting, en dat er op verschillende plaatsen in de wereld gelijkaardige processen plaatsvonden die niet zomaar het gevolg zijn van 'verwesterlijking', met andere woorden dat er 'meerdere moderniteiten' zijn.

Zo is ook een tegenstelling gegroeid tussen diegenen die de complexiteit van 'de moderniteit' benadrukken en de morele superioriteit van het Westen ondergraven, die uitgaan van het bestaan van vele, soms tegengestelde 'moderniteiten', en diegenen die de moderniteit radicaal opvatten als een simpele keuze voor vrijheid en vooruitgang. Die laatste opvatting heeft het voordeel van de duidelijkheid en geeft een betrouwbare leidraad om complexe ethische kwesties relatief eenvoudig te beslechten. De discussie over de islamitische sluier vormt daar een goed voorbeeld van. De eerste visie is echter veel meer empirisch en theoretisch onderbouwd. Een tegenstelling tussen *anciens* en *modernes* – naar de artistiek-literaire 'querelle des anciens et des modernes' uit de zeventiende eeuw – is het echter geenszins. ●

Richard Dien Winfield, *Modernity, Religion and the War on Terror* (Ashgate, 2007).

EEUWENLANG AL IS DE MENS OP ZOEK NAAR HET MIDDEL OM ONSTERFELIJK TE WORDEN, OF MINSTENS OM ZIJN LEVEN AANZIENLIJK TE VERLENGEN. DOOR BETERE VOEDING EN MEDISCHE ZORG IS DE LEVENSV ERWACHTING IN WEST-EUROPA NU ZOWAT VERDUBBELD. IS DE MAXIMALE LEEFTIJD NIET STIL AAN BEREIKT? DE MEDIA BLIJVEN BERICHTEN PUBLICEREN OVER SUCCESVOLLE LEVENSV ERLENGENDE 'WONDERMIDDELTJES', RECENT NOG OVER CALORISCHE RESTRICTIE. MAAR ZIJN DIE BELOFTEN WETENSCHAPPELIJK ONDERBOUWD? DE ALCHEMIE LIJKT SOMS TERUG VAN WEGGEWEEST.

De methusalempil: wetenschap of koopmanschap?

Theo Niewold

Al sinds de oudheid is de mens op zoek naar onsterfelijkheid, of als dat niet mogelijk is, naar een zo lang mogelijk leven. In de Griekse mythologie bestonden naast de onsterfelijke goden ook sterfelijke halfgoden, zoals Achilles, die ondanks de poging van zijn moeder om hem onkwetsbaar en daarmee onsterfelijk te maken toch sneuvelde. Wellicht als symptoom van ditzelfde verlangen naar eeuwigheid vinden we in de Bijbel de aartsvaders terug met leeftijden van honderden jaren. De absolute kampioen was de spreekwoordelijke Methusalem met zijn 969 jaren. Later zochten de alchemisten eeuwenlang naar het middel voor onsterfelijkheid, het zogenaamde levenselixir. Zij verkochten ook middeletjes tegen allerlei ziekten en kwalen. De alchemie kan worden beschouwd enerzijds als de voorloper van de moderne wetenschap, met name van de scheikunde en de farmacie, en anderzijds als een vroege vorm van kwakzalverij. De alchemie als 'wetenschap' stierf definitief uit toen de moderne scheikunde onder Antoine Lavoisier opkwam aan het einde van de achttiende eeuw. De kwakzalverij is echter altijd blijven bestaan.

Intussen blijkt uit archeologische gegevens dat de moderne mens in pre-industriële tijden gemiddeld niet ouder werd dan veertig jaar, met uitzonderingen tot zeventig jaar voor koningen en andere hooggeplaatsten. Sinds de Tweede Wereldoorlog neemt de gemiddelde levensduur met ongeveer 2,5 jaar per decennium toe (althans in het welvarende deel van de wereld). De gemiddelde levensverwachting in West-Europa bedraagt nu ongeveer 77 jaar voor mannen en 83 jaar voor vrouwen. De enige goed gedocumenteerde absolute uitschieter is een Franse vrouw die de leeftijd van 122 jaar heeft gehaald. De meeste demografen zijn het erover eens dat het einde van die stijging in zicht is. Het feit echter dat de gemiddelde leeftijd nog oploopt, wordt door sommigen geïnterpreteerd als een teken dat de maximaal haalbare leeftijd van de mens nog lang niet bereikt is. De vraag is dan hoe je kan te weten komen waar die zou liggen.

Wetenschappers hebben niet stilgezeten en hebben die vraag proberen te beantwoorden met behulp van vergelijkend onderzoek op dieren. Bij (vooral kleinere) dieren werd vastgesteld dat terwijl ze in het wild niet ouder worden dan één jaar, hun leeftijd



kan oplopen tot vier of vijf jaar in gevangenschap. Dit verschil wordt toegeschreven aan de afwezigheid van honger, en het ten prooi vallen aan andere dieren en ziekten. Uit de archeologische gegevens voor de mens zou je kunnen concluderen dat de biologische leeftijd van de in het wild levende mens op ongeveer veertig jaar ligt. Door de verbeterde voeding en medische zorg houdt de mens zichzelf als het ware in gevangenschap, of beter gezegd: hij heeft de kans gezien zichzelf te scheiden van de onplezierige kanten van de natuur. Daarmee heeft hij al een verdubbeling van zijn leeftijd bereikt. Als

we echter dezelfde factor als voor sommige kleinere dieren aanhouden (vier tot vijf jaar), dan zou de mens honderd zestig tot tweehonderd jaar kunnen worden. Een belangrijk punt hierbij is of je de winst uitdrukt in procenten of in jaren. Als we grotere dieren als voorbeeld nemen, zien we dat de procentuele winst al minder groot wordt. Zeker als we kijken naar dieren die geen prooidier zijn, zoals volwassen olifanten. Vier jaar meer betekent voor een muis een vervienvoudiging van zijn aanvankelijke leeftijd, maar voor de olifant zijn dit slechts enkele procenten. Grootte maakt dus iets uit en moet in de vergelijking worden betrokken als men tot eerlijke resultaten wilt komen.

Uit archeologische gegevens

voor de mens blijkt dat de

biologische leeftijd van de

pre-industriële mens op

ongeveer veertig jaar ligt

Gelukkig zijn er reeds onderzoekers geweest die zich hierop hebben gestort. Er blijkt inderdaad een sterk positief verband te bestaan tussen lichaams-grootte en levensduur. Ook hebben die onderzoekers uitgerekend dat met de toenemende grootte en levensduur van een soort, de winst die te verwachten is van bepaalde zogenaamd levensverlengende diëten, zoals calorische restrictie, procentueel sterk afneemt. Voor de mens is die winst zelfs te verwaarlozen, zo blijkt onder andere uit een artikel van John Phelan en Michael Rose, dat in *Ageing Research Reviews* (2005) werd gepubliceerd. En daarmee is de kous af, zou je zeggen. Er blijven echter in de media (en zelfs in wetenschapsrubrieken) kritiekloze berichten verschijnen over succesvolle levensverlengende methoden. En de meest recente van die berichten vinden hun oorsprong in artikelen over de wonderbaarlijke effecten van calorische restrictie.

Een goed voorbeeld hiervan is een artikel van Nicholas Bishop en Leonard Guarente in een van de uitgaven van het prestigieuze *Nature*. In dit artikel

beschrijven ze hoe de levensduur van wormen, schimmels en muizen kan worden verlengd (zelfs meer dan verdubbeld) door onder andere calorische restrictie (CR). Dit wil zeggen dat ze langer leven naarmate ze minder energie verbranden. Hierbij zouden ook ouderdomsgerelateerde kwalen worden verminderd of voorkomen. De gedachte is dat er bij verbranding oxidatieproducten vrijkomen die schade aanrichten en daarmee ziekte en veroudering veroorzaken. Minder eten betekent minder verbranding, dus minder oxidanten en dus een langer leven. Een vergelijkbaar effect zou de consumptie van veel antioxidanten hebben. Op basis van het feit dat de genen die hierbij betrokken zijn ook in de mens voorkomen, wordt gesteld dat dit mechanisme ook voor de mens geldt. Er wordt gesuggereerd dat het wellicht mogelijk is een pil te ontwerpen die zorgt voor een gezond en lang leven. Vandaar dat men ook wel spreekt van een ‘methusalempil’.

Een van de voorgestelde componenten voor die pil is resveratrol, een stof die onder andere in rode wijn voorkomt

Een van de voorgestelde componenten voor die pil is resveratrol, een stof die onder andere in rode wijn voorkomt. Resveratrol blijkt een vergelijkbaar effect te hebben als calorische restrictie in dezelfde proeforganismen. De stof is trouwens eerder ook al uitgebreid in het nieuws geweest omdat ze instrumenteel zou zijn in het zo gezond geachte mediterrane dieet. Of dat dieet werkelijk zo gezond is, laten we hier buiten beschouwing. In elk geval heeft een van de andere onderzoekers in dit veld, Cynthia Kenyon, die blijkbaar niet wilde wachten tot de bewuste pil beschikbaar was, zichzelf al op zo’n CR-dieet gezet, inclusief een dagelijks glas rode wijn. Of zij er nu echt in gelooft of dat dit (mede) een pr-stunt is om het eigen onderzoek te promoten laat ik terzijde.

Duidelijk is dat de mogelijkheid tot levensverlenging iets is dat velen aanspreekt en fascineert. Ik kan me echter voorstellen dat de premier en de minister van Financiën daar vanuit hun functie wat anders tegen zouden aankijken, mocht dit allemaal werkelijkheid worden. Betekent dit nu bijvoorbeeld dat de pensioenreserves voor de vergrijzing van de samenleving plots nog meer ontoereikend zijn? Is het niet tijd voor de regeringen om de pensioenge-rechtigde leeftijd alvast voorlopig op – laten we zeggen – 130 jaar te zetten, met de optie die regelmatig te kunnen verhogen? Wie krijgt die pil eens ze beschikbaar is, wie betaalt ze en wie betaalt de gevolgen daarvan? Of is het juist de oplossing voor de ontvolking van Europa?

Terwijl we de politici alvast verder laten denken, is het goed nog eens te kijken hoe realistisch een en ander is. De berekeningen van Phelan en collega’s hebben reeds laten zien dat als er winst in calori-

sche restrictie of in de bijbehorende pil zit, die voor de mens zeer waarschijnlijk heel beperkt is. Voor Guarente en de zijnen is een belangrijk argument dat het CR-gen dat in muizen en wormen de levensduur regelt, ook in de mens voorkomt en dat het dus ook zo werkt in de mens. Dit is echter een zeer twijfelachtig argument: het is niet omdat hetzelfde gen voorkomt in meerdere soorten, dat het exact dezelfde functie of hetzelfde effect heeft. Zie de chimpansee waarmee we alle genen gemeen hebben. Daarnaast is tegenwoordig ook genoegzaam bekend dat men zeer voorzichtig moet zijn om bevindingen bij proefdieren door te trekken naar de mens. Een goed voorbeeld daarvan zijn de succesvolle kankertherapieën bij muizen, die vervolgens bij de mens vaak niet werken.

Waarom zijn Guarente en zijn medewerkers dan toch zo hoopvol gestemd en waarom gaan ze volledig voorbij aan bovengenoemde bezwaren? Het is wellicht de moeite waard eens een nadere blik te werpen op de laatste regels van het artikel. Onder het hoofdje ‘Competing interests statement’ (mogelijke belangenverstrengeling) wordt een webpagina vermeld. Als je daarnaar gaat kijken, dan blijkt Guarente, die hoogleraar aan het Massachusetts Institute of Technology (MIT) is, op te geven dat hij de stichter is van een bedrijf genaamd Elixir Pharmaceuticals. Uit verder zoekwerk via het internet blijkt hij ook nog directeur te zijn en is ene Dr. Kenyon medeoprichter. De firma heeft een exclusieve licentie onder andere op de patenten gebaseerd op Guarentes ontdekkingen op dit gebied aan het MIT, en dat zijn er, voor zover zichtbaar op het internet, een twintigtal. De firma heeft op het moment van dit schrijven circa 80 miljoen dollar aan durfkapitaal binnengehaald.

Wetenschappers worden tegenwoordig door overheid en universiteit gestimuleerd de verkregen wetenschappelijke kennis te commercialiseren door patenten en het oprichten van spin-offbedrijven. Dit concept past wonderwel bij de voortschrijdende bezuinigingen op overheidsuitgaven en wordt wijd en zijd toegejuicht. Maar ook deze medaille heeft zijn keerzijde. Het is niet meer dan menselijk dat iemand die persoonlijk financieel belang heeft in een bedrijf of een project, ertoe geneigd zal zijn de vooruitzichten gunstig voor te stellen. Nadat dit was aange-toond voor het farmaceutische onderzoek hebben de betere (farmaceutische) tijdschriften precies om die reden het vermelden van eventuele belangenverstrengeling verplicht gemaakt. Het zou goed zijn als dit ook verplicht zou worden voor andere commercieel belangrijke onderzoeksvelden zoals het (functionele) voedingsonderzoek.

Het moet duidelijk zijn dat er, althans voor wat mij betreft, niets tegen het concept van spin-offbedrijven zelf is. Maar niet alle spin-offs zijn hetzelfde, of beter gezegd, het is van belang op welke patenten ze zijn gebaseerd. Er zijn patenten met concrete vindingen, patenten die zeer speculatieve claims leggen, en alles ertussenin. Technische en biotechnologische uitvindingen en claims zijn vaak concreet. In de functionele voeding is dat vaak veel



minder het geval. Zeker in het geval van Guarente rust zijn bedrijf meer op de veronderstelde potentie en belofte dan op solide (wetenschappelijke) basis. Het vermoeden dringt zich bij mij op dat de publicaties van Guarente en Kenyon in sterke mate moeten bijdragen tot het in stand houden van de belofte waar de waarde van het bedrijf vanaf hangt. Dit is niet zozeer een probleem voor niet-wetenschappelijke publicaties, want als directeurs mogen ze gerust reclame maken voor hun bedrijf. Maar hoe zit het dan bij de wetenschappelijke publicaties? Die worden geacht eerst grondig te worden gecontroleerd en becommentarieerd door vakgenoten (het zogenaamde peer review), en uiteindelijk beslist de uitgever van het tijdschrift of een stuk wel of niet wordt gepubliceerd.

Wetenschappelijke publicaties worden geacht eerst grondig te worden gecontroleerd en becommentarieerd door vakgenoten



Zoals gezegd, wellicht kan je het de auteurs niet kwalijk nemen dat ze nogal selectief citeren. Men had echter mogen verwachten dat de reviewers geest zouden hebben dat er ook aandacht zou worden besteed aan tegenwerpingen zoals die van Phelan en Ross. Hebben de reviewers hier zitten slapen, of waarom is de uitgever aan hun eventuele bezwaren voorbijgegaan? Een factor die hier mogelijk een rol speelt, is de wetenschappelijke en commerciële concurrentie tussen de wetenschappelijke tijdschriften. De waardering van die tijdschriften hangt af van het aantal keren dat hun artikels worden geciteerd. Ze hebben er dus belang bij dat er goede, maar ook nieuwe, opvallende en spraakmakende artikels worden gepubliceerd. Dat kan af en toe ten koste gaan van de kwaliteit van het reviewproces, zoals volgens sommigen het geval is geweest bij de beruchte publicatie in *Nature* waarin auteur Benveniste 'bewees' dat homeopathie werkelijk werkt. Natuurlijk betreft het hier niet een dergelijk extreem geval, maar het toont wel aan dat ten minste af en toe andere belangen dan strikt wetenschappelijke een rol spelen bij publicatie.

Dit is uiteraard nog sterker het geval bij de gewone commerciële media. Spectaculaire wetenschappelijke ontdekkingen verkopen beter zonder nuancering. Men kan blijkbaar ook moeilijk van een

gewone journalist verwachten dat hij of zij in staat is of tijd heeft om dit soort zaken te controleren. Maar vele media zijn tegenwoordig in het bezit van een wetenschapsrubriek en wetenschapsjournalisten. Die laatsten zouden toch minimaal de capaciteiten moeten bezitten om het onderwerp even te googelen en de snel te vinden critici van calorische restrictie aan het woord te laten. Blijkbaar komen de meesten niet eens bij de internetencyclopedie Wikipedia, waarin naast veel aandacht voor de opinies van Kenyon, ook de belangrijkste bezwaren keurig zijn opgelijst.

Kan dit alles kwaad? In dit specifieke geval zouden journalisten minimaal moeten vermelden dat het volgen van een CR-dieet niet van risico's is ontdooit. Het is bij een beperkt dieet moeilijk om voldoende vitamines en mineralen binnen te krijgen, en bovendien heeft het lichaam op een CR-dieet niet veel reserves, wat gevaarlijk kan zijn bij ziekte. Meer algemeen en daarom wellicht belangrijker is het mijns inziens kwalijk om telkens weer kritiekloos te publiceren over wonderbaarlijke vindingen die soms zeer spoedig daarna weer in de vergetelheid raken of moeten worden ingetrokken. Dit draagt niet bij tot het vertrouwen in de wetenschap en wetenschappers. Door de belangenverstrengeling is het niet altijd duidelijk of zij (wetenschap-

pers en journalisten) spreken vanuit de wetenschap of vanuit koopmanschap. Dit sluit niet uit dat de meerderheid van de spin-offs gewoon bonafide zijn. In dit geval van verkoop van wonderpillen komt de kwakzalverij echter weer akelig dicht bij de wetenschap of omgekeerd. De alchemist lijkt terug van weggeweest. En van alchemie mag niets worden verwacht, nu net zo min als vroeger. Er is daarom vooralsnog geen reden voor paniek bij de minister van Financiën, maar wel goede reden voor oplettendheid bij zijn collega van Volksgezondheid.

Mogelijke belangenverstrengeling: de auteur is (co-)auteur van enkele patenten op het gebied van voeding, waar hij geen financieel belang in heeft. Die patenten zijn voortgekomen uit onderzoek dat gefinancierd werd door de overheid en de voedingsindustrie.

Naschrift: Dr. Guarente heeft inmiddels de firma verlaten en heeft een andere firma opgericht. ●

N.A. Bishop en L. Guarente, 'Genetic links between diet and lifespan: shared mechanisms from yeast to humans,' in: *Nature Reviews Genetics*, 2007, 8, 835-844.

STERK WATER



LICHT GESCHUD

Een hersenschudding in je jeugd kan toch meer sporen nalaten dan men tot nu toe dacht. Dit suggereert nieuw onderzoek, geleid door Dr. Louis de Beaumont. Zijn kleinschalige studie betrof een veertigtal vroegere atleten, nu tussen de vijftig en zestig jaar oud. Negentien van hen hadden ooit een of meerdere hersenschuddingen gehad. Ze deden een aantal proeven die zowel het kortetermijngeheugen, de geschiktheid om eenvoudige mondelinge en geschreven bevelen op te volgen als de controle over de motoriek testten. Die atleten die ooit een hersenschudding hadden, vertoonden subtiele mentale en fysieke verschillen. Sportletsels op jonge leeftijd kunnen dus nog doorwegen dertig jaar later. De kleine verschillen hebben echter geen enkele invloed op het dagelijkse leven en leiden ook niet tot serieuze aandoeningen als Alzheimer of Parkinson. Toch zou het nuttig zijn als sportmensen meer worden geïnformeerd over de cumulatieve en blijvende effecten van een hoofdletsel, als een risico verbonden met het vak. Mensen met een lichte hersenschudding worden vaak snel naar huis gestuurd zonder voldoende informatie te krijgen over mogelijke langetermijneffecten van het letsel.

Bron: BBC News, 28 januari 2009

FEEL THE BEAT

Vaak zie je kinderen, zelfs als ze jonger zijn dan een jaar, in hun handen klappen, wippen of meewiegen op het ritme van muziek. Men wist echter niet of baby's dit gevoel voor ritme aanleren in een vroeg stadium

of dat ze ermee geboren zijn. Om dit uit te vissen heeft een team, geleid door Istvan Winkler van het Instituut voor Psychologie in Boedapest en Henkjan Honing van de Universiteit van Amsterdam aan de hand van een EEG onderzocht hoe de waarneming van ritme bij pasgeborenen verloopt. Een electro-encefalogram kan de respons van de hersenen op klanken meten, zelfs wanneer de baby slaapt. Het team liet een drumritme horen aan veertien slapende baby's van twee tot drie dagen oud. Af en toe viel er in een sequentie een noot weg, zonder dat daarbij het ritme werd verstoord. Soms echter ontbraken er noten die het ritme wel deden haperen. Als een missende noot het ritme brak, hadden de baby's een reactie in de hersenen die erop wees dat hun zintuiglijke verwachting werd verstoord. Dit betekent dat ze van bij hun geboorte al gevoel voor ritme hebben en weten wanneer ze de volgende beat kunnen verwachten. De onderzoekers willen nu verder nagaan of een zwakke ritmewaarneming bij pasgeborenen verband houdt met latere problemen in taal- en communicatievaardigheden.

Bron: New Scientist, 26 januari 2009

JUDASGEIT

De Galapagoseilanden zijn een broedkas van biodiversiteit, maar ook erg kwetsbaar voor invasieve soorten. Wil men de oorspronkelijke fauna en flora bewaren, dan moet men soms drastische maatregelen nemen. Dat bewezen Filipe Cruz van de Galapagos National Park Service in Ecuador en een team van conservatoren.



Nadat ze eerst de eilanden hadden gezuiverd van varkens, zijn ze er nu in geslaagd het eiland Santiago geitenvrij te maken. In een kleine 52 maanden hebben ze zowat 80.000 geiten op het eiland uitgeroeid. In de jaren 1920 tot 1940 werden geiten voor het eerst geïntroduceerd op het eiland. Die graasden de weiden ongenadig af, brachten zo de overleving van zeldzame planten en bomen in het gedrang, veroorzaakten erosie en concurreerden met oorspronkelijke bewoners, zoals de reuzenschildpadden. Er werd een grootscheepse actie op touw gezet om de geiten te vangen, waaraan ook de plaatselijke bevolking hielp. Het was makkelijk om negentig procent van de geiten te vangen, maar om de laatste tien procent op te sporen, werden grote (grove) middelen ingezet. Zo werd een soort 'judasgeiten' losgelaten: uitgerust met een zendertje moesten die de jagers bij de laatste geiten brengen. Ook 'Mata Hari-geiten' werden ingezet: gesteriliseerde vrouwelijke judasgeiten die de anders voorzichtige bokjes in de val konden lokken. Met de verdwijning van de geiten kon het plantenleven op Santiago zich herstellen. Ook de braambes groeit er opnieuw, maar omdat dit een invasieve plant is wordt die systematisch gewied.

Bron: Nature, 27 januari 2009

DE GENEN VAN EEN MUURBLOEMPJE

Het muurbloempje dat openbloeit tot een succesvol sociaal iemand – dit verhaal hoort wellicht meer thuis in een telenovelle dan in de realiteit. Toch als



we James Fowler, een politicoloog van de University of California, San Diego, mogen geloven. Zijn onderzoek suggereert immers dat onze genen bepalen of we ons sociaal dan wel teruggetrokken opstellen. Fowler verrichtte eerder al onderzoek naar verbanden tussen nicotineverslaving, obesitas en sociale netwerken. Nu analyseerden hij en zijn team 1110 adolescente tweelingen uit 142 scholen. De sociale netwerken van eenenige tweelingen, die dezelfde genen delen, lijken meer op elkaar dan die van twee-eiige tweelingen, wiens genen meer verschillen. Op basis van die studie stelt hij dat ongeveer de helft van ons sociale netwerk geschreven is in ons DNA. Onze genen zijn dus verantwoordelijk voor het aantal vrienden dat we hebben en of we een ruime sociale cirkel verkiezen boven enkele hechte relaties. Dat sociaal gedrag een genetische component heeft, is een interessante stelling. Maar de resultaten tonen nog niet aan of en hoe een sociaal systeem evolueert met de tijd. Fowler plant daarom een follow-upstudie van de geanalyseerde populatie en een uitbreiding van de analyse naar sociale netwerksites zoals Facebook. En ook al wordt de helft van ons sociale netwerk genetisch bepaald, dan is er nog steeds de andere helft waarin ervaring een centrale rol speelt.

Bron: National Geographic News, 26 januari 2009

Met medewerking van Erik Derycke

Het verschil tussen 'weten' en 'weten wat je moet doen' is 'wat je moet doen'. Kom eens langs. Want praten werkt.

