

# Tafelwetenschappers

Avond van Wetenschap & Maatschappij

2015

**GELOOF IN WETENSCHAP**

25 grote vragen over onze toekomst



KONINKLIJKE NEDERLANDSE  
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN



Rabobank



# McKinsey&Company



Ministerie van Economische Zaken



Ministerie van Onderwijs, Cultuur en  
Wetenschap



Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek



Unilever

**Tafelwetenschappers**  
**Avond van Wetenschap & Maatschappij 2015**

**GELOOF IN WETENSCHAP**  
**25 grote vragen over onze toekomst**

Colofon

Foto's tafelwetenschappers: uit eigen bezit, tenzij anders aangegeven

Productie: Verstegen & Stigter culturele projecten

Vormgeving: SOK Visueel Management

Druk: Drukkerij Kedde b.v.

## DE AVOND VAN WETENSCHAP & MAATSCHAPPIJ 2015

De Avond van Wetenschap & Maatschappij is in het leven geroepen met als doel het maatschappelijk belang van wetenschap te onderstrepen door te laten zien waar en op welke manieren wetenschap en technologie toepassingen vinden in het leven van alledag.

Initiatieven als Oktober Kennismaand, kennisfestivals, de site wetenschap24.nl en de succesvolle optredens van wetenschappers als Robbert Dijkgraaf in De Wereld Draait Door dragen in belangrijke mate bij aan de popularisering van wetenschap. Mede daardoor raken steeds meer mensen ervan doordrongen dat wij allemaal iedere dag wel op een of andere manier te maken hebben met facetten van wetenschap. Op de jaarlijkse Avond van Wetenschap & Maatschappij laten we zien hoe technologische en wetenschappelijke toepassingen ons dagelijks leven beïnvloeden en hoezeer wetenschap en maatschappij met elkaar vervlochten zijn.

De Stichting De Avond van Wetenschap & Maatschappij nodigt sinds 2000 jaarlijks 280 prominenten uit de kringen van wetenschap, bedrijfsleven, politiek, cultuur, media en sport uit voor een feestelijk diner in de Ridderzaal. De Avond heeft ieder jaar een ander overkoepelend thema, dat in het programma op twee verschillende manieren belicht wordt: een gerenommeerde spreker houdt de Erelezing en 25 wetenschappers uit verschillende disciplines presenteren tijdens het diner prikkelende stellingen over het overkoepelende thema van de Avond, beschouwd vanuit hun specifieke vakgebieden. Naar aanleiding van deze (vraag) stellingen gaan de genodigden aan tafel met elkaar in gesprek. De dialogen die op deze manier ontstaan tussen topwetenschappers en prominenten uit andere sectoren van de maatschappij bieden over en weer inspiratie, brengen overeenkomsten en verschillen in het werken op topniveau aan het licht en verdiepen het inzicht dat wetenschappelijke en technologische innovaties structureel bijdragen aan een beter functionerende samenleving.

Het thema van de zestiende Avond van Wetenschap & Maatschappij is *Geloof in wetenschap – 25 grote vragen over onze toekomst*. De minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, Jet Bussemaker, opent de avond met een korte voordracht. De Erelezing wordt dit jaar gehouden door Aziëkenner en essayist Ian Buruma. Het programma wordt afgesloten met de uitreiking van de Huibregtsprijs. Met deze prijs wordt wetenschappelijk onderzoek bekroond dat vernieuwend is en dat overtuigend zicht biedt op een maatschappelijke toepassing. De wetenschapper die aan het hoofd staat van de onderzoeksgroep van het bekroonde project ontvangt de prijs uit handen van de minister.

Programma  
Avond van Wetenschap & Maatschappij 2015

## **GELOOF IN WETENSCHAP** **25 grote vragen over onze toekomst**

Maandag 5 oktober 2015  
Ridderzaal, Den Haag

17.30 – 18.30	ontvangst
18.30 – 18.40	welkomstwoord door <b>Alexander Rinnooy Kan</b> , voorzitter Stichting De Avond van Wetenschap & Maatschappij
18.40 – 19.05	voorgerecht
19.05 – 19.15	speech door <b>Jet Bussemaker</b> , minister van OCW
19.15 – 20.00	<b>tafeldiscussie 1</b> (tijdens tussengerecht)
20.00 – 20.30	Erelezing door <b>Ian Buruma</b>
20.30 – 20.45	<i>tafelwetenschappers wisselen van tafel</i>
20.45 – 21.30	<b>tafeldiscussie 2</b> (tijdens hoofdgerecht)
21.30 – 22.00	uitreiking Huibregtsenprijs 2015
22.00 – 22.05	afsluiting door <b>Alexander Rinnooy Kan</b>
22.05 – 23.00	dessertbuffet en koffie

## Over de spreker die de Erelezing houdt

Ian Buruma (1952) is journalist en schrijver. Hij studeerde Chinese geschiedenis en literatuur in Leiden en daarna Japanse film in Tokio. In de jaren '70 hield hij zich bezig met fotografie en documentaire-maken. Zijn journalistieke carrière begon in de tachtiger jaren. Hij schreef toen hoofdzakelijk vanuit Azië. Tegenwoordig schrijft Buruma over een breed scala aan politieke en culturele onderwerpen, onder andere in *The New York Review of Books*, *The New Yorker*, *The New York Times* en *NRC Handelsblad*. Ian Buruma woont en werkt in New York, alwaar hij de Paul R. Williams leerstoel bekleedt aan Bard College, als hoogleraar 'Democratie, Mensenrechten en Journalistiek'.

### Selectie prijzen en onderscheidingen:

- in 2008 kreeg Buruma zowel de Erasmus Prijs voor zijn uitzonderlijke wetenschappelijke en maatschappelijk bijdragen aan cultuur en sociale wetenschappen in Europa, als de Shorenstein Journalism Award voor zijn journalistieke werk.
- in 2010 stond hij in de Top 100 van 'Public Intellectuals' van de tijdschriften *Foreign Policy* en *Prospects*.
- in 2012 kreeg Buruma de Abraham Kuyper Prize van het Princeton Theological Seminary
- in 2015 won hij voor zijn bundel *Theater of Cruelty* de PEN/Diamondstein-Spielvogel prijs voor essayistiek.

### Een selectie uit Buruma's boekpublicaties:

- 2010 *Grenzen aan de vrijheid*
- 2010 *Taming the Gods: Religion and Democracy on Three Continents*
- 2008 *The China Lover*
- 2006 *Murder in Amsterdam: The Death of Theo van Gogh and the Limits of Tolerance*
- 2004 *Occidentalism: The West in the Eyes of its Enemies*
- 2003 *Inventing Japan: 1853-1964*

## Over zijn voordracht op de Avond van Wetenschap & Maatschappij 2015 zegt Buruma:

“Mijn speech zal gaan over wetenschap als een substituut voor religie. Er zijn sinds de 19de eeuw heel wat mensen geweest die geloofden in wetenschap als een soort verlossingsleer. De dogmatische toepassing van Marxisme op de geschiedenis bijvoorbeeld is een voorbeeld van een quasi-wetenschap die moet leiden tot het paradijs op aarde.”

**Bestuur Stichting De Avond van Wetenschap & Maatschappij 2015**

Prof. dr. A.H.G. Rinnooy Kan, voorzitter	<i>universiteitshoogleraar Universiteit van Amsterdam, lid Eerste Kamer der Staten-Generaal</i>
Drs. D.A. Benschop, penningmeester	<i>president-directeur Shell Nederland BV</i>
Drs. H. de Boer	<i>voorzitter VNO-NCW</i>
Dr. ir. M.A.M. Boersma	<i>voorzitter Raad van Commissarissen TMG</i>
Prof. dr. D. van Delft	<i>directeur Museum Boerhaave</i>
Prof. dr. J.F.T.M. van Dijk	<i>president KNAW</i>
Ir. W. Draijer	<i>voorzitter Raad van Bestuur Rabobank</i>
Prof. dr. P.A. Dykstra	<i>hoogleraar Empirische Sociologie Erasmus Universiteit Rotterdam; vicepresident KNAW</i>
Dr. C.M. Hooymans	<i>bestuurder</i>
Mr. drs. A. Nicolai	<i>directeur DSM</i>
Drs. P.M. Noordervliet	<i>schrijver</i>
Drs. M.W.P.H. van Oranje-Nassau, van Vollenhoven	<i>managing partner The Source</i>
Ir. P.W.F. Rutten	<i>partner McKinsey &amp; Company</i>
Drs. J.H. Scholten	<i>directeur VSNU</i>
Drs. M.L.L.E. Veldhuijzen van Zanten	<i>ondervoorzitter KHMW</i>
Drs. A.H.W. van der Want	<i>adviseur Unlimited; Directeur Groen van Prinstererlyceum</i>
Extern bestuursadviseur: M. Buchel	<i>directeur NEMO</i>
Erevoorzitter: Ir. F.W. Huibregtsen	<i>voorzitter De Publieke Zaak</i>

**Comité van Aanbeveling**

J.J.I. Daalmeijer	<i>voorzitter Raad voor Cultuur</i>
Prof. dr. R.H. Dijkgraaf	<i>directeur Institute for Advanced Study, Princeton</i>
Dr. K.L.L.M. Dittrich	<i>voorzitter VSNU</i>
Prof. dr. P.J.D. Drenth	<i>erepresident All European Academies</i>
Prof. dr. J.J. Engelen	<i>voorzitter NWO</i>
Prof. dr. ir. L.O. Fresco	<i>voorzitter Raad van Bestuur Wageningen UR</i>
Mr. G.J. de Graaf	<i>voormalig-lid Eerste Kamer der Staten-Generaal</i>
Drs. L.M.L.H.A. Hermans	<i>voorzitter VVD-fractie Eerste Kamer der Staten Generaal</i>
Prof. dr. G. 't Hooft	<i>universiteitshoogleraar Universiteit Utrecht; winnaar Nobelprijs 1999</i>
Drs. F.A. van Houten	<i>voorzitter Raad van Bestuur Philips</i>
Prof. dr. K.H.W. Knot	<i>president Nederlandsche Bank</i>
Dr. A. Kuipers	<i>ruimtevaarder en bijzonder hoogleraar Ruimtevaart en Geneeskunde VU Amsterdam</i>
Prof. dr. F.P. van Oostrom	<i>universiteitshoogleraar Universiteit Utrecht</i>
Drs. ir. J. van der Veer	<i>voorzitter Raad van Commissarissen ING</i>
Prof. dr. M.J.G. Veltman	<i>theoretisch fysisicus; winnaar Nobelprijs 1999</i>
G.A. Verbeet	<i>voorzitter Raad van Commissarissen Novamedia</i>
Dr. G.J. Wijers	<i>voorzitter Natuurmonumenten</i>
Prof. dr. H.H.F. Wijffels	<i>hoogleraar Duurzaamheid en Maatschappelijke Verandering Universiteit Utrecht</i>
Ir. R. Willems	<i>voorzitter Stichting Toekomstbeeld der Techniek</i>

**De Tafelwetenschappers en hun sidekicks**

Clemens van Blitterswijk en Pamela Habibovic, 14

Carlijn Bouten en Sandra Loerakker, 16

Alexander Brinkman en Denise Leusink, 18

Cees Buisman en Paula González, 20

Tine De Moor en Anita Boele, 22

Cornelia van Duijn en Henriët Springelkamp, 24

Naomi Ellemers en Félice van Nunspeet, 26

Vanessa Evers en Khiet Truong, 28

Valerie Frissen en Esther Keymolen, 30

Hilde Geurts en Marieke de Vries, 32

Amina Helmi en Tjitske Starkenburg, 34

Corinne Hofman en Jimmy Mans, 36

Bart Jacobs en Bas Westerbaan, 38

Mike Jetten en Muriel van Teeseling, 40

Johan van Leeuwen en Jorn van der Pol, 42

Rianne Letschert en Pauline Aarten, 44

Patricia Osseweijer en Lotte Asveld, 46

Maarten Prak en Selin Dilli, 48

Jacco van Rheenen en Anoeek Zomer, 50

Ingrid Robeyns en Dascha Düring, 52

Stefano Stramigioli en Geert Folkertsma, 54

Lieven Vandersypen en Toivo Hensgens, 56

Rens Vliegthart en Sanne Kruikemeier, 58

Cisca Wijmenga en Lude Franke, 60

Gijs Wuite en Ineke Brouwer, 62



Clemens van Blitterswijk en Pamela Habibovic

## Nieuwe technieken voor organen aan de lopende band



Tot Henry Ford in 1908 begon met de productie van de Ford Model T, was een auto slechts een droom voor de massa en een begerenswaardig statussymbool voor de *happy few*. Na de introductie van de lopende band en de standaardisatie in productie door Ford (elke kleur als het maar zwart is) werd de auto een betaalbaar object dat nu ook bereikbaar werd voor Jan Modaal.

De steeds snellere vooruitgang in de regeneratieve geneeskunde roept de vraag op of in dit gebied hetzelfde staat te gebeuren als met de auto een eeuw geleden. Door het samenvloeien van

diverse vakgebieden (bijvoorbeeld nanotechnologie, moleculaire celbiologie, bio-informatica) lijken de mogelijkheden om beschadigde weefsels en organen te herstellen in de toekomst eindeloos, maar tegen welke prijs? De exclusiviteit van de gebruikte technieken, de kleinschaligheid en de variatie tussen patiënten creëren een potentieel doemscenario: we kunnen straks misschien alles herstellen maar het is alleen betaalbaar voor de *happy few* en onbetaalbaar voor Henk en Ingrid. De oplossing voor deze tweedeling in onze maatschappij ligt in goedkope lopendebandproductie voor wat nu nog met zeer

ingewikkelde technieken gemaakt wordt.

In dit tafelgesprek zullen wij in enkele voorbeelden laten zien hoe nieuwe technieken misschien de basis kunnen vormen voor grootschalige goedkope productie van heel complexe weefsels en organen. Nu al maken wij in ons lab schier oneindige hoeveelheden goedkope, levende en levenloze bouwstenen van complexe weefsels, die we als op een lopende band geautomatiseerd bijvoegen tot straks misschien een orgaan. Op weg naar de T-nier of de A-lever? ●

GROTE VRAGEN  
OP WEG NAAR DE T-FORD  
VOOR DE REGENERATIEVE GENEESKUNDE?

Carlijn Bouten en Sandra Loerakker

## Het lichaam verleiden tot zelfherstel



**Clemens van Blitterswijk**, universiteitshoogleraar aan de Universiteit Maastricht, is directeur van MERLN Instituut en hoofd van de afdeling Complex Tissue Regeneration. Zijn onderzoek richt zich op weefsel- en orgaanregeneratie.



**Pamela Habibovic**, hoogleraar anorganische biomaterialen, is voorzitter van de afdeling Instructive Biomaterials Engineering binnen MERLN Instituut aan de Universiteit Maastricht. Zij ontwikkelt synthetische biomaterialen voor regeneratieve geneeskunde.

**G**ebrek aan donorweefsel, tekortkomingen van artificieele prothesen en beperkingen van de hedendaagse geneeskunde om weefsels of organen in het menselijk lichaam te herstellen of vervangen hebben geleid tot een nieuwe discipline: de Regeneratieve Geneeskunde. Deze discipline combineert technologische innovaties met kennis uit de *life sciences* om beschadigde, zieke of afwezige weefsels in het menselijk lichaam te ‘regenereren’ of vervangen met een levend equivalent. Daarbij richt het zich *niet* op reductie van symptomen, maar expliciet op volledig herstel van lichaamsfuncties zonder gebruik

van medicijnen of extra behandelingen.

Bekende voorbeelden zijn de toepassing van stamcellen in het lichaam, of het kweken van levend weefsel buiten het lichaam via het principe van *tissue engineering*. Bij *tissue engineering* worden cellen van de patiënt geplaatst op een afbreekbaar biomateriaal. Dit geheel wordt gedurende enige tijd in het laboratorium gekweekt, waarna het levende weefsel geïmplanteerd kan worden in de patiënt. Sporadisch zijn via deze technologie in het afgelopen decennium in klinische studies lichaamsonderdelen vervangen.

Grootschalige klinische toepassing wordt echter belemmerd door complexe regelgeving, ethische dilemma’s en hoge productiekosten.

Sinds kort wordt er daarom onderzoek gedaan naar *in situ tissue engineering*. Bij deze technologie worden de weefsels niet meer buiten het lichaam gekweekt, maar wordt het biologisch afbreekbare dragermateriaal direct geïmplanteerd in de patiënt. Het doel is dat dit dragermateriaal binnen het lichaam transformeert in lichaamseigen weefsel door het aantrekken van cellen en het stimuleren van weefselvorming. In plaats van de complexe technologie in het laboratorium wordt dus de regeneratieve capaciteit van het lichaam zelf

aangewend om nieuwe weefsels te laten groeien.

Om de complexe transformatie van ‘dood’, afbreekbaar biomateriaal naar levend, lichaamseigen weefsel te kunnen sturen is fundamenteel begrip van dit proces cruciaal. Dit proces is van vele factoren afhankelijk. Zo speelt het immuunsysteem een grote rol, omdat het reageert op het geïmplanteerde materiaal. Daarnaast worden het gedrag van cellen en de vorming en adaptatie van weefselcomponenten sterk gestuurd door biochemische en mechanische factoren.

Tot nu toe heeft het onderzoek zich vooral gericht op het regeneratieproces

op de korte termijn met de vraag: kunnen we in het lichaam weefsels laten regenereren die qua structuur en mechanische eigenschappen gelijkwaardig zijn aan het oorspronkelijke weefsel? Een van de belangrijkste uitdagingen waar het onderzoek in de toekomst voor komt te staan is het begrijpen en sturen van de groei en remodelering van deze weefsels op de lange termijn. Dit is met name belangrijk voor toepassingen in jonge patiënten bij wie het nieuwe weefsel moet kunnen meegroeien gedurende het leven. Of en hoe nieuw weefsel daadwerkelijk kan groeien hangt af van de wisselwerking tussen het afbreekbare biomateriaal en de

eerder genoemde immunologische, biochemische en mechanische factoren. Kennis van deze wisselwerking zal leiden tot een optimaal ontwerp van de benodigde biomaterialen. Als de *in situ tissue engineering* succesvol blijkt zal dit een eenvoudige, duurzame en relatief goedkope oplossing kunnen bieden voor het vervangen van lichaamsonderdelen, zoals bloedvaten of hartkleppen. ●

## GROTE VRAGEN HOE KUNNEN WE LEVENDE PROTHESEN LATEN GROEIEN IN HET LICHAAM ZELF?



**Carlijn Bouten** is hoogleraar cardiovasculaire regeneratie aan de Technische Universiteit Eindhoven. Haar onderzoek concentreert zich op de ontwikkeling van technologie voor vervanging of herstel van bloedvaten, hartkleppen en de hartspier met levend weefsel.



**Sandra Loerakker** is universitair docent modellering in mechanobiologie aan de Technische Universiteit Eindhoven. Haar onderzoek richt zich op de interactie tussen mechanische factoren en de groei en remodellering van cardiovasculair weefsel.

Alexander Brinkman en Denise Leusink

## Nabootsen met nanotechnologie

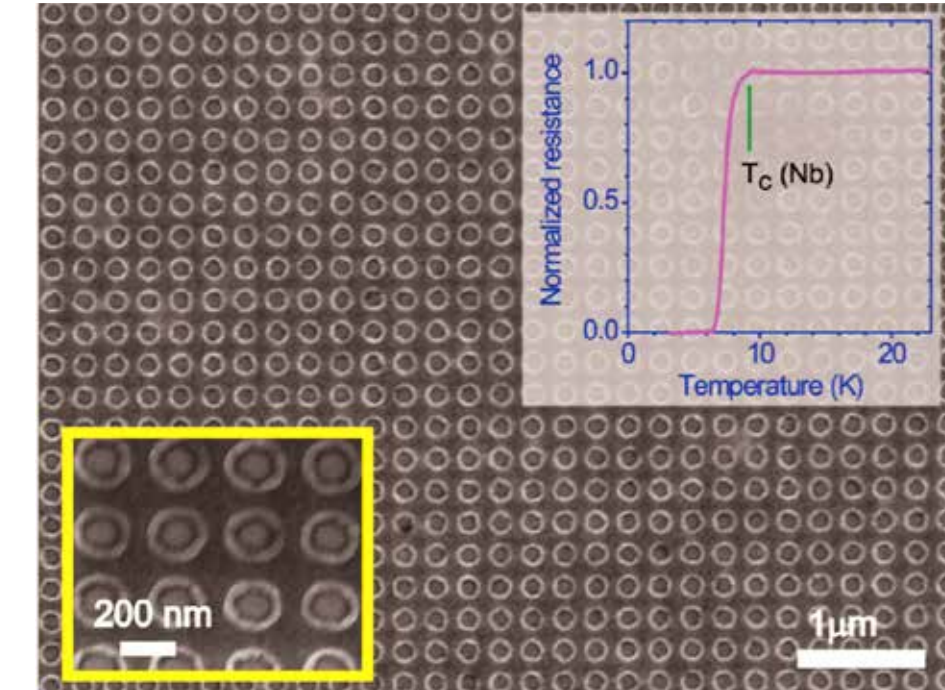
**W**anneer elektriciteit wordt getransporteerd, ontstaat warmte en dus verlies van energie. Een voorbeeld van deze elektrische weerstand is het warm worden van een gloeidraad. Ruim een eeuw geleden ontdekte de Nederlander Heike Kamerlingh Onnes dat sommige materialen geen weerstand hebben, als ze maar ver genoeg worden afgekoeld. Dit verschijnsel is *supergeleiding* gaan heten en is nog steeds een belangrijk onderzoeksterrein binnen de natuurkunde. Technologisch wordt supergeleiding al volop toegepast als basis van bijvoorbeeld MRI-scanners, maar er zijn nog grote fundamentele vragen.

De grootste vraag is of het altijd nodig zal zijn om supergeleiders af te koelen. Het afkoelen kost namelijk ook energie en staat praktische toepassingen in de weg. Zal het mogelijk zijn om in de toekomst een materiaal te maken dat supergeleidend is op kamertemperatuur? Dan zouden we voorkomen dat energie verloren gaat in hoogspanningsleidingen en zouden we onze elektronische apparatuur veel energiezuiniger en sneller kunnen maken.

Maar om te kunnen bedenken hoe een kamertemperatuursupergeleider eruit zou moeten zien, zullen natuurkundigen eerst moeten

snappen hoe supergeleiding eigenlijk werkt. En dit blijkt, honderd jaar en ettelijke Nobelprijzen na dato, nog steeds een grote uitdaging. Sinds 1986 bestaan er zelfs supergeleiders van keramische materialen die ‘nog maar’ tot 100 graden Celsius onder nul hoeven worden afgekoeld. Maar de manier waarop elektronen zonder hinder door deze materialen kunnen bewegen is nog steeds een groot mysterie.

Ondanks het feit dat materialen tegenwoordig atoom voor atoom kunnen worden gebouwd, is het moeilijk om de rol van elk verschillend atoom in een supergeleider te ontrafelen. In Twente zijn we daarom begonnen om



supergeleidende materialen artificieel na te bouwen met behulp van nanotechnologie. Een matrix van kleine nano-eilandjes (zie figuur) blijkt veel van de kwantummechanische effecten van de elektronen in een supergeleiding na te kunnen bootsen. Door nu te spelen met de grootte, de interacties en de geometrie van de eilanden hopen wetenschappers meer te weten te komen over hogetemperatuursupergeleiding. ●

## GROTE VRAGEN SUPERGELEIDING OP KAMERTEMPERATUUR?

### STELLING

Een wetenschappelijke doorbraak laat zich niet sturen en komt vaak voort uit door nieuwsgierigheid gedreven onderzoek aan hele andere onderwerpen.



**Alexander Brinkman** is hoogleraar kwantumtransport in materie in het MESA+ Instituut voor Nanotechnologie, Universiteit Twente en lid van De Jonge Akademie (KNAW). Met atomaire precisie maakt hij materialen en onderzoekt hierin de bijzondere kwantummechanische effecten van elektronen.

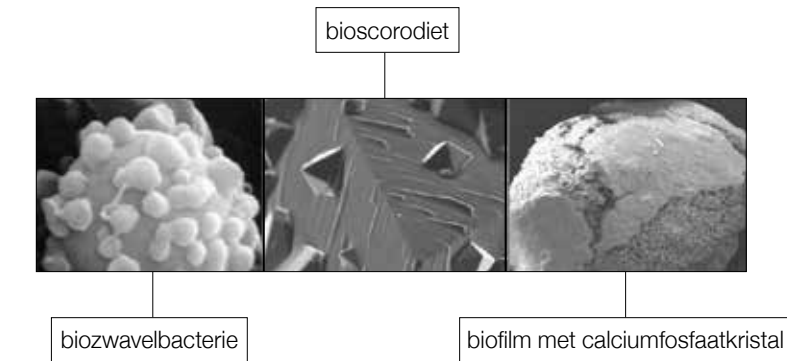


**Denise Leusink** is promovenda aan de Universiteit Twente. Zij onderzoekt magnetische effecten in nieuwe materialen zoals spin-ijs en topologische isolatoren. Daarnaast organiseert zij lezingen voor ScienceCafé Enschede.

## Cees Buisman en Paula González Veilig hergebruik en multidisciplinaire samenwerking

Het beslag dat 7 (in de toekomst: 10) miljard mensen op de resources van de aarde (gaan) leggen is gigantisch. Het is bijna niet voor te stellen op basis van de huidige gang van zaken en stand van de techniek dat er een duurzame toekomst mogelijk is. Het is onze visie dat we voor de water-, voedsel- en energievoorziening heel dicht bij natuurlijke processen moeten aansluiten willen we een leefbare aarde overhouden. De impact van de huidige onduurzame water-, voedsel- en energievoorziening laat zich reeds overal merken. Vervuiling en uitputting van onze resources zullen een steeds grotere impact hebben. Er wordt verwacht

dat in 2030 al 5 miljard mensen te maken hebben met waterstress. Er zijn vele voorbeelden van natuurlijke technologieën, zoals biologische kristallisatie. We gebruiken micro-organismen om kristallen te vormen die anders niet gevormd hadden kunnen worden, of juist een veel betere kwaliteit krijgen dan als ze niet biologisch gevormd waren. Essentieel is dat grondstoffen die nu in lage concentraties weglekken in het milieu, op deze manier veilig hergebruikt kunnen worden. Er zijn in onze groep al verschillende voorbeelden. Zo kunnen we het giftige  $H_2S$  in biogas of aardgas omzetten in biozwavel die geschikt



is als kunstmest of natuurlijk fungicide in de landbouw. Het giftige arsenaat dat vrijkomt bij alle processen die materialen uit de aardbodem halen, zoals aardolie, grondwater en metalen, wordt nu onveilig opgeslagen in ferrihydraat of – nog gevaarlijker – in arseentrioxide. Van dit laatste is er al meer dan 1 miljoen ton. Het is ons gelukt dit arseen te kristalliseren in scorodiet. Dit bioscorodiet kan niet meer uitloggen. Hiermee kan arseen veilig opgeborgen worden, want alle toepassingen van arseen zijn verboden. Fosfaat is een essentiële grondstof voor de landbouw (mest) en de voorraden van fosfaat nemen af in kwaliteit en kwantiteit. Het is nu gelukt bij zeer lage concentraties fosfaat uit rioolwater

te halen met anaerobe bacteriën die ook methaan produceren. Dit aldus gevormde biologische calciumfosfaat is schoner dan het fosfaat dat uit mijnen gewonnen wordt, waardoor de zware-metalenbelasting van de mensheid via de landbouw afneemt. De komende 20 jaar zal de wereld veel duurzamer worden dankzij de introductie van natuurlijker technologie als we blijven investeren in multidisciplinaire samenwerking. ●



## GROTE VRAGEN KAN TECHNOLOGIE NATUURLIJKER WORDEN EN DAARDOOR DUURZAMER?

### VRAAGSTELLING

Hoe kunnen we lekstromen van metalen en mineralen naar het milieu ombuigen in hergebruik?



**Cees Buisman** combineert zijn baan als wetenschappelijk directeur van Wetsus met een hoogleraarpositie bij Wageningen Universiteit.



**Paula González** werkt bij Paques BV in Balk als technoloog-specialist in terugwinning van metalen uit afvalstromen uit mijnen. In 2012 is zij met haar thesis Arsenic Removal by Scorodite Biocrystallization gepromoveerd bij Wageningen UR.

Tine De Moor en Anita Boele

## Kennis uit het verleden voor nieuwe samenleving in aanbouw

**V**olgens sommige wetenschappers, politici en opiniemakers maakt Nederland op dit moment een institutionele revolutie door. Een nieuwe samenleving is in aanbouw waar, in plaats van te vertrouwen op de staat of de markt, mensen zich gaan organiseren in burgercollectieven. Samen met andere burgers ontwikkelen ze in toenemende mate initiatieven om bijvoorbeeld hun leefomgeving te verbeteren, goedkoop energie in te kopen of zorgvoorzieningen in het dorp of de wijk te creëren, in stand te houden of te verbeteren. Dergelijke vormen van samenwerking tussen ‘gewone’ burgers van onderop nemen explosief toe en vooral in de ouderenzorg slaat dit

idee aan. Op dit moment staat de teller op 130 zorgcollectieven, verspreid door het hele land, waarbij senioren in collectieven samenwerken en allerlei vormen van zorg organiseren.

Zeker met het oog op de nog toenemende vergrijzing worden dergelijke initiatieven in de ouderenzorg toegejuicht en gestimuleerd. En ook in andere sectoren biedt dit alternatieve *governance*-model vele mogelijkheden. Tegelijkertijd zijn er nog veel vragen. Kunnen burgers er wel voor zorgen dat een organisatie lange tijd overeind blijft, lang genoeg om ook voor de ouderen van de toekomst te zorgen? En wat is

daar dan voor nodig? Welke eigenschappen moet zo’n organisatie dan hebben? Wat zijn de voor- en nadelen voor een samenleving om de zorg en vele andere diensten en goederen op deze manier te organiseren?

Samenwerking en zelfbestuur van onderaf is echter niet nieuw. Eeuwenlang al organiseren mensen zich in collectieven, maar in sommige periodes meer dan in andere. Vaak bleven dergelijke burgercollectieven – denk aan de markegenootschappen op het Nederlandse platteland, de gilden in de steden en later ook allerlei coöperaties die in de 19<sup>de</sup> eeuw ontstonden – eeuwenlang overeind. Wat waren de factoren die dat mogelijk maakten? En hoe kunnen we die kennis over

langdurige samenwerkingsverbanden tussen burgers uit het verleden benutten voor heden en toekomst? ●

## GROTE VRAGEN IS DE PARTICIPATIESAMENLEVING DE WEG VOORUIT?



**Tine De Moor** is hoogleraar instituties voor collectieve actie in historisch perspectief aan de Universiteit Utrecht en lid van De Jonge Akademie (KNAW). Zij onderzoekt het ontstaan en functioneren van allerlei vormen van geïnstitutionaliseerde samenwerking in verleden en heden.



**Anita Boele** is postdoc bij de onderzoeksgroep Economische en sociale geschiedenis aan de Universiteit Utrecht. Zij doet onderzoek naar institutionele ontwikkelingen in de ouderenzorg in verleden en heden.

## Cornelia van Duijn en Henriët Springelkamp Opmerkelijke overlap in genen bij dementie en glaucoom

**H**et genetisch onderzoek van de afgelopen 10 jaar laat zien dat dementie en aanverwante aandoeningen in het merendeel van de patiënten ontstaan als gevolg van een groot aantal veranderingen in het DNA. Deze veranderingen zijn vaak onschuldige genetische variaties in het erfelijk materiaal. Echter, in gezamenlijkheid zijn de variaties in staat enorme schade aan te richten in het brein. Dit is te vergelijken met de impact die een zwerm sprinkhanen kan hebben: een individueel dier vormt totaal geen bedreiging maar een zwerm sprinkhanen kan de oogst van het jaar in een uur doen verdwijnen. De veranderingen in het DNA die leiden tot dementie

worden al miljoenen jaren doorgegeven van generatie op generatie. De verschillende combinaties bepalen niet alleen het spectrum aan verschijningsvormen van dementie maar laten ook zien welke specifieke systemen niet goed functioneren bij de patiënt. Voor de ziekte van Alzheimer, de belangrijkste oorzaak van dementie, blijkt niet alleen het amyloïd metabolisme gecompromiteerd. Ook het vetmetabolisme, immuunsysteem, de ubiquitinering van eiwitten en endocytose is verstoord.

De grote vraag is hoe deze informatie te vertalen naar de behandeling en preventie van dementie.

Door grootschalig genetisch onderzoek – ‘big data analyse’ – moet duidelijk worden of de vijf systemen doorgaans gezamenlijk zijn aangedaan bij patiënten. In dat geval zal de ontwikkeling van behandeling en preventie zich moeten richten op een combinatie therapie. Als blijkt dat er bij individuele patiënten vaak slechts 1 specifiek systeem is aangedaan, zal het cruciaal zijn de preventie en behandeling specifiek te richten op dat systeem. Bij een persoon bij wie vooral genen in het immuunsysteem zijn aangedaan zal het geen zin hebben interventies te richten op de vetstofwisseling. De polygene overerving van dementie verklaart ook het fenomeen dat dementie vaak voorkomt met andere ouderdomsziekten. Een ervan is glaucoom,

een vorm van blindheid die ontstaat door het afsterven van de oogzenuw. De overlap in genen die een rol spelen in glaucoom en dementie is meer dan opmerkelijk. Het betreft een netwerk van genen die het amyloïde eiwit verwerken maar ook een scala aan genen die de vethuishouding regelen. Beide systemen spelen ook een centrale rol in het ontstaan van dementie. Het oog is veel minder complex dan de hersenen en is daarom gemakkelijker te onderzoeken bij de mens en dier. Dit opent de weg voor verder onderzoek naar de vraag hoe deze beide ouderdomsaandoeningen ontstaan en hoe deze te behandelen. De zebravis, een kleine vis met grote ogen die zich snel voortplant en gemakkelijk in grote aantallen is te onderzoeken, is een

diermodel waarin wij zullen nagaan met welke nieuwe en bestaande geneesmiddelen we het brein en zenuwweefsel kunnen beschermen. ●

## GROTE VRAGEN

## HOE VERTAAL JE GENETISCHE INFORMATIE NAAR DE BEHANDELING EN PREVENTIE VAN DEMENTIE?

## STELLING

Onderzoek naar frequent voorkomende genetische varianten heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan ons begrip van het ontstaan van dementie en zal een enorme impact hebben op de behandeling en preventie van dementie en verwante aandoeningen als het afsterven van de oogzenuw.



**Cornelia van Duijn** onderzoekt sinds 1987 welke genetische factoren het ontstaan van dementie bepalen. Zij heeft een leidende rol in verschillende internationale consortia die de genetica van onderliggende ziekteprocessen ontrafelen.



**Henriët Springelkamp** heeft de afgelopen 4 jaar promotieonderzoek verricht naar de genetische factoren die het afsterven van oogzenuw bepalen en is nu in opleiding tot oogarts in het Erasmus MC.

Naomi Ellemers en Félice van Nunspeet

## Beter vooraf informeren dan achteraf kritiseren

In de psychologie is er sprake van bedreiging als mensen het gevoel hebben de situatie niet aan te kunnen. Mensen ervaren een gevoel van uitdaging als ze denken te kunnen voldoen aan de eisen die gesteld worden. Als gevolg van maatschappelijke veranderingen worden er steeds hogere eisen aan mensen gesteld, zowel op het werk als in hun persoonlijke leven. Dit gebeurt op allerlei vlakken. Mensen moeten zich blijven ontwikkelen maar ook efficiënt werken, vernieuwend bezig zijn maar geen fouten maken, betrokken ouders zijn maar ook hun eigen geld verdienen, actief zijn in sport- en buurtverenigingen maar

ook voor zieke of bejaarde familieleden zorgen.

Deze uiteenlopende verwachtingen kunnen gemakkelijk als een bedreiging worden ervaren: de eisen die gesteld worden nemen toe, terwijl de beschikbare middelen (tijd, geld) gelijk blijven of zelfs afnemen. Om van die bedreigingen uitdagingen te kunnen maken, is het zaak om mensen het gevoel te geven dat ze de veranderde eisen goed aankunnen. Dit doe je door hen de ondersteuning te bieden die ze nodig hebben om zich aan te kunnen passen en te (gaan) doen wat er gevraagd wordt. Hoe gaat dit in de praktijk? Vaak proberen

overheden, leidinggevenden of anderen mensen ertoe te brengen hun gedrag aan te passen aan veranderende omstandigheden door hen ervan te doordringen dat het 'oude' gedrag niet meer voldoet. Dit gebeurt bijvoorbeeld door te wijzen op problemen uit het verleden, of de huidige praktijken te kenschetsen als 'moreel onverantwoord'.

Ons onderzoek laat zien dat deze strategie niet erg effectief is, omdat het gevoel van bedreiging alleen maar versterkt wordt. Mensen gaan ontkennen dat er een probleem is en schieten in de verdediging, of trekken zich terug uit de situatie en geven het op. In ons onderzoek zien we bijvoorbeeld dat het

geven van kritiek *achteraf* een heel ander soort reactie uitlokt dan hen *vooraf* doordringen van het belang van hun gedrag.

Mensen die achteraf kritiek krijgen op de juistheid van hun gedrag *zeggen* dat ze zich hier niet zoveel van aantrekken. Maar in hun lichamelijke reacties zien we een verhoogde stressrespons. Ze maken zich dus wel degelijk druk over de kritiek die ze hebben gekregen. Ze ervaren dit als bedreigend, omdat ze niets meer kunnen veranderen aan wat er gebeurd is. Als mensen *vooraf* geïnformeerd worden over het belang en de morele implicaties van hun gedrag, zien we een heel andere reactie. Ze raken dan extra gemotiveerd

om het juiste gedrag te vertonen, en slagen daar ook beter in. Uit hun hersenactiviteit blijkt dat dit onder andere komt doordat ze met verhoogde aandacht aan taken werken.

Als je van een bedreiging een uitdaging wilt maken moet je dus niet stil blijven staan bij alles wat niet deugt of verkeerd is gegaan. Als je wilt dat mensen hun gedrag verbeteren, kun je ze beter helpen vooruit te kijken en uitvinden wat ze nodig hebben om aan veranderende eisen te kunnen voldoen. ●

## GROTE VRAGEN KUNNEN WE VAN EEN BEDREIGING ALTIJD EEN UITDAGING MAKEN?



**Naomi Ellemers** is sociaal psycholoog en universiteitshoogleraar aan de Universiteit Utrecht. Zij onderzoekt de invloed van macht en statusverschillen, diversiteit en ethisch klimaat op welzijn, motivatie en werkprestaties.



**Félice van Nunspeet** is postdoc bij de afdeling Sociale en Organisationspsychologie van de Universiteit Leiden. Met behulp van neurowetenschappelijke meetmethoden onderzoekt zij hoe belangrijk mensen het vinden om moreel te zijn.

## Vanessa Evers & Khiet Truong De sociaal intelligente robot

**R**obots in musea, in ziekenhuizen, op scholen, in winkels: wen er maar alvast aan want je zult ze steeds vaker tegenkomen. Voor veel van deze toepassingen is het essentieel dat de robot over sociaal intelligente vaardigheden beschikt. Bij het herkennen van een groep mensen moet de robot er op een acceptabele manier omheen rijden; een robot kan kinderen helpen in het onderwijs of tijdens therapie als hij emoties kan herkennen; en ten slotte: het omgaan met een robot is veel prettiger en effectiever als hij mensen begrijpt. Daarom doen wij bij Human Media Interaction op de Universiteit Twente onderzoek

naar sociaal intelligente robots: we ontwikkelen methoden voor de automatische herkenning en interpretatie van menselijk gedrag, en we onderzoeken op welke manieren een robot zich sociaal zou moeten gedragen in interactie met de mens.

Het normaal kunnen praten en interacteren met een robot die ons begrijpt wordt beschouwd als een van de grootste uitdagingen binnen de robotica en kunstmatige intelligentie. Er zijn grote stappen gezet in de automatische spraakherkenning waardoor intelligente spraakgestuurde systemen zoals Siri op de markt zijn. Maar sociaal

intelligent is Siri (nog) niet: het systeem begrijpt bijvoorbeeld niet wanneer je boos bent.

Om een robot dit soort gedrag automatisch te kunnen laten begrijpen, wordt er onderzoek gedaan naar de automatische analyse van non-verbale gedrag omdat het non-verbale kanaal het belangrijkste medium is voor uitingen van menselijk sociaal en affectief gedrag. Het gaat om gezichtsexpressies, lichaamshouding, hoofd- en handbewegingen, maar ook vocale aspecten zoals lachen, intonatie en spreeknelheid. Met behulp van emotionele spraakdatabases, geautomatiseerde akoestische analyses en patroonherkenningstechnieken zijn we

nu redelijk goed in staat om de zes basisemoties – boosheid, blijheid, angst, verdriet, afgunst en verbazing – in spraak te herkennen en kunnen we ook met een aardige accuraatheid gelach detecteren. De grote uitdaging is om spontane emotionele en sociale signalen te herkennen, omdat deze veel subtieler en complexer zijn.

Naast het begrijpen van menselijk sociaal gedrag zou een robot ook zelf sociaal gepast gedrag moeten kunnen laten zien. Hoeveel afstand zou een robot bijvoorbeeld moeten houden voor een prettige mens-robotinteractie, hoe zou een robot een groepje mensen moeten benaderen, welke rol zou een robot moeten aannemen om kinderen

op een prettige en effectieve manier te motiveren om een bepaalde taak uit te voeren? Dit zijn vragen die onderzocht worden door experimenten binnen en buiten het lab waarbij gekeken wordt naar de omgang van mensen met robots in bepaalde situaties.

Ons multidisciplinaire onderzoek naar sociaal intelligente robots is uitdagend maar geeft ook voldoening: voor bepaalde toepassingen zien we dat de inzet van sociale robots een positief effect heeft op de mens. Naast technologische vooruitgang levert ons onderzoek ook fundamentele kennis over de mens op: hoe meer we weten over mense-

lijk sociaal gedrag, hoe beter we het zouden moeten kunnen nabouwen in een sociaal intelligente robot. Kortom, werken aan de sociaal intelligente robot is een ontzettend mooie uitdaging, eentje waar we niet genoeg van kunnen krijgen... ●



## GROTE VRAGEN HOE REALISEREN WE DE OPTIMALE SAMENWERKING TUSSEN MENS EN ROBOT?



© Eric Brinkhorst

**Vanessa Evers** is hoogleraar Human Media Interaction bij de Universiteit Twente. Haar onderzoek betreft het ontwikkelen en ontwerpen van sociaal intelligent gedrag van robots en andere systemen en de relatie tussen mens en technologie.



**Khiet Truong** is assistant professor bij de Universiteit Twente. Ze doet onderzoek naar de automatische analyse van paralinguïstische informatie, zoals emoties en andere sociale signalen, in spraak.

Valerie Frissen en Esther Keymolen

## Omgaan met dataficering en dividualisering

**R**ond de internationale cybertop van afgelopen april in Den Haag waarschuwde de Zweedse oud-minister Carl Bildt ervoor – in zijn rol als voorzitter van de Global Commission on Internet Governance – dat mensen het vertrouwen in internet beginnen te verliezen. Niet alleen cyberterroristen en cybercriminelen ondermijnen dit vertrouwen, maar ook overheden en bedrijven die doorschieten in hun honger om onze privégegevens voor allerlei doeleinden te verzamelen en gebruiken. Met name sinds de Snowden-onthullingen heeft de reputatie van het vrije en open internet een behoorlijke knauw gekregen.

We lopen het risico dat mensen zich steeds meer gaan afschermen in en tegen de digitale wereld. Het vrije en open internet is tot op heden een rijke voedingsbodem voor innovatie gebleken: als we die potentie willen behouden, moeten we veel meer investeren in vertrouwen.

De omslag in vertrouwen in het internet hangt samen met de huidige ontwikkelingsfase van digitale technologie. We kunnen spreken van een welhaast totale *dataficering* van de samenleving: alles wat we doen – en steeds vaker ook wat we denken of voelen – wordt uitgedrukt in data. Dit wordt nog eens versterkt doordat

internet alles met alles verbindt (*the internet of everything*). Het onbehagen groeit bovendien omdat de techniek zich steeds meer aan onze waarneming onttrekt. Wanneer mensen geen grip meer hebben op wat techniek doet en wat er met al die data gebeurt, ervaren zij dat als een verlies aan autonomie en handelingsvrijheid. Daarnaast ervaren zij een zekere ‘dividualisering’. Ze worden gereduceerd tot dataprofielen, door anderen samengestelde digitale identiteiten die niet meer samenvallen met hun eigen ik (een ik dat zij juist ervaren als een ondeelbare eenheid, een ‘individu’).

Vertrouwen is een basisvoorwaarde om te kunnen leven met de onzekerheden

die inherent zijn aan een complexe, datagestuurde samenleving. Vertrouwen is ook nodig om innovatie mogelijk te maken. Vertrouwen gaat immers over een ‘sprong wagen’, over niet alles willen controleren maar ruimte geven aan het handelen van de ander. De pioniers van het internet werkten ook op die manier: ze vertaalden dat in een open, decentraal netwerk dat uitgaat van vertrouwen in de eindpunten.

We richten ons in onze bijdrage op de vraag hoe vertrouwen in de digitale wereld gestalte krijgt en hoe we dat vertrouwen kunnen versterken. ●

GROTE VRAGEN  
HOE KUNNEN WE HET VERTROUWEN IN DE DIGITALE  
WERELD VERSTERKEN?

STELLING

Vertrouwen is de hoeksteen van de digitale samenleving.



**Valerie Frissen** is directeur van het SIDN fonds, dat projecten ondersteunt die bijdragen aan een sterk internet voor iedereen. Zij is daarnaast hoogleraar ICT & Social Change bij de faculteit der Wijsbegeerte van de Erasmus Universiteit Rotterdam.



**Esther Keymolen** is universitair docent en academisch coördinator bij onderzoeksgroep eLaw, faculteit Rechtsgeleerdheid aan de Universiteit Leiden. Zij rondt tevens een proefschrift af over vertrouwen en internettechnologie bij de faculteit der Wijsbegeerte van de Erasmus Universiteit Rotterdam (promotoren: prof. dr. Jos de Mul en prof. dr. Valerie Frissen).

Hilde Geurts en Marieke de Vries

## Interventies en de rol van levensfases, individuele kenmerken en omgevingsfactoren

**A**utisme, of zoals het tegenwoordig heet: autismespectrumstoornis (ASS), heeft een wereldwijde prevalentie van 1%. 1 op de 100 mensen dus. Kinderen, tieners, volwassenen, maar ook ouderen. Mensen met autisme hebben over het algemeen een veel lagere kwaliteit van leven dan mensen zonder autisme en ook dan mensen met andere psychiatrische diagnoses. We weten dat bijvoorbeeld taal, maar ook intelligentie belangrijke voorspellers zijn voor een goede kwaliteit van leven. Veel onderzoek heeft zich met name gericht op hoe we autisme zo vroeg mogelijk kunnen detecteren, met het idee dat we er dan ook

eerder iets aan kunnen doen. Juist vroege interventie maakt dat kinderen met autisme bijvoorbeeld goed leren praten, maar niet iedereen krijgt een vroege diagnose. Ook vroege interventies bij kinderen kunnen helaas niet voorkomen dat zij op latere leeftijd problemen ervaren. Er zijn ook voor tieners, volwassenen en ouderen interventies nodig.

Er zijn maar weinig interventies waarvan de werkzaamheid is aangetoond. Hiervoor zijn een aantal redenen. Ten eerste is het lastig dat de mensen met autismediagnose een heterogene groep vormen. Dit wil zeggen dat er

verschillende problemen op de voorgrond kunnen staan. Sommige mensen kunnen goed zelfstandig wonen en werken terwijl andere altijd één op één begeleiding nodig zullen hebben. Er is dus geen *one size fits all*-benadering mogelijk. Ten tweede zien we dat de problemen niet statisch zijn: ze veranderen gedurende de levensloop. Afhankelijk van de levensfases zijn er verschillende interventies nodig. Ten derde zien we bij veel van de bestaande interventies dat de geleerde vaardigheden niet beklijven of gegeneraliseerd worden naar andere omstandigheden. Het geleerde kan dus wel worden toegepast maar niet flexibel genoeg.

Hoe weten we nu voor wie welke behandeling geschikt is? Naar welke individuele kenmerken moeten we dan kijken? Zijn er factoren in de omgeving die ertoe doen? Kunnen we iedereen wel een behandeling op maat bieden? Wanneer vinden we dat een behandeling afdoende werkt? Wij doen vooral onderzoek naar gedragsinterventies, maar dezelfde vragen gelden voor biomedische behandelingen. Er is bijvoorbeeld geen medicijn voor autisme. Wij willen weten voor wie welke behandeling werkt en waarom een behandeling al dan niet werkt. Zo proberen we te komen tot een behandeling op maat, maar het is de grote vraag in hoeverre deze bestaat. ●

## GROTE VRAGEN EEN BEHANDELING OP MAAT VOOR IEMAND MET EEN AUTISMEDIAGNOSE: IS DAT MOGELIJK?



Foto: Jeroen Oerlemans

**Hilde M. Geurts** is als bijzonder hoogleraar autisme verbonden aan de Universiteit van Amsterdam en het Dr. Leo Kannerhuis. Zij richt zich als psycholoog op cognitie, interventies en kwaliteit van leven bij mensen met autisme van jong tot oud. Ze is lid van De Jonge Akademie (KNAW).



**Marieke de Vries** onderzoekt als postdoc bij Yield (UvA) bij het Emma Kinderziekenhuis/AMC en VUMC de neuropsychologische gevolgen van (chronische) ziekten bij kinderen. Na haar promotieonderzoek naar interventies voor autisme richt ze zich nu vooral op hersentumoren.

Amina Helmi en Tjitske Starkenburg

## Licht werpen op donkere materie met de Melkweg en nabije sterrenstelsels

**T**wee van de belangrijkste vragen in de sterrenkunde vandaag de dag zijn: waar bestaat het heelal uit? En: hoe ontstaan en evolueren sterrenstelsels? Verbazingwekkend genoeg kennen we de eigenschappen van minder dan 5% van de massa in het heelal (de atomen waar wij uit bestaan), terwijl de aard van de dominante massacomponent (de ‘donkere materie’) nog vrijwel geheel onbekend is. Door haar dominante aanwezigheid is donkere materie een belangrijke factor in de dynamica, vorming en evolutie van sterrenstelsels. Een extreem krachtige methode om de vorming van sterrenstelsels te doorgronden,

is het bestuderen van nabije, ‘representatieve’ sterrenstelsels zoals de Melkweg. Uitsluitend in ons eigen sterrenstelsel kunnen we de eigenschappen van individuele sterren, zoals hun bewegingen, chemische compositie en leeftijden, met voldoende nauwkeurigheid meten. In de chemische compositie en bewegingen van een ster vinden we een blauwdruk van haar geboorteomgeving en dynamische geschiedenis. Zo zijn sterren in wezen ‘fossielen’ die unieke hints geven over de vormingsgeschiedenis van het hele sterrenstelsel.

Tot nu toe was de uitdaging om genoeg gegevens van voldoende



Een sterrenstelsel als de Melkweg, ingebed in diens halo van donkere materie. Het ontmaskeren van de donkere klonten is een van de meest directe manieren om de ware aard van de mysterieuze donkere materie te bepalen.

kwaliteit te verzamelen en om specifieke methoden te ontwikkelen om deze fossiele blauwdrukken te ontcijferen. Er vindt echter een belangrijke revolutie plaats, ingezet door de in december 2013 succesvol gelanceerde ruimtesatelliet Gaia van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA. Gedurende de komende 5 jaar zal Gaia de Melkweg in kaart brengen op ongeëvenaarde schaal en de bewegingen van 1 miljard sterren met uitmuntende precisie meten. (Dit zijn 100.000 keer meer objecten dan welke voorgaande studie dan ook, met 100 maal grotere nauwkeurigheid en over een 1.000.000 keer groter volume.) Deze dataset zal ons de mogelijkheid bieden vast te stellen hoe onze Melkweg is gegroeid, te leren wat

het zwaartekrachtsveld en de massadistributie van ons sterrenstelsel zijn en op deze manier antwoord te krijgen op de meest fundamentele vragen in de astrofysica.

Daarnaast kunnen modellen van sterrenstelsels, gebaseerd op het huidige kosmologische standaardmodel, voorspellingen doen ten aanzien van de effecten van donkere materie op de voor ons direct waarneembare componenten van die sterrenstelsels. De figuur laat zien dat sterrenstelsels zich bevinden in uitgestrekte donkere halo’s, die afhankelijk van de ware aard van donkere materie duizenden onzichtbare klonten kunnen bevatten. Deze donkere klonten, eigenlijk klei-

nere halo’s, kunnen verwoestende effecten hebben op kleine sterrenstelsels. We kunnen deze klonten echter alleen indirect waarnemen, bijvoorbeeld door de bewegingen van sterren te meten. Hun aanwezigheid vormt een kritieke test voor ons huidige standaardmodel. ●

## GROTE VRAGEN WAT IS DONKERE MATERIE?

### STELLING

Onderzoek naar de evolutie van de Melkweg en zijn buursterrenstelsels verschaft unieke inzichten in de vorming en samenstelling van het heelal als geheel.



**Amina Helmi** is hoogleraar Dynamics, Structure and Evolution of the Milky Way aan de Rijksuniversiteit Groningen. Ze is galactisch archeoloog en onderzoekt tevens de aard van donkere materie.



**Tjitske Starkenburg** is promovenda aan de Rijksuniversiteit Groningen. Haar onderzoek betreft de evolutie van kleine, door donkere materie gedomineerde sterrenstelsels en de effecten van botsingen tussen zulke sterrenstelsels.

Corinne Hofman en Jimmy Mans

## Een archeologische benadering voor een nieuwe Caribische geschiedenis

In mei vorig jaar claimde een onderwateravonturier dat hij voor de noordkust van Haiti de Santa Maria had gevonden. De Santa Maria was een van de schepen van Christoffel Columbus die volgens de bronnen in het jaar 1492 gezonken zou zijn voor de kust van het eiland Hispaniola, vandaag de dag beter bekend als het eiland dat Haïti en de Dominicaanse Republiek delen. Het nieuws genereerde veel aandacht in de mondiale media, bijvoorbeeld CNN en de New York Times. Later werd deze claim weer ontkracht door experts van de VN. Het scheepswrak bleek te moeten worden toegeschreven aan een

latere periode. Wanneer wij aan de geschiedenis van de Nieuwe Wereld denken, gaan onze gedachten al snel uit naar Columbus die deze ‘nieuwe’ wereld ontdekte. De geschiedenis van dit gebied wordt door ons beleefd en gezien vanuit de ‘oude’ wereld.

Sinds de laatste politieke dekoloniatiegolf in de Cariben aan het einde van de vorige eeuw hebben de jonge naties geworsteld met het concept van Columbus als het begin van hun verleden. Ze hebben behoefte aan een onafhankelijke nieuwe geschiedenis. Dit klinkt makkelijker dan het is en de ongewilde afhankelijkheid van de

bestaande bronnen werkt verlamdend. Een voorbeeld hiervan is dat op scholen in de voormalige Nederlandse koloniën in de Cariben de geschiedenis vooral werd onderwezen vanuit Nederlands perspectief, als onderdeel van de koloniale periode. De kennis van het Caribische verleden reikte in de meeste gevallen dan ook niet verder dan de oudste geschreven bronnen, die op hun beurt van de hand van de voormalige kolonisatoren waren. Dit scheidt een ‘schriftelijke’ afhankelijkheid waar omheen gedacht moet worden.

Een archeologische benadering maakt het mogelijk onze horizon veel verder te laten reiken dan de Europese koloniatie en haar historische bronnen, tot

aan de eerste oorspronkelijke bevolkingen van de Caribische eilanden (4000 v.Chr.). Een ‘voorgeschiedenis’ (prehistorie) waar de meeste mensen geen beeld bij hebben. Vanaf de eerste migratiestromen naar de Caribische eilandenboog tot aan de komst van de Europeanen vond hier al een zeer dynamische geschiedenis plaats, waarin Europese, Afrikaanse en Aziatische invloeden pas vanaf 1492 een rol zijn gaan spelen. Deze geschiedenissen samen hebben de huidige bevolkingen op de verschillende eilanden gemaakt tot wie ze vandaag de dag zijn. Niet langer Indiaans, Afrikaans, Europees, of Aziatisch, maar Caribisch. Een dergelijke benadering draagt bij aan het ‘herschikken’ van een

(gedeelde) geschiedenis van een plaats of regio die mensen verbindt. Het is hierin een van vele nieuwe waarden die tezamen vorm geven aan een nieuw verleden. Een collectief verleden dat zich continu heroriënteert en herdefinieert. ●



## GROTE VRAGEN

**ALS JE DE GESCHIEDENIS NIET ONGEDAAN KUNT MAKEN, (HOE) MOET JE HAAR DAN HERSCHRIJVEN? (OF: WANNEER IS HET VERLEDEN KLAAR?)**



**Corinne Hofman** is hoogleraar in de archeologie van het Caribisch gebied. Ze richt zich op de geschiedenis van de oorspronkelijke (indiaanse) bevolking en de ingrijpende veranderingen die deze onderging door de Europese kolonisatie vanaf 1492.



**Jimmy Mans** bestudeert als postdoctoraal onderzoeker de recente en historische archeologie van de oorspronkelijke bewoners van het oostelijke circum-Caribische gebied in de historische periode 1492-2015.

Bart Jacobs en Bas Westerbaan

## De fouten in onze systemen

**S**tel ik zie dat uw voordeur niet op slot zit. Waarschijnlijk bent u blij als ik u dat even kom vertellen. Stel nu dat ik ongevraagd aan uw voordeurslot morrel en aantoon dat de deur makkelijk opengemaakt kan worden. Bent u dan nog steeds blij als ik dat meld? Een natuurlijke reactie is om te zeggen: blijf met je poten van mijn voordeur af! Daartegenover kun je *bad news* beter van de *good guys* horen. Stel dat het niet gaat om de voordeur van uw woonhuis, maar om de voordeur van uw bedrijf, dat veel waardevolle zaken van anderen beheert. Staat het u dan nog steeds vrij om melders van zwak-

heden te negeren, of zelfs juridisch aan te pakken?

Computersystemen zijn zo complex geworden dat ze menselijkerwijs niet meer te overzien zijn. Ze worden dan ook vol met fouten opgeleverd. Die fouten worden in opeenvolgende versies gerepareerd (via zogenaamde *patches*). Sommige fouten duiken spontaan op tijdens regulier gebruik van de software en kunnen via een *bug report* aan de fabrikant gemeld worden. Maar er zijn ook fouten die naar boven komen omdat er bewust naar gezocht wordt. Als het goed is heeft de fabrikant dat vooraf gedaan (of laten doen).

Economisch gezien is het voor software-fabrikanten echter belangrijker om hun producten snel uit te brengen om een zo groot mogelijk marktaandeel te verwerven, voordat een concurrent dat doet. De houding is veelal: fouten lossen we later wel op! Als maatschappij accepteren we deze houding van de software-industrie. Autofabrikanten worden bij gebreken vaak juridisch aansprakelijk gesteld, maar software-fabrikanten niet. Toch heeft de afhankelijkheid van (het correct functioneren van) software ongekende vormen aangenomen. Er bestaat een groot maatschappelijk belang om zo min mogelijk fouten in veelgebruikte software te hebben.

Bij het bewust zoeken naar fouten in software kan men twee doelen onderscheiden: (1) het algemene doel om fouten gerepareerd te krijgen via een melding bij de fabrikant, en (2) het eigen doel om fouten juist niet te melden om ze zelf te kunnen uitbuiten (of om ze te verkopen aan anderen die ze willen exploiteren); in dit laatste geval wordt de fout typisch gebruikt om in te breken in een computersysteem. De eerste doelstelling wordt nagestreefd door goedwillende *white-hat* hackers. De tweede doelstelling treft men steeds vaker aan bij criminele organisaties, maar ook bij militairen en inlichtingendiensten, die 'digitale munitie' verzamelen om tegenstanders te kunnen ondermijnen.

Hoe moeten wij hier als samenleving mee omgaan? Het ligt voor de hand de welwillenden te stimuleren en te belonen, en de kwaadwillenden te straffen. Dit komt echter traag op gang. Nederland loopt internationaal voorop met zogenaamd *responsible disclosure*-beleid, waarbij organisaties aangemoedigd worden om publiekelijk bekend te maken hoe fouten in software gemeld kunnen worden en hoe met die meldingen omgegaan wordt. De aanpak van degenen die bewust niet melden laat nog op zich wachten. Wetenschappers richten zich traditioneel op technieken om fouten in software te voorkomen, of om ze in een vroeg stadium te

ontdekken. De laatste jaren zijn wetenschappers ook nadrukkelijk actief als *white-hat* onderzoekers. De grote belangen die op het spel staan stemmen echter weinig hoopvol. ●

## GROTE VRAGEN WAT IS DE BESTE STRATEGIE OM MET DE VELE FOUTEN IN COMPUTERSYSTEMEN OM TE GAAN?



**Bart Jacobs** is hoogleraar computerbeveiliging aan de Radboud Universiteit. Zijn onderzoek strekt zich uit van kwantumlogica tot privacy-vriendelijke authenticatie. Hij won de Huibregtsenprijs in 2012.



**Bas Westerbaan** werkt voor zijn promotieonderzoek aan de theoretische informatica voor kwantumberekeningen. Verbonden aan de Digital Securityafdeling, voert hij ook security audits uit.

## Mike Jetten en Muriel van Teeseling Een enorm potentieel

**D**e aarde is een microbiële planeet waar anaërobe microben vanaf het begin een uiterst vitale rol spelen. En nog steeds: elke dag reinigen ze miljarden m<sup>3</sup> afvalwater, produceren ze miljoenen liters biobrandstoffen, dragen ze bij aan onze gezondheid, zijn ze onmisbaar voor onze voedselproductie en houden ze het klimaat in balans. De anaëroben zijn ook intrigerend vanuit wetenschappelijk oogpunt: we kennen slechts 1% van alle microben op aarde en er is dus veel nieuws te ontdekken. In het door het Zwaartekracht-programma gefinancierde Soehngen Institute of Anaerobic Microbiology willen we

dit enorme potentieel van anaërobe microben ontginnen. Dit willen we bereiken door nieuwe anaërobe microben te ontdekken, te bestuderen en in te zetten voor biokatalyse, een betere gezondheid en duurzame productieprocessen.

Biologisch afbreekbaar afval kan door anaëroben direct worden omgezet. De organische zuren die daarbij ontstaan, kunnen worden gebruikt om nieuwe bouwstenen te synthetiseren voor de biogebaseerde samenleving. In het laboratorium zullen we nieuwe methaanproducerende en andere anaërobe microben ophopen en hun genomische potentieel ontrafelen.



Een bioreactor waarin anaërobe anammoxbacteriën groeien.

Op deze manier zullen we nieuwe enzymen en organismen voor toepassing vinden, zoals we dat al gedaan hebben voor de anammoxbacterie die de raketbrandstof hydrazine maakt. We hebben aangetoond dat we fundamentele nieuwe microbiële principes en organismen snel kunnen toepassen in grootschalige processen.

Organische zuren zijn niet alleen belangrijk in natuurlijke ecosystemen maar ook in onze darmen. Propionzuur is bijvoorbeeld betrokken bij specifieke signalering – bacteriën die met ons praten! Anaërobe bacteriën zoals *Akkermansia* zijn mogelijk therapeutische bacteriën die bijdragen aan de behandeling van metabole ziekten

zoals type 2 diabetes en obesitas. De invloed van darmbacteriën op onze gezondheid blijkt ook uit het succes van transplantatiestudies bij bepaalde darmziekten.

Microben worden al langer toegepast om afvalwater te zuiveren. In conventionele processen wordt vaak met aëroben gewerkt en daartoe moet zuurstof in het afvalwater gepompt worden. Anaëroben hebben geen zuurstof nodig en dit maakt het productieproces efficiënter en duurzamer. Ons bekendste voorbeeld is het anammoxproces. Vanuit de hypothese dat anammoxbacteriën moesten bestaan, hebben we een succesvolle zoektocht naar deze bacteriën opgezet en een licentieovereen-

komst afgesloten met de industrie om anammox in te zetten voor afvalwaterzuivering. Sinds 2002 is het een succesvol grootschalig exportproduct.

In SIAM zullen we deze koers voortzetten door valorisatie van, onderzoek naar en onderwijs over anaëroben te intensiveren. Deze innovatie-, onderwijs- en onderzoeksinspanningen zullen resulteren in een duurzamere samenleving, verbetering van de gezondheid en het milieu en een nieuwe generatie microbiologen. ●

## GROTE VRAGEN WAT KUNNEN WE ALLEMAAL NOG VERWACHTEN VAN ANAËROBE MICROBEN?

### STELLING

Anaërobe microbiologie is een onontgonnen terrein met grote potentie voor nieuwe biokatalysatoren, verbetering van onze gezondheid en nieuwe duurzame productieprocessen.



**Mike Jetten** is hoogleraar ecologische microbiologie aan de Radboud Universiteit en TU Delft. Tevens is hij wetenschappelijk directeur van het Soehngen Instituut voor Anaërobe Microbiologie (SIAM), waarin de rol van anaërobe micro-organismen wordt bestudeerd en waar de microbiologen van de toekomst worden opgeleid.



**Muriel van Teeseling** is promovenda in de microbiologie aan de Radboud Universiteit. Zij onderzoekt de opbouw van de cel van belangrijke anaërobe micro-organismen, waaronder de anammoxbacterie.

Johan van Leeuwen en Jorn van der Pol

## De wiskunde van intelligente netwerken

**O**nze maatschappij bestaat uit reusachtige netwerken. Technologische ontwikkelingen hebben geleid tot grootschalige netwerken voor transport van mensen, producten, informatie, energie en sociale contacten. In Nederland zijn miljoenen mensen verbonden door verkeers- en energienetwerken, in de wereld zijn miljarden mensen verbonden door Facebook of het internet. Deze massale netwerken bieden zowel kansen als bedreigingen en zijn van cruciaal belang voor de maatschappij en de mensheid.

Veel van deze netwerken opereren op de grens van wat haalbaar is,

dicht bij het kookpunt waar het netwerk instabiel of gevaarlijk wordt, of vastloopt. Denk bijvoorbeeld aan filevorming, een energienetwerk dat plat gaat of het uitbreken van een epidemie. Tegelijkertijd zijn onze netwerken zeer onvoorspelbaar door gedrag van mensen, apparaten of veranderende omstandigheden. Door de kritieke condities van netwerken kan een kleine verstoring een dramatisch effect hebben. Er is dan ook grote behoefte aan fundamenteel nieuwe manieren om grote complexe netwerken te doorgronden en aan te sturen.

Wiskunde is de taal waarmee

netwerken abstract kunnen worden bekeken. Wiskunde kan ook helpen in omgaan met complexiteit, in het bijzonder door de combinatie van netwerktheorie, kansrekening, optimalisering en statistiek. Vandaar dat vakgebieden die eerst zelfstandig opereerden in de wiskunde en informatica nu steeds meer de handen ineenslaan.

Netwerken leiden tot haast onmogelijke algoritmische uitdagingen. Een algoritme is een recept dat voorschrijft hoe een netwerk zich moet gedragen. Zo zijn er algoritmen die de kortste weg van A naar B bepalen, met zoekmachines die het internet afspeuren of het gedrag van energietransport aanpassen aan de windkracht. Deze algorit-

men worden moeilijker, omdat de netwerken waarop ze worden losgelaten, alomtergroter en complexer worden. Maar hoe moeilijk de vraagstukken ook zijn, we hebben oplossingen nodig in de vorm van nieuwe algoritmen.

Intelligente netwerken worden bestuurd door algoritmen die in real time of online werken, die kunnen leren, en die het netwerk zelfstandig laten opereren. We hoeven dan ook de infrastructuur van het brein, het internet of het verkeersnetwerk niet volledig te kennen om het netwerk toch te kunnen besturen.

De wiskunde zal de komende jaren

steeds slimmere en snellere algoritmen ontwikkelen om zo de groei in grootte en complexiteit van netwerken het hoofd te kunnen bieden. Kunnen we de weerbarstige netwerken, waar wij allen van afhankelijk zijn, omvormen tot zelfstandig opererende betrouwbare en intelligente netwerken? ●



**GROTE VRAGEN****KUNNEN WE DE WEERBARSTIGE NETWERKEN, WAAR WIJ ALLEN VAN AFHANKELIJK ZIJN, OMVORMEN TOT ZELFSTANDIG OPERERENDE BETROUWBARE EN INTELLIGENTE NETWERKEN?****STELLING**

Data, mensen, producten, energie en ziekten bewegen over netwerken die zo complex zijn dat niemand ze helemaal begrijpt. Deze gigantische netwerken bieden kansen en bedreigingen. Wiskunde kan deze netwerken doorgronden. Zonder wiskunde geen technologische welvaart.



**Johan van Leeuwen** is hoogleraar wiskunde (TU Eindhoven) en lid van De Jonge Akademie (KNAW). Hij onderzoekt complexe netwerken en vindt inspiratie in praktische toepassingen. Ook legt hij graag uit waarom wiskunde prachtig en belangrijk is.



**Jorn van der Pol** promoveert in de wiskunde (TU Eindhoven). Hij onderzoekt hoe complexiteit, structuur en informatie samenhangen, en ontwikkelt algoritmen waarmee grootschalige rekenproblemen kunnen worden opgelost.

Rianne Letschert en Pauline Aarten

**Verhalen over recht en onrecht**

Internationale misdrijven zoals genocide, oorlogsmisdrijven en misdrijven tegen de menselijkheid zijn ook vandaag de dag nog steeds een realiteit. Burgers zijn steeds vaker het doelwit. Conflicten waarbij kindsoldaten betrokken zijn, grootschalige aanvallen op de burgerbevolking, het gebruik van verkrachting als instrument van oorlogsvoering, massale deportaties en etnische zuiveringen, ook in het huidige millennium zijn hiervan legio voorbeelden te vinden.

Recht te doen in het licht van dergelijke gruwelijkheden en onnoemelijk lijden is een bijzonder

moeilijke taak; de 'enormiteit van het kwaad explodeert de grenzen van het recht' (Hannah Arendt) en beperkt de mate waarin gangbare overtuigingen over rechtsbedeling van toepassing zijn. Welke straf past bij de moord op honderdduizenden? Is het mogelijk om adequaat daders, omstanders en slachtoffers te onderscheiden in de chaos van een ineengestorte rechtsstaat? Hoe moeten we ons herstel en compensatie voorstellen van slachtoffers die alles hebben verloren: hun families, hun bezittingen, hun woning, en die getuige zijn geweest van de meest wrede vormen van sadisme?



Wetenschappers Letschert en Aarten (resp. juriste en criminologe) onderzoeken of internationale rechtsreacties, die onder meer tot doel stellen het leven van slachtoffers te verbeteren, daadwerkelijk de beloofde impact hebben. Door middel van aansprekende voorbeelden zal duidelijk worden gemaakt hoe slachtofferbehoeften van individu tot individu kunnen verschillen en contextafhankelijk zijn. Ook zullen zij vertellen hoe hun onderzoek is opgezet in de vier landen die zij onderzoeken: Democratische Republiek Congo, Cyprus, Cambodja en Suriname. ●



## GROTE VRAGEN

**IN HOEVERRE DRAGEN INTERNATIONALE JURIDISCHE PROCEDURES BIJ AAN HET RECHTVAARDIGHEIDSGEVOEL VAN SLACHTOFFERS EN DE HEROPBOUW VAN SAMENLEVINGEN DIE TE MAKEN HEBBEN GEHAD MET INTERNATIONALE MISDADEN OF ERNSTIGE MENSENRECHTENSCHENDINGEN?**



**Rianne Letschert** is hoogleraar internationaal recht en victimologie en directeur van INTERVICT, Tilburg University. Daarnaast is zij voorzitter van De Jonge Akademie (KNAW). Ze doet onderzoek naar de invloed van internationale juridische procedures op verwerkingsprocessen van slachtoffers van ernstige misdaden.



**Pauline Aarten** is universitair docent bij INTERVICT, Tilburg University. Ze doet onderzoek naar de verhalen over recht en rechtvaardigheid van slachtoffers van ernstige misdrijven en de relatie tussen victimisatie en radicalisatie.

Patricia Osseweijer en Lotte Asveld

## Integratie van sociale wetenschappen en technologie

**D**e noodzaak van een transitie van een fossiele naar een duurzame *biobased society* wordt breed ondersteund, met mooie doelstellingen voor duurzame alternatieven van huidige praktijken. Velen zien het zelfs als een absolute noodzaak om de klimaatveranderingen binnen de perken te houden. Toch zien we die transitie nog niet erg op gang komen. Voor een deel ligt dat aan de kosten: duurzame alternatieven zijn vaak nog steeds duurder dan de gangbare fossielgebaseerde equivalenten. Er spelen ook andere factoren, zoals onzekerheid over de werkelijke duurzaamheidswinst, de beschikbaarheid van biomassa

voor andere toepassingen dan voeding en de ethische aspecten rondom technologiegebruik en sociale ontwikkeling. Inmiddels is er een scala aan technologieën ontwikkeld voor de productie van bijvoorbeeld bioplastics, biobrandstoffen, en chemicaliën en materialen gebaseerd op hernieuwbare grondstoffen. Echter, het inbedden van deze innovaties vereist een goede afstemming met de maatschappelijke wensen, behoeften, kansen en voorwaarden.

Een geïntegreerde aanpak van fundamenteel onderzoek op het gebied van microbiologie, milieubiotechnologie, biokatalyse en

*proces design* ambieert bij te dragen aan de beoogde transitie naar een *biobased* economie. Teneinde de toepassingen goed te laten aansluiten bij maatschappelijke behoeften bestuderen wij de randvoorwaarden hiertoe en ontwikkelen wij designs voor optimalisatie van duurzame inbedding van industriële en milieubiotechnologie in de maatschappij. Ethiek is een belangrijk onderdeel, ondersteund door onderzoek naar diepere waarden en wereldbeelden en hoe die percepties en besluitvorming beïnvloeden. Dit draagt ook bij aan de ontwikkeling van effectieve communicatieactiviteiten.

We participeren in BE-Basic, een van de grootste publiek-private samenwer-

kingsverbanden op dit terrein, en werken onder andere samen met bedrijven, ngo's en de overheid. De transitie naar een *biobased* economie is een globale ontwikkeling, de projecten en onderzoeksvragen zijn daarom niet alleen gericht op Nederland. Zo wordt nauw samengewerkt met Brazilië, waar reeds 40 jaar ervaring is met biobrandstofproductie uit suikerriet, en ook met de Verenigde Staten en Zuidoost-Azië. In Brazilië hebben TU Delft en BE-Basic een vestiging opgezet, vanwaaruit een flink aantal *dual degree* promotieonderzoeken en gezamenlijke onderzoeksprogramma's zijn gestart. Daarnaast is er volop aandacht voor onderwijs en communicatie, via bijvoorbeeld de TU Delft Massive

Open Online Course 'Technology for biobased products', en projecten zoals Imagine, waarin middelbare scholieren en wetenschappers samen businessplannen maken voor duurzame biotechnologie in ontwikkelingslanden.

Wij werken aan drie onderzoekslijnen: 1) identificering en kwalificering van maatschappelijke issues en uitdagingen in industriële en milieubiotechnologie; 2) ontwikkeling van integrale duurzaamheids-impact *assessments* in *designs* voor *biobased* innovaties; en 3) efficiënte en effectieve communicatie met stakeholders en het publiek. ●

## GROTE VRAGEN

### WAT IS DE GROOTSTE UITDAGING VOOR DE TRANSITIE NAAR EEN BIOBASED ECONOMIE?

#### STELLINGEN

- Zonder integratie van sociale wetenschappen en technologie zal de wereld niet op tijd duurzaam worden.
- Sociale ontwikkeling is een voorwaarde voor duurzaamheid.



**Patricia Osseweijer** is hoogleraar biotechnologie en samenleving bij de afdeling Biotechnologie, faculteit Natuurwetenschappen TU Delft. In haar onderzoek integreert zij sociale en natuurwetenschappen voor een betere inbedding van *biobased* innovatie.



**Lotte Asveld** is kandidaat-docent biotechnologie en samenleving bij dezelfde afdeling. Haar onderzoek concentreert zich op de vraag hoe de verbinding tussen *biobased* innovatieprocessen en maatschappelijke waarden en percepties het beste tot stand kan komen.

Maarten Prak en Selin Dilli

## Een dataprobleem en een interpretatieprobleem

**D**e kwaliteit van samenlevingen wordt vaak primair gemeten in termen van welvaart: 'hoeveel verdienen we per hoofd van de bevolking'. Critici vinden dat een te beperkte manier van meten. Om aan die kritiek tegemoet te komen, heeft onder andere de Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) nieuwe maatstaven ontwikkeld. Daarin wordt rekening gehouden met factoren als gezondheid, opleiding, veiligheid, inspraak, de kwaliteit van het milieu, sociale (on)gelijkheid, en de (on)gelijkheid tussen de seksen. Uit eerste onderzoek blijkt dat wanneer je die factoren combineert, interessante nieuwe per-

spectieven ontstaan op de ontwikkeling en spreiding van levenskwaliteiten. Zo bewegen de verschillende indicatoren niet gelijktijdig in dezelfde richting. Ook is op sommige onderdelen snellere vooruitgang geboekt dan op andere. In het afgelopen decennium zijn de inkomens gestagneerd, maar is er bijvoorbeeld nog steeds vooruitgang geboekt op het gebied van de gelijkstelling van vrouwen en mannen.

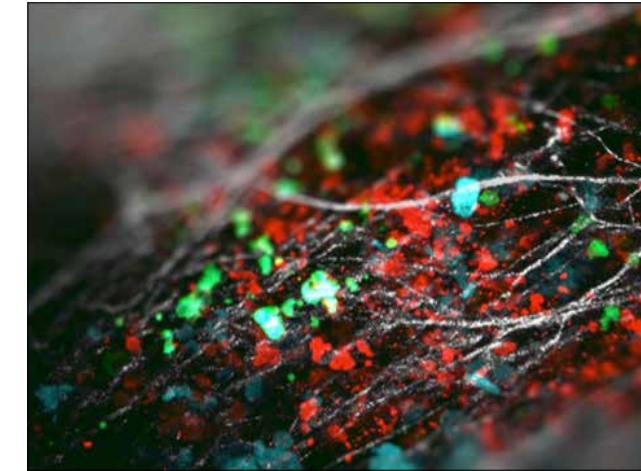
Veel van dit onderzoek gebruikt data met een geringe tijdshorizon. Historisch onderzoek dat meerdere eeuwen overspant, kan helpen om persistente patronen zichtbaar te

maken en succesvolle interventies te identificeren. Probleem is dat voor zulk historisch onderzoek de data vaak nog ontoereikend zijn, of te heterogeen. Ook zijn ze wel voorhanden voor de regio's die zich economisch vroeg ontwikkelden, maar ontbreken ze voor veel andere gebieden.

Behalve een dataprobleem is er ook een interpretatieprobleem. Veel historici zeggen dat de geschiedenis niet 'herhaalbaar' is. Hoe kunnen we dan desondanks iets leren van het verleden? Daarvoor moeten er misschien nieuwe methoden ontwikkeld worden. ●

**GROTE VRAGEN**  
**WAT KAN HET VERLEDEN ONS LEREN VOOR EEN**  
**BETERE SAMENLEVING IN DE TOEKOMST?**

Jacco van Rheenen en Anoek Zomer  
**Kanker bespioneren door**  
**deze te filmen**



**Maarten Prak** is hoogleraar economische en sociale geschiedenis aan de Universiteit Utrecht. Zijn werkteerrein betreft instituties voor een veerkrachtige samenleving.



**Selin Dilli** is promovenda economische geschiedenis aan de Universiteit Utrecht, en doet onderzoek op het gebied van instituties, vrouwen en de toekomst.

**E**en op de drie mensen krijgt kanker. Kanker ontstaat wanneer gezonde cellen zich ongeremd beginnen te vermenigvuldigen. In een laat stadium van de ziekte kunnen cellen zich losmaken van de klomp met cellen, ook wel de primaire tumor genoemd. Deze losgemaakte cellen kunnen gaan reizen door het lichaam om elders nieuwe tumoren te vormen, zogeheten uitzaaiingen. In dit stadium is kanker vaak moeilijk te behandelen.

Om nieuwe therapieën te ontwikkelen moeten we tot in detail begrijpen hoe kanker werkt. Veel vragen zijn nog onbeantwoord.

Bijvoorbeeld waarom en hoe ontstaat kanker? Hoe groeit een tumor? Waarom zaaien kankercellen uit? Hoe kunnen we dit stoppen? Veel vragen zijn nog niet beantwoord omdat kankercellen veranderen en zich aanpassen aan een nieuwe situatie, bijvoorbeeld als ze reizen door het lichaam.

Het Van Rheenen-lab heeft unieke technieken ontwikkeld om te filmen hoe kankercellen zich gedragen, zodat zichtbaar wordt hoe en waarom kankercellen zich aanpassen aan nieuwe situaties. De kankercellen geven we eerst fluorescerende kleurtjes (zie groene, blauwe en rode cellen in de

foto. In grijs zijn de draden eiwitten die de tumor structuur geven). Vervolgens maken we ieder uur een foto van de tumor. Door de verschillende beelden achter elkaar te plakken en versneld af te spelen kunnen we goed zien hoe kankercellen zich bewegen en gedragen.

Door kanker te filmen hebben we recentelijk ontdekt waarom sommige kankercellen gaan reizen door het lichaam. Uit onze opnames bleek dat de meeste cellen daartoe niet in staat zijn, en dat maar 1 op de 100 cellen beweegt. Echter, onze opnames lieten ook zien dat die uitzonderlijke beweeglijke agressieve kankercellen in staat zijn de rustige kankercellen aan te zetten om ook te gaan bewegen.

Door de agressieve kankercellen te bespioneren kwamen we er achter dat ze kleine blaasjes uitscheiden met eiwitten die belangrijk zijn voor het agressieve gedrag. Ook zagen we dat wanneer rustige tumorcellen deze blaasjes opnemen, ze veranderen in agressieve en reizende kankercellen. De blaasjes die door de agressieve tumorcellen worden uitgescheiden, worden ook vervoerd door het bloed over grotere afstand, waardoor ze op andere plekken in het lichaam rustige kankercellen kunnen aanzetten tot agressief gedrag.

Met behulp van de beelden die onze opnames opleveren, zijn we dus in staat om nieuwe kennis en aanknopingspun-

ten te vinden om belangrijke kankerprocessen aan te pakken. Met deze kennis hopen we nieuwe wegen te kunnen inslaan om kanker te bestrijden. ●

## GROTE VRAGEN IS HET MOGELIJK OM VAN KANKER EEN CHRONISCHE ZIEKTE TE MAKEN?



**Jacco van Rheenen** is hoofd van de onderzoeksgroep Cancer Biophysics aan het Hubrecht Instituut en hoogleraar Intravital Microscopy aan het UMC Utrecht.



**Anoek Zomer** is onderzoeker in opleiding in de onderzoeksgroep Cancer Biophysics aan het Hubrecht Instituut.

## Ingrid Robeyns en Dascha Düring Kunnen en moeten

**E**en belangrijke taak van de wetenschap is het verklaren en voorspellen van fenomenen door het documenteren en interpreteren van feiten. De ethiek werkt anders: ethiek is niet empirisch, maar *normatief*. Het doel van de normatieve ethiek is niet de werkelijkheid te beschrijven zoals deze is, maar ze richt zich op hoe deze *zou kunnen en moeten zijn*.

In ons dagelijks leven maken we vaak normatieve oordelen; we vinden bijvoorbeeld dat discriminatie verkeerd is, dat de staat de privacy van zijn burgers moet beschermen, dat er een institutioneel onderscheid tussen wetge-

vende en uitvoerende macht dient te bestaan enz. Met dit soort oordelen drukken we geen feiten, maar evaluaties uit: als we stellen dat discriminatie verkeerd is, zeggen we dat een werkelijkheid zonder discriminatie mogelijk en wenselijk is – dat zo'n scenario werkelijkheid zou moeten worden; we doen niet noodzakelijk ook uitspraken over de vraag of de situatie reeds zo is. Zulke normatieve oordelen zijn belangrijk voor ons denken en handelen, omdat ze het ons mogelijk maken een toekomst voor te stellen die anders en redelijkerwijze beter is dan hoe wij heden en verleden beschouwen. Zonder normatieve oordelen zouden

wij helemaal niet verder denken dan de wereld zoals deze nu is, wij zouden geen ambities hebben om dingen te veranderen, en wij zouden ook niet met elkaar in discussie gaan over verschillende toekomstscenario's en hun wenselijkheid.

Normatieve ethiek denkt dus na over menselijk handelen met het oog op de toekomst; over hoe de toekomst zou kunnen en moeten zijn. Beide aspecten zijn belangrijk: het gaat om het 'kunnen', dat betekent wat mogelijke toekomst zijn en of deze ook realiseerbaar zijn. Hier zijn fantasie en creativiteit gevraagd want wat mensen zich kunnen voorstellen is niet vanzelfsprekend. De dichter Robert Musil

sprak ooit van de 'mogelijkheidszin' die wij nodig hebben om überhaupt te begrijpen wat mogelijke toekomst zijn. Daarnaast gaat het om het 'moeten', dus de vraag waarom wij redenen hebben om te denken dat bepaalde mogelijke toekomst beter zijn dan andere, en waarom wij redenen hebben om te denken dat onze antwoorden niet alleen voor mij maar ook voor anderen doorslaggevend zouden moeten zijn.

Normatieve ethiek is dus relevant voor de toekomst en voor ons vermogen om te reflecteren over de wegen die wij kunnen bewandelen, en ons ook af te vragen hoe wij deze wegen überhaupt kunnen vinden. ●



## GROTE VRAGEN WELK WETENSCHAPPELIJK TOEKOMSTSCENARIO IS HET BESTE?

### STELLING

Nadenken over onze toekomst als mensheid op aarde kan niet zonder de ethiek.



**Ingrid Robeyns** is hoogleraar ethiek van instituties aan de Universiteit Utrecht. Zij is gespecialiseerd in sociale en politieke ethiek, in het bijzonder rechtvaardigheidstheorie, en in de (interdisciplinaire) capability-benadering.



**Dascha Düring** werkt aan een proefschrift over verschillen en overeenkomsten in confucianistische en westerse ethiek, en richt zich daarnaast op vraagstukken omtrent duurzaamheid, *longtermism* en hoop.

## Stefano Stramigioli en Geert Folkertsma Robots in de samenleving: meer dan ethiek

**D**iscussies over robots in de samenleving gaan vrijwel altijd over ethiek: wat mag een robot, wie heeft verantwoordelijkheid, hoe gaan we ermee om? Maar als robots zich in een menselijke omgeving begeven, of zelfs samenwerken met mensen, komt er meer bij kijken dan ethiek. Het is slechts een paar letters verschil, maar robots bestaan toch vooral uit techniek. Naast de vraag of wij klaar zijn voor de robots: zijn de robots klaar voor ons? Want wat er ook uit die ethiekdiscussie komt, robots zullen in het straatbeeld verschijnen. Sterker nog: ze zijn er al. Wie kent niet iemand met een quadrotor (drone), die voor een

paar tientjes bij de Media Markt te krijgen is; wie heeft een auto met *lane assist*?; bij wie doet thuis een robot het stofzuigwerk?

Met 'robots' bedoelen we hier – in brede zin – mechatronische apparaten met een bepaalde mate van autonomie. Ze helpen ons door zaken van ons over te nemen, of door met mensen samen te werken. Denk aan auto's die zelf inparkeeren, drones die je automatisch volgen met een camera, of een prothese die actief meehelpt bij het lopen. In die samenwerking is veiligheid van groot belang: hoe zorg je dat een robotarm wel snel kan bewegen, maar geen verwon-

dingen veroorzaakt bij een eventuele botsing met een mens? Hoe voorkom je dat een drone onbestuurbaar raakt en met zijn propellers vrij letterlijk gehakt maakt van een omstander?

Mens-machine-interactie is meer dan communicatie. Wat komt er kijken bij fysieke interactie tussen mensen en robots? Een robotarm moet meegeven als je er tegenaan duwt; een drone moet zelf om mensen heen vliegen; een chirurg moet kunnen voelen wat hij doet met een operatierobot. De oplossing van deze vraagstukken ligt veelal in de manier waarop je de robot en zijn omgeving beschrijft. Alle fysische systemen beïnvloeden elkaar door energie uit te wisselen: van de accu

naar de motor, van de motor op de wielen, van de wielen op de weg. Door die uitgewisselde energie goed te reguleren, kunnen we op natuurlijke en veilige wijze fysieke interactie met robots mogelijk maken. Immers: het kost vrij veel energie om iemands schedel te breken, dus als de hoeveelheid energie die een robot in de omgeving kan stoppen gelimiteerd is, kan hij onmogelijk veel schade berokkenen.

Als de robot aangestuurd wordt op basis van zijn uitgewisselde energie, gedraagt hij zich als een natuurlijk fysisch systeem. De interactie ermee zal dus ook natuurlijk aanvoelen. Ook als die robot op Mars rijdt en wij hem op aarde aansturen: zolang de uitge-

wisselde energie maar (virtueel) via een satelliet wordt doorgegeven.

De vraag is allang niet meer of robots taken van ons gaan overnemen. De vraag is wanneer ze welke taken gaan overnemen; en of er eigenlijk wel dingen zijn die ze niet kunnen. En gegeven het feit dat ze er komen: hoe zorgen we voor fysieke interactie op een natuurlijke en veilige manier? ●

## GROTE VRAGEN

**ZIJN ER EIGENLIJK WEL DINGEN DIE NIET DOOR ROBOTS GEDAAN KUNNEN WORDEN? EN HOE KUNNEN ROBOTS EEN VEILIGE TOEVOEGING AAN DE MAATSCHAPPIJ ZIJN?**



**Stefano Stramigioli** (IEEE Fellow, hoogleraar Advanced Robotics en vakgroepvoorzitter Robotics and Mechatronics, Universiteit Twente) onderzoekt veilige fysieke interactie tussen robots en mensen: van lopende robots en autonome drones tot intelligente protheses en operatierobots.



**Geert Folkertsma** (promovendus RaM-UT) werkt momenteel aan biomimetische robots: enerzijds een snelle, efficiënte cheetahrobot; anderzijds een robotvalk die vliegt als een vogel en gebruikt kan worden om vogels bij vliegvelden effectief en op natuurlijke wijze te verjagen.

Lieven Vandersypen en Toivo Hensgens

## Van klassiek naar kwantum: een kwantumsprong voorwaarts?

**R**uim honderd jaar geleden lieten natuurkundigen hun klassieke opvattingen over de aard van de natuur varen ten faveure van de grillige ideeën die volgden uit de kwantummechanica. Oude gewoonten zijn misschien taai, maar het succes van de kwantummechanica was ongeëvenaard, en ondanks het tegenspartelen van oude reuzen, onder wie Einstein zelf, is de theorie diep geaard. Het geloof in de wetenschappelijke methode overwon het geloof in de eerdere wetenschappelijke theorieën, en het kwantumtijdperk was begonnen.

Vele technologieën die we vandaag

de dag als vanzelfsprekend beschouwen, van MRI tot computerchips, zijn gebaseerd op de ideeën van de kwantummechanica. Daarnaast biedt deze theorie de natuurkundige fundering voor andere wetenschappelijke takken van sport, zoals de chemie.

Ondanks dit alles zijn de grillige, bizarre aspecten van de kwantummechanica het dagelijkse leven gespaard gebleven. Superpositie (het simultaan in twee toestanden bevinden van een kwantumsysteem) en verstrengeling (directe correlaties tussen mogelijk mijlenver verwijderde systemen) zijn dan ook onnodig voor de beschrijving

van een computerchip. Sterker nog, materialen en systemen waarin deze aspecten wel relevant zijn, zo ook vele chemische reacties, zijn veelal slecht begrepen, juist omdat een gewone computerchip ‘klassiek’ werkt. In de woorden van de legendarische fysicus Richard Feynman: ‘Nature isn’t classical, damn it, and if you want to make a simulation of nature, you’d better make it quantum mechanical, and by golly it’s a wonderful problem, because it doesn’t look so easy.’

In het QuTech instituut in Delft werken we aan de experimentele realisatie van systemen waarin we deze gekke aspecten van de kwantumtheorie niet alleen kunnen bekijken,

maar ook gebruiken. Zo werken we aan de ontwikkeling van de kwantumcomputer, waarin superpositie en verstrengeling integrale gereedschappen zijn die ons de mogelijkheid zullen verschaffen om deze complexe chemische reacties en materialen te begrijpen. Daarnaast gebruiken we nanofabricagetechnieken om modelsystemen te maken die specifieke systemen nabootsen.

Met een werkende kwantumcomputer tot onze beschikking kunnen we complexe chemische reacties simuleren en nieuwe materiaaleigenschappen voorspellen. Dit kan, zoals de klassieke computer dat 50 jaar geleden deed, leiden tot een versnelling in ons vermo-

gen om nieuwe medicijnen en elektronica te ontwerpen, met alle gevolgen van dien. Komt er een tweede kwantumsprong aan, en zo ja, wat kunnen we hiervan verwachten? ●

## GROTE VRAGEN KUNNEN WE EEN KWANTUMCOMPUTER BOUWEN, EN WAT BETEKENT DAT VOOR ONS?



**Lieven Vandersypen** is hoogleraar aan het Kavli Instituut voor Nanowetenschappen en groepsleider bij QuTech (TU Delft), waar hij werkt aan de realisatie van een kwantumcomputer op basis van halfgeleidertechnologie.



**Toivo Hensgens** is promovendus bij QuTech en het Kavli Instituut voor Nanowetenschappen (TU Delft). Hij werkt aan het nabootsen op nanoschaal van de kwantummechanische modellen onderliggend aan complexe materialen.

Rens Vliegthart en Sanne Kruikemeier

## De invloed van medialogica op politieke besluitvorming

**D**e rol van media in politiek en samenleving is een onuitputtelijke bron van beschouwingen, niet of half gefundeerde meningen en het herhaaldelijk uitroepen van een volgend schandaal of crisis. Als het gaat over de rol van media in ons huidige politieke bestel, zijn doemdenkers in de meerderheid. In de wetenschap is er een hele reeks aan termen die een deterministisch beeld schetsen van ontwikkelingen die in de relatie tussen media en politiek plaatsvinden, waaronder personalisering, amerikanisering, commercialisering, mediatisering, entertainisering en tabloidisering, om er maar een paar te noemen.

Wetenschappelijk onderzoek richt zich op oorzaken, inhoud en effecten van berichtgeving op politici en burgers. In een gemediatiseerde samenleving, waarin media de belangrijkste link vormen tussen verkozenen en kiezer en het gedrag van politici in sterke mate wordt beïnvloed door medialogica, is dit soort onderzoek onontbeerlijk. Dit type onderzoek staat centraal in de politieke communicatie.

Wij bestuderen de relatie tussen politicus, media en kiezer op verschillende manieren. De inhoud van mediaberichtgeving brengen we in beeld middels inhoudsanalyses waarin bijvoorbeeld aandacht

voor onderwerpen en *framing* en toon worden onderzocht. Hoe deze media-inhoud invloed heeft op politici kan bijvoorbeeld worden onderzocht door eenzelfde inhoudsanalyse uit te voeren op Kamervragen, speeches en wetsvoorstellen en de inhoud te vergelijken. Effecten van berichtgeving op de attitudes en gedrag kunnen worden bekeken in experimenteel onderzoek of door inhoudsanalyses te koppelen aan publieke-opiniegegevens.

Door de opkomst van nieuwe technologieën en met name het internet en sociale media is het politieke communicatieonderzoek de afgelopen jaren snel veranderd. Methodologisch, ten eerste omdat de techniek de mogelijkheden

voor grootschalige inhoudsanalyses vergroot heeft en er grote hoeveelheden informatie beschikbaar komen die daarmee geanalyseerd kunnen worden. Ten tweede omdat het mediagebruik van burgers sterker gefragmenteerd is geraakt, waardoor het moeilijker vast te stellen is welk individu welke informatie heeft gezien of gelezen. En inhoudelijk, bijvoorbeeld omdat politici, journalisten en kiezers sociale media gebruiken om met elkaar over politiek te communiceren.

Vanavond vertellen we over de bevindingen van ons onderzoek en richten wij ons met name op de vraag welke invloeden de dominantie van (oude en nieuwe) media in het politieke proces

heeft op de kwaliteit van het democratische besluitvormingsproces in Nederland. Vervullen media hun democratische rol en rapporteren zij op zo'n manier over politieke en maatschappelijke onderwerpen dat burgers daadwerkelijk geïnformeerd raken? Is de kwaliteit van de mediaberichtgeving in de afgelopen decennia inderdaad teruggelopen? Laten politici zich leiden door wat media berichten en is vorm daarbij belangrijker dan inhoud? Kunnen politici sociale media en in het bijzonder Twitter gebruiken om de politieke betrokkenheid van burgers te vergroten? ●

## GROTE VRAGEN VORMT MEDIATISERING EEN GEVAAR VOOR DE DEMOCRATIE?



**Rens Vliegenthart** is hoogleraar media en samenleving aan de Universiteit van Amsterdam en lid van De Jonge Akademie (KNAW). Zijn onderzoek richt zich op de invloed van media op politici en kiezers.



**Sanne Kruikeimer** is universitair docent politieke communicatie aan de afdeling Communicatiewetenschap van de Universiteit van Amsterdam. Haar onderzoek concentreert zich voornamelijk op online communicatie in een politieke context.

## Cisca Wijmenga en Lude Franke Kennissen, betrokkenheid, gezondheid

**B**ijna alles is erfelijk: ons uiterlijk (oog of haarkleur), onze sportieve of muzikale talenten, of het krijgen van bepaalde ziekten is deels erfelijk bepaald. Toch is het niet makkelijk om de erfelijke factoren hiervoor op te sporen, omdat vaak honderden verschillende plekken in het DNA een rol spelen. Om bijvoorbeeld de eerste DNA-factor te vinden die lengte beïnvloedt was het nodig om het DNA van 50.000 mensen te onderzoeken. Nu, in 2015, kennen we zo'n 700 factoren die lengte beïnvloeden doordat 250.000 mensen zijn bestudeerd. Voor ziekten geldt precies hetzelfde: om daarvoor de genetische en

omgevingsrisicofactoren op te sporen zijn gegevens van grote hoeveelheden individuen essentieel.

Zulke studies kunnen alleen worden uitgevoerd door een samenwerking tussen een groot aantal biobanken, waarin materialen en gegevens van grote groepen mensen verzameld zijn. Daarom zijn de afgelopen jaren grootschalige initiatieven gestart zoals The Cancer Genome Atlas, de UK Biobank en landelijke projecten zoals BBMRI-NL en LifeLines. Doordat deze biobanken deelnemers vaak gedurende lange tijd volgen, kan men ook het ontstaan

en het verloop van ziekte bij deelnemers goed onderzoeken. Op dit moment nemen ongeveer 1 miljoen Nederlanders deel aan een biobank.

Maar hoe zit dit over 20 jaar? Ieders DNA kan nu al volledig ontrafeld worden (met apparaatjes die zo groot zijn als een smartphone). Smartwatches kunnen nu al vastleggen hoeveel iemand sport of slaapt, wat de hartslag is en of iemand parkinsonverschijnselen heeft. Over 20 jaar is iedere Nederlander waarschijnlijk een wandelende biobank op zichzelf: hij verzamelt continu grote hoeveelheden informatie over zichzelf en zijn omgeving en kan dat ook integreren met zijn genetische informatie.

Deze democratisering van het vergaren van medische informatie zal grote gevolgen hebben. Het stelt de burger in staat een veel beter inzicht te krijgen in zijn of haar gezondheid. Daarnaast kan men zelf bepalen aan wie men gegevens tijdelijk beschikbaar stelt. Wetenschappers zullen dan ook hun uiterste best moeten doen om burgers te overtuigen om aan hun onderzoek mee te doen: zij zullen zeer goed moeten kunnen uitleggen wat hun onderzoeksvoorstel behelst, waarom dit belangrijk is en op welke wijze deelnemers hiervan direct of indirect zullen profiteren.

Daarentegen biedt dit ook een uitgelezen kans om veel meer Nederlanders te

betrekken bij wetenschappelijk onderzoek. Niet alleen doordat zij met hun individuele 'biobank' bijdragen aan het verzamelen van medische kennis, maar ook doordat zij actief op de hoogte worden gehouden van de voortgang van het onderzoek waar zij aan deelnemen en hierdoor enthousiast raken over wetenschap. Daarnaast verwachten we dat met de opgedane kennis van de manier waarop bijvoorbeeld 'lifestyle' gezondheid beïnvloedt, Nederlanders langer gezond en gelukkig kunnen blijven. ●



## GROTE VRAGEN WAT ZIJN DE GEVOLGEN VAN DE DEMOCRATISERING VAN HET VERGAREN VAN MEDISCHE INFORMATIE?

### STELLING

Iedereen zijn eigen biobank!



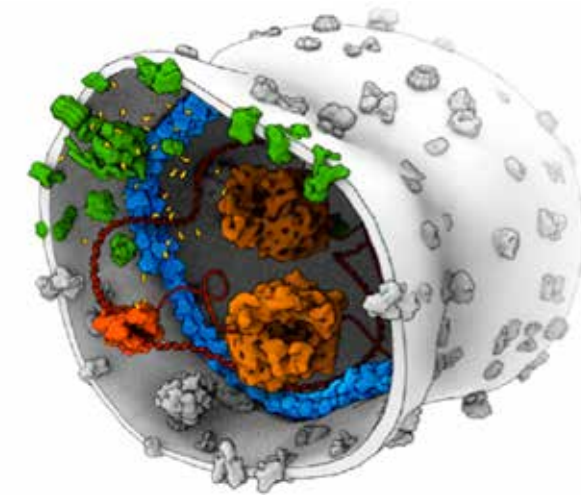
**Cisca Wijmenga** is hoogleraar humane genetica aan het Universitair Medisch Centrum in Groningen. Haar onderzoek richt zich op het gebruik van genetische kennis om inzicht te krijgen in ontstekingsgerelateerde ziekten.



**Lude Franke** is universitair hoofd-docent aan het Universitair Medisch Centrum in Groningen. Zijn onderzoek richt zich op het grootschalig hergebruiken van publieke data voor het beter begrijpen van het ontstaan van ziekten.

Gijs Wuite en Ineke Brouwer

## Een brug slaan tussen geïdealiseerde omstandigheden en de realistische situatie



**D**NA is de centrale drager van genetische informatie. Voor de opslag, het onderhouden, de verwerking en het doorgeven van deze informatie is een breed scala aan eiwitten in de cel aanwezig. In de afgelopen 20 jaar zijn enkel-moleculstechnieken ontwikkeld die onmisbaar zijn gebleken om de fysica en de gedetailleerde werking van DNA en de eiwitmachinerie te ontrafelen. Echter, om enkele moleculen te kunnen bestuderen zijn onderzoekers meestal genoodzaakt onder niet-natuurlijke experimentele omstandigheden te werken. Een voorbeeld hiervan is dat de meeste enkel-moleculexperimenten gedaan worden bij veel

lagere eiwitdichtheden dan in de cel aanwezig zijn, terwijl juist de hoge eiwitdichtheden in levende cellen van grote invloed kunnen zijn op het verloop van biologische processen.

Recent is een nieuwe methode ontwikkeld waarbij optische pincetten en superresolutiemicroscopie gecombineerd worden. Hierdoor is het nu mogelijk DNA-eiwitinteracties direct te observeren en te kwantificeren bij biologisch relevante (hoge) eiwitdichtheden. Dit stelt ons in staat DNA-eiwitinteracties te filmen met hoge tijdsresolutie, hoge ruimtelijke resolutie, en bij hoge achtergrond-

concentraties. Experimentele toegang tot DNA-eiwitinteracties bij biologisch relevante eiwitdichtheden is essentieel om een brug te kunnen slaan tussen geïdealiseerde enkel-moleculexperimenten en de realistische situatie in levende cellen. Daarnaast kan deze aanpak ook toegepast worden op andere systemen zoals bijvoorbeeld motoreiwitten of treinen van samenwerkende eiwitten op het cytoskelet van de cel.

Een belangrijk gevolg van dit soort onderzoek is dat, naast het stukje bij beetje ontrafelen van individuele biologische processen in de levende cel, je ook de vraag kunt omdraaien: kunnen we een levende cel van de

grond af opbouwen? Dit wordt gezien als een van de interessantste maar ook meest uitdagende vragen van de wetenschap op dit moment. Al tientallen jaren worden de biomoleculen die deel uitmaken van cellen onderzocht en geïdentificeerd. Ondanks alle voortgang in het chemische en fysische begrip van deze biomoleculen en de interacties die ze met elkaar hebben, is het echter nog onduidelijk hoe zij samen een cel vormen die kan groeien en zich kan voortplanten. Wel hebben al deze ontwikkelingen ertoe geleid dat het nu mogelijk is om de vraag te stellen hoe de bouwstenen zodanig gerangschikt en bij elkaar gevoegd kunnen worden dat daadwerkelijk een functionerende levende cel kan worden gebouwd. ●

**GROTE VRAGEN**  
**KUNNEN WE EEN LEVENDE CEL VAN**  
**DE GROND AF OPBOUWEN?**



**Gijs Wuite** is hoofd afdeling natuur- en sterrenkunde aan de Vrije Universiteit Amsterdam en onderzoekt het snijvlak van de natuurkunde en de biologie, zoals DNA-eiwitinteracties en virussen.



**Ineke Brouwer** is promovenda aan de Vrije Universiteit Amsterdam in de groep van Gijs Wuite en Erwin Peterman. Haar onderzoek gaat over interacties tussen enkele eiwitten en DNA-moleculen.