

MIT'S Magazine of Innovation

Technology Review

**BUSINESS
OPPORTUNITY
IMPACT**

Technology Review

www.technologyreview.nl

Vlieg-robots

'Kyoto': Wie doet Wat?
En: Gerommel in de Klimaatwetenschap

Ontwerpen volgens de Evolutiveer: Manufacturing of the Fittest

Prothese bedienen met denkracht

Special Report
Innovatietrends in:
Brazilië, China, Chili,
Duitsland, Zuid-Afrika,
Nederland, de VS

APRIL 2005
NEDERLAND & BELGIE € 6,95



www.technologyreview.nl

april 2005

Inhoud

Jaargang 2, Nummer 3



SPECIAL REPORT

Technologie wereldwijd

Technology Review verzocht correspondenten uit verscheidene landen om aan te geven welke technologische projecten in die landen van speciaal belang zijn. Dit resulteert in een overzicht van ontwikkelingen in Brazilië, Zuid-Afrika, Duitsland, Chili, China, Nederland en de VS. Elk land heeft zijn specifieke behoeften, die meestal voortspuiten uit de eigen geschiedenis en de omstandigheden waarin men nu verkeert. Welke technologie belangrijk is, hangt af van de vraag waar je je bevindt.

6 Intro van de hoofdredacteur

China wordt de economische grootmacht van de komende decennia. Of toch niet?

38 Column

Herbert Blanckesteijn over de vraag hoe ver Groningen eigenlijk is.

VOORUITBLIK

Korte belangwekkende items

8 Cybercash in de ijskast

Cijfergekken en cryptografen in de financiële wereld hebben een probleem: het oude vertrouwde creditcardsysteem lijkt goed genoeg voor betalingen online.

10 Biologische oorlog tegen kanker

Onderzoekers op het gebied van 'oncolytische therapie' gaan virussen uitproberen in klinische tests. De virussen moeten doen wat ze altijd doen, maar nu gericht op kankercellen.

12 Werk aan het klimaat

Het Kyoto-protocol trad in februari in werking. Over de gehele wereld werken landen aan het terugdringen van de emissie van broeikasgassen en leren ze omgaan met klimaatveranderingen.

PORTFOLIO

Bedrijfscases

14 Microsoft: op weg van 'R' naar 'D'

Het lab van de softwaregigant in Beijing loopt voorop met een nieuwe methode om onderzoek om te zetten in producten.

Door Robert Buderl

17 Geen poeslief project

Genetic Savings and Clone wil geld verdienen met het klonen van katten. Maar gaat dat lukken als de kloon van een rode lapjeskat een grijsgestreepte poes wordt?

Door Wade Roush

LUIDSPREKER

Nieuws om rond te bazuinen

19 Het darwinistisch intermezzo

Biotechnologie zal een einde maken aan de soorten. Prima: culturele evolutie is beter dan natuurlijke selectie.

Door Freeman Dyson

REPORTAGES

20 SPECIAL REPORT

Een wereldreis langs innovatietrends

32 OMSLAGARTIKEL

De opkomst van robotachtige vliegtuigen

De vliegtuigen bouwen is makkelijk. Maar om ze autonoom te maken en communicatienetwerken in de lucht op te zetten, is niet eenvoudig.

Door David Talbot

42 Onnatuurlijke selectie

Machines die gebruikmaken van genetische algoritmen zijn beter dan mensen in staat om andere machines te ontwerpen.

Door Sam Williams

48 Hoop implanteren

Voor het eerst heeft een verlamde patiënt een armprothese bewogen met alleen denkkraft.

Door David Ewing Duncan

56 Hockeystickgrafiek deugt niet

Het is nu gemiddeld warmer dan ooit in de afgelopen duizend jaar. Deze claim is afgeleid uit de befaamde hockeystickgrafiek van Michael Mann. Volgens Stephen McIntyre en Ross McKittrick is Mann's hockeystick een statistisch verzinsel.

Door Marcel Crok

DEMO

Kijk op technologie

64 Op het eerste gezicht

Anil Jain probeert aan de State University van Michigan beveiligingstechnieken drastisch te verbeteren met drie prototypen van systemen die verschillende onderdelen van biometrie combineren.

Door Robert Buder

RECENSIES

Bespiegelingen over publicaties

70 De niet-waarneembare geest

Een de meest vooraanstaande filosofen van Groot-Brittannië betwijfelt of neurobiologie ons iets kan vertellen over het zelfbewustzijn.

Door Roger Scruton

75 Het wachtwoord is: Gebbrekk1g

Hedendaagse wachtwoordprogramma's zijn onpraktisch en bieden de gebruiker nauwelijks bescherming.

Door Michael Schrage

76 De Zen van luchthavenautomaten

Perfekte zelfbediening is een zegen voor geest en lichaam van de regelmatige luchtreiziger.

Door Michael Schrage

MEMO

Nieuwe publicaties, experimenten en doorbraken – en wat ze betekenen

78 Informatietechnologie

79 Biotechnologie

80 Nanotechnologie

Over Technology Review *Technology Review* wordt in Nederland uitgegeven door Veen Magazines via een licentie van Technology Review Inc., het mediabedrijf van het Massachusetts Institute of Technology (MIT), de grootste technische universiteit en technologische onderzoeksinstituut ter wereld. Het tijdschrift is opgericht in 1899. Het doel van het blad is het beschrijven van opkomende technologieën en het analyseren van hun commerciële, economische, sociale en politieke gevolgen. In de Nederlandse editie treft u behalve artikelen uit de Amerikaanse editie ook artikelen aan uit de Duitse, Chinese en Italiaanse editie. Onze website vindt u op www.technologyreview.nl.

STATISTIEKEN

Cijfers zeggen meer

81 Vooruitgang in het technologische budget

De laatste jaren zijn er meer technologische producten op de markt gekomen, waarvan de prijs vaak drastisch is verlaagd. *Technology Review* bekijkt de ontwikkelingen in huishouduitgaven van Amerikaanse gezinnen voor deze producten.

Door Maryann Jones Thompson

IN MEMORIAM

83 Portrettitist van de aarde

Arthur Robinson combineerde wetenschap en kunst om een van de grootste problemen in de cartografie te overwinnen.

Door Andrew P. Madden



32

OMSLAG ARTIKEL

Netwerken in de lucht

Onbemande vliegtuigen leren zelf te denken.

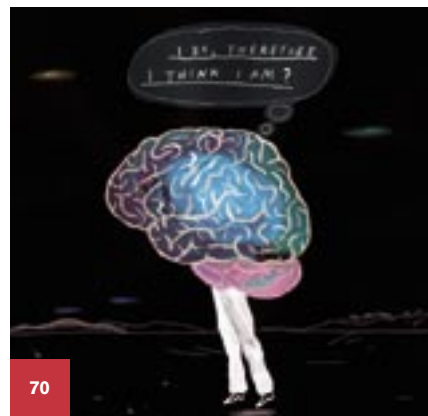


64

DEMO

De biometrie spreekt

Uw vinger, iris en gezicht zeggen wie u bent.



70

RECENSIES

Onvindbaar bewustzijn

Kan neurobiologie het bewustzijn lokaliseren?



83

IN MEMORIAM

Mercators opvolger

Arthur Robinson gaf landkaarten de juiste proporties.

China is ook een risico

HET CHINESE PARLEMENT heeft zonder tegenstemmen een wet aangenomen die de weg vrijmaakt voor een aanval op Taiwan als dat eiland formeel zijn onafhankelijkheid uitroept. Waar in godsnaam maken ze zich in Beijing druk over, was mijn eerste gedachte. Taiwan heeft 29 miljoen inwoners, China 1,25 miljard. Het is alsof Nederland zich drukt maakt over de afscheiding van Rottumerplaat.

Daar gaat de vergelijking natuurlijk al mank. Nederland zou zich helemaal niet druk maken over de afscheiding van Rottumerplaat. In een democratie worden belangen afgewogen volgens een gedeelde, nationale perceptie van dat belang. Rottumerplaat? Mwah...

Zo zal het de gemiddelde Chinees een worst wezen of Taiwan zich afscheidt. De gemiddelde Chinees wil gewoon zo spoedig mogelijk in een Landwind rijden, de Chinese auto die Nederland als eerste land in Europa exporteert. Of hij heeft meer existentiële problemen: hoe combineer ik de zorg voor twee ouders en vier grootouders met mijn werk (in China heet dit de 4,2,1-familie, een gevolg van de communistische éénkindpolitiek).

Trendwatchers verbazen zich over China. Eentje maakt het wel heel erg bont. Volgens hem spreken we als eerste vreemde taal straks allemaal Chinees in plaats van Engels en zijn we ook islamitisch. De naam van deze koffiedikkijker is Adjiedj Bakas van onderzoeksbureau Dexter. Hij hield onlangs zijn nieuwste boek ten doop: *Megatrends Nederland*. Het is niet moeilijk de achilleshiel te vinden in zijn redenering. Waar de meeste futurologie aan mank gaat, is dat ze bestaande trends extrapoleert. Als je dat maar extreem genoeg doet, levert het een lekker leesbaar boek op. Wat futurologen eigenlijk moeten doen is trachten zulke toekomstvisies te onderzoeken op hun waarschijnlijkheidsgehalte: is het mogelijk dat China helemaal niet de industriële supermacht van de eenentwintigste eeuw wordt? Welke factoren zou het van die positie kunnen afhouden?

Laat ik een paar balletjes opwerpen. Ten eerste is China nog steeds een rigide, monolithische, centralistische staat. Beslissingen aan de top hebben verstrekkende gevolgen. De éénkindpolitiek is daar een voorbeeld van. Die was gebaseerd op het malthusiaanse idee dat de snelgroeiende bevolking nooit kon worden gevoed. Hadden de Chinese leiders destijds beter gekeken naar de geschiedenis van de Europese en Amerikaanse landbouw, dan hadden ze geweten dat het opschroeven van de voedselproductie met allerlei technologie geen probleem hoeft te zijn.

Een andere factor die de opmars kan temperen of stuiten is de vergrijzing. Dan zijn er de te lage lonen: Chinese werknemers zullen niet bereid zijn om tot in lengte van dagen ons consumen-tisme te sponsoren met hun arbeid. Vroeger of later gaan de Chinese lonen stijgen en dan gaat veel van het concurrentievoordeel verloren. Uiteindelijk betekent dit dat Chinezen werkelijk innovatief moeten worden. China is nu een kopieerstaat – om niet te zeggen plagieerstaat.

De regering stimuleert ondernemerschap, maar heeft ook bewezen dit net zo gemakkelijk terug te draaien. De grond van tienduizenden olieboeren die zich diep in de schulden hadden gestoken, werd voor een habbekrats onteigend toen bleek dat er olie aanwezig was. China ontbeert een rechtstaat die juridische zekerheden biedt. En het ontbeert politieke vrijheid. Uiteindelijk kan vrije wetenschapsbeoefening – de bron van innovatie – niet gedijen zonder vergaande politieke vrijheid. Grensverleggende denkers hebben het mogen uiten van hun ideeën vrijwel altijd eerst moeten bevechten op de autoriteiten.

Europa heeft er eeuwen van veel bloedvergieten over gedaan om een maatschappij te maken waarin naast het individuele belang ook het collectieve belang een plaats heeft. Spraakmakende publicisten, zoals de Amerikaan Jeremy Rifkin (*The European Dream*) en in Nederland Donald Kalff (*Onafhankelijkheid voor Europa*), denken dat het Europese model in deze eeuw het Amerikaanse model gaat overtreffen. Een van de argumenten van Rifkin komt erop neer dat als alle werknemers elkaars concurrent zijn, ook binnen bedrijven, dit de vrije gedach-tewisseling fnuikt die essentieel is voor een kenniseconomie. De Amerikaanse targetcultuur en het soepele ontslagrecht werken dat in de hand. China importeert dit neoliberalisme en handhaaft daarnaast een totalitaire staat: voor vrij denken is dat een dubbele handicap.

China wil net als de VS een klassieke grootmacht worden. Daarom is territorium zo'n grote preoccupatie van het leiderschap. Dat concept is tot mislukken gedoemd. De Europese Unie is amorf, veelal onzichtbaar, op het oog verdeeld en krachteloos. Maar het is ook een vrije economische ruimte waarin veel sociale rechten zijn gewaarborgd. Veel landen buiten de Unie vinden het vooruitzicht ooit lid te mogen worden van deze vrije statenbond weergaloos aantrekkelijk. In feite is de Europese Unie een soort *open source*-beweging, een juridische code die iedereen mag gebruiken. Dat is veel geraffineerder dan dreigen met een invasie. ■

Uiteindelijk kan vrije wetenschapsbeoefening – de bron van innovatie – niet gedijen zonder vergaande politieke vrijheid.



Cybercash in de ijskast

Wat kan de droom van financiële cryptografie doen herleven?

In 1996 waren cryptografen, bankiers en theoretische denkers via internet aan het filosoferen over de toekomst van het geld, toen een ervan met een briljant idee kwam aanzetten. Als ze gezamenlijk een organisatie zouden vormen, midden in de winter een hotel op de Caribische eilanden zouden boeken en daar een paar bijdragen van elkaar zouden bespreken, zouden ze hun chefs wellicht zover kunnen krijgen dat zij hun verblijf financieren. Ondertussen zouden zij in de zon zitten en dromen over wat er in de virtuele wereld allemaal voor nodig is om geld over te maken, schulden af te lossen, dingen te verkopen, contracten te ondertekenen en kredieten te verlengen.

Bob Hettinga, een organisator van de hieruit voortgekomen Financial Cryptography Conference, wordt enigszins sen-

timenteel als hij terugdenkt aan die eerste ontmoeting in februari 1997 op het eiland Anguilla: “Het was of alle ‘net-dot’-goden waren neergestreken op Anguilla. Nerds op financieel, cryptografisch of ander gebied. Cijfergekken, bankgekken, zelfs mensen die de conferentiebijdrage van 1000 dollar contant betaalden omdat door het bedrijf gesponsorde juristen hen op het hart hadden gedrukt dat ze na eerdere escapades ervoor moesten zorgen niet meer de krant te halen.”

De conferentie van dit jaar in februari en maart in de Dominicaanse Republiek heeft niet dezelfde uitstraling. Het programma zit vol met artikelen over ‘privacybehoudende protocollen’ en ‘voorwaardelijke zekerheidsstelling’, maar bevat weinig bijdragen uit de niet-academische wereld. De mensen die bij echte

10 Biologische oorlog tegen kanker

12 Werk aan het klimaat

financiële instituten werken, zijn gewoon niet meer zo geïnteresseerd in financiële cryptografie als in 1997.

Deze ontwikkeling had men niet verwacht. In 1997 waren bankiers, juristen en accountants nog gefascineerd door wat de digitale tovenaars met slechts enkele vergelijkingen konden doen. Hoewel het gemakkelijk is om van digitale bestanden perfecte kopieën te maken, ontdekten wiskundigen bijvoorbeeld een manier om een digitaal 50-dollarbiljet te produceren dat valsemunten zou dwarsbomen. Zij stelden zich transacties voor die de overhead van een centraal boe-

Bij digitale valuta speelt hetzelfde probleem als destijds bij creditcards, en de acceptatie daarvan heeft jaren geduurd.

kingskantoor vermeden, digitale valuta die rente opbracht en zelfs gecompliceerde beheerprogramma's voor digitale rechten die muziek, kunst en geschreven werk beveiligden met dezelfde vergelijkingen als voor het beveiligen van geld. Om kort te gaan, ze stelden zich een wereld voor waarin rijkdom niet gebonden was aan goud en veilig in een kluis was opgeborgen, maar was opgeslagen in digitale mechanismen die zich konden aanpassen aan de wensen van het publiek. Sommige mechanismen zouden even anoniem zijn als papiergeld en transacties zouden niet meer vereisen dan een muisklik.

Hoewel de wiskunde nog steeds fascinerend is, lijken systemen die erop gebaseerd zijn, nog toekomstmuziek. Vandaag de dag wordt internet gedomineerd door creditcardbedrijven die een systeem hanteren dat in wezen niet veel verschilt van het oude systeem van gekopieerde bonnetjes op carbonpapier. Een van de weinige bedrijven die enige succes boekte in de financiële cryptografie, PayPal, haalt het grootste deel van zijn winst uit eBay-veilingen, waar het in wezen dient als een goed ontworpen front-end voor het creditcardstelsel.

Adam Shostack, een van de oorspronkelijke organisatoren, denkt dat de reden voor het mislukken van financiële cryptografie simpel is. "Mensen zijn conservatief in de manier waarop ze voor

dingen betalen", zegt hij. Een van de problemen voor de mogelijke pioniers in financiële cryptografie zou ook zijn dat het oude creditcardstelsel goed genoeg lijkt voor de online-wereld.

Joseph Nocera, auteur van *A Piece of The Action*, een geschiedenis van de creditcardindustrie, zegt dat digitale valuta te kampen hebben met een 'kip-ei'-probleem, maar wijst erop dat creditcards met hetzelfde probleem te maken hebben gehad en dat de acceptatie daarvan tientallen jaren heeft geduurd.

Omdat ze zich beginnen te realiseren dat er waarschijnlijk nog een lange weg te gaan is, zijn sommige financiële cryptografen op zoek naar niches waarin ze op korte termijn succes kunnen boeken. Het nieuwe bedrijf Peppercoin in Waltham, Massachusetts, het geesteskind van de MIT-informatici Sylvio Micali en Ron Rivest, probeert zich te specialiseren in zeer kleine bedragen. Een van de grotere initiatieven is het ontwikkelen van een cryptografisch systeem dat mensen in staat zou stellen om hun creditcards te gebruiken bij parkeermeters. Als Peppercoins technologie de transactiekosten voldoende naar beneden kan brengen, kan deze de markt veroveren en het ook mogelijk maken dat mensen kleine bedragen online uitgeven.

Het onvermogen om klein geld af te handelen is niet de enige zwakte van het creditcardstelsel dat om cryptografische innovatie vraagt. Fraude en valse identiteiten kosten de samenleving elk jaar miljarden dollars. Paul Syverson, een onderzoeker van het Amerikaanse Naval Research Laboratory, gelooft dat dit de deur openzet voor enkele van de nieuwe vergelijkingen van de Financial Cryptography Conference van dit jaar. De privacybeschermende mechanismen die door sommige wiskundigen worden voorgesteld, hebben ook het voordeel dat het garanderen van transacties niet berust op identiteitsverificatie. Als de geldstroom anoniem is, kan er geen identiteit worden gestolen.

Uiteindelijk, zo gelooft Nocera, zouden de hoge kosten en het aantal fraudegevallen met creditcards de dromen van de Financial Cryptography Conference nieuw leven kunnen inblazen. "Ik ben er heilig van overtuigd dat als iemand ooit uitvindt hoe je de kritische massa kunt bereiken voor een vorm van cybercash die *niet* gebaseerd is op een creditcard, dit internet op zijn kop zou zetten."



VRAGEN AAN MIKE LIEBHOLD

"Deep Place" in kaart brengen

Draadloze netwerken kunnen de fysieke wereld verduidelijken, aldus Mike Liebhold, onderzoeker bij het Institute for the Future en auteur van het white paper "Infrastructure for the new Geography".

Wat is de 'nieuwe geografie'?

We hebben enorme hoeveelheden gegevens, maar de meeste ervan blijven afgeschermd in ontoegankelijke databases. Draadloze netwerken maken deze informatie zichtbaar op plaatsen waar iemand die nodig heeft.

Wat houdt dat in: 'deep place'?

Het coderen van gegevens naar locatie geeft je een overzicht van alles wat er over een bepaalde plek bekend is. Stel je voor dat je waar dan ook een apparaat aan kunt zetten en er verschijnt op het scherm culturele informatie, sociale informatie en restaurants. Of misschien gewoon een rood lichtje om aan te geven dat je in een criminele buurt bent.

Dus hoe gaan we nu verder?

Het Open Geospatial Consortium, het World Wide Web Consortium en andere standaarden en hackersgroepen zijn bezig softwaremechanismen te creëren om allerlei geodata op internet te zetten. Maar het bedenken van een gebruikers-interface voor het ontvangen van de 'diepe' informatie over een bepaalde plek is niet eenvoudig. Mensen hebben al moeite om de Grote Oceaan op de kaart te vinden. Met het www hebben we al een encyclopedie gemaakt. Nu is het tijd voor de atlas. **SPENCER REISS**

TRENDS

Biologische oorlog tegen kanker

Virussen kunnen een krachtig nieuw wapen vormen

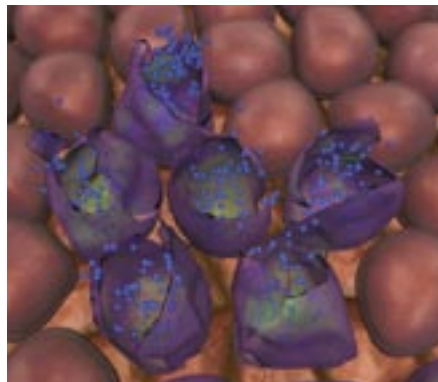
De aanslagen met poederbrieven van 2001 vestigden de aandacht op de kwestie van biologische oorlogsvoering en versterkten de angst dat door terroristen gefinancierde biologen 'supervirussen' kunnen creëren met het doel om te doden. Maar pogingen om virussen naar eigen ontwerp te bouwen gebeuren niet altijd met boosaardige bedoelingen. Met een ongebruikelijke vorm van biologische aanval proberen onderzoekers virussen zo te manipuleren dat ze de cellen vernietigen die bij kankerpatiënten de problemen veroorzaken. Na meer dan tien jaar laboratoriumwerk hebben onderzoekers op het gebied van de 'oncolytische therapie' een kritiek punt bereikt nu ze virussen gaan uitproberen in klinische tests.

Het idee is van een verbluffende eenvoud: laat virussen doen wat ze altijd doen – maar alleen met kankercellen. Alle viruscellen infecteren gastheercellen en zorgen ervoor dat deze het virus repliceren totdat de cellen barsten, waardoor de nieuwe virussen vrijkomen. In tegenstelling tot andere virussen reproduceren oncolytische of kankerbreekende virussen zich alleen in kankercellen, vernietigen ze uitsluitend deze cellen en laten ze normale cellen voor het grootste deel met rust. "Virussen zijn parasieten en willen groeien in cellen die zeer effectief repliceren om zo zelf de grootste kans te hebben om te repliceren", aldus Matt Coffey, directeur van Oncolytics Biotech in Calgary, Alberta. "Kankercellen passen in dat plaatje."

Onderzoekers beginnen meestal met het selecteren van een virus dat agressief replicateert en cellen vernietigt, zoals het herpes simplex virus, bewerken het met de genen die het moet reproduceren zodat het organisme effectief groeit in kankercellen, soms zelfs gericht op verschillende typen tumoren. In sommige gevallen worden er ook genen aan het virus toegevoegd om het effect ervan te versterken: het virus zou een proteïne kunnen produceren dat een niet-toxisch

geneesmiddel alleen in kankercellen omzet in een krachtig chemotherapeutisch agens of het immuunsysteem stimuleert om de tumor aan te vallen.

Momenteel worden diverse oncolytische virussen klinisch getest. Robert Martuza, een neurochirurg van het Massachusetts General Hospital en Harvard Medical School, heeft klinische veiligheidstests gedaan, onder andere van gemuteerde herpesrassen tegen hersentumor. Kenneth Tanabe, hoofd chirurgische oncologie van het Massachusetts



Oncolytische virussen (blauwe stippen) doden kankercellen (paars), maar laten gezonde cellen (roze) ongemoeid.

General, werkt mee aan een klinische test van de behandeling van leverkanker door een herpesras, dat het eigendom is van het Duitse biotechbedrijf Medigene. Cell Genesys, gevestigd in South San Francisco, ontwikkelt kankergerichte versies van het adenovirus, vaak de verwekker van de gewone verkoudheid; een ervan wordt reeds getest bij prostaatkankerpatiënten.

Een verwachting van alle groepen is dat oncolytische therapieën niet alleen tot dusver onbehandelbare vormen van kanker zullen genezen, maar er ook toe bijdragen dat enkele van de vervelendste aspecten van kankeronderzoek tot het verleden behoren. Hoewel proefpersonen soms de milde koorts of de lichte ongemakken van een virale infectie on-

dervinden, heeft nog geen van hen de ernstige bijwerkingen vertoond die bij chemotherapie en straling optreden. Virale therapie moet artsen ook in staat stellen om tumoren te vernietigen zonder naburig weefsel te beschadigen. De eerste resultaten uit de klinische test zijn veelbelovend: bij enkele patiënten was de tumor aanzienlijk gekrompen.

Toch moeten oncolytische therapieën nog een grote hindernis overwinnen. Zoals David Bartlett, hoofd van de afdeling chirurgische oncologie van de University of Pittsburgh Medical Center Cancer Centers, verklaart: "Het enige grote nadeel aan al deze virussen is de reactie van het immuunsysteem van de gastheer"; dat oncolytische virussen aanvalt, zoals het ook alle andere virussen aanvalt. Veel mensen zijn al immuun voor bekende virussen zoals herpes en adenovirus; als dergelijke mensen oncolytische therapie ondergaan, zouden hun immuunsystemen de virussen kunnen vernietigen voordat ze de kankercellen infecteerden.

Onderzoekers zijn wegen aan het zoeken om het probleem van de immuniteitsreacties op oncolytische virussen aan te pakken. Een van de mogelijkheden is het virus rechtstreeks aan de tumor toe te dienen, en zo het immuunsysteem in het bloed grotendeels te omzeilen. Of het zou kunnen blijken dat het immuunsysteem zowel vriend als vijand is. "Het immuunsysteem valt het virus aan", zegt Martuza. "Maar tegelijkertijd zal het de cellen aanvallen waarin het virus zich vermeerdt."

Het zal zeker nog enkele jaren duren voordat de eerste oncolytische virussen worden goedgekeurd door de overheid, maar na meer dan tien jaar ervaring zijn onderzoekers optimistisch dat zij uiteindelijk zullen slagen. "Ik zou eerlijk gezegd niet weten welke van deze virussen effectief zal blijken te zijn", zegt Martuza. "Maar dat is ook niet zo belangrijk. Het is een bloeiend vakgebied, en enkele van deze virussen zullen blijken te werken." ERIKA JONIETZ

Werk aan het klimaat

Het door de Verenigde Naties gesteunde Kyoto-protocol, dat erop is gericht om de emissie van broeikasgassen te reduceren, trad in februari in werking in meer dan 130 landen. Klimaatdeskundigen voorspellen dat de gemiddelde temperatuur op aarde deze eeuw zal toenemen met 1,4 °C tot 5,8 °C. Onderzoekers over de gehele wereld werken aan een breed scala van technologieën - van nieuwe energiebronnen tot microben die kunnen helpen om veel minder methaangas te laten produceren - gericht op het terugdringen van en het leren omgaan met klimaatveranderingen.

MARYANN JONES THOMPSON

KOLEN: FutureGen, een Amerikaans samenwerkingsverband van publieke en particuliere organisaties is een tien jaar lopende, 1 miljard dollar kostende inspanning om een kolengestookte waterstofgas- en elektriciteitscentrale te bouwen die geen emissies heeft.

DUURZAME ENERGIE: Costa Rica betreft 92 procent van zijn energie uit duurzame bronnen.

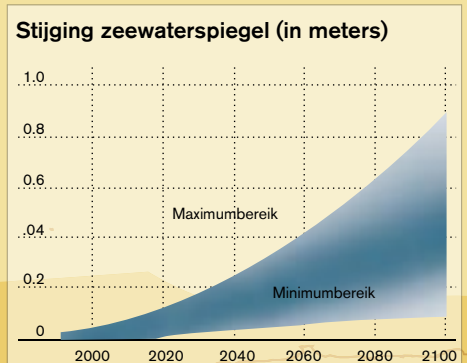
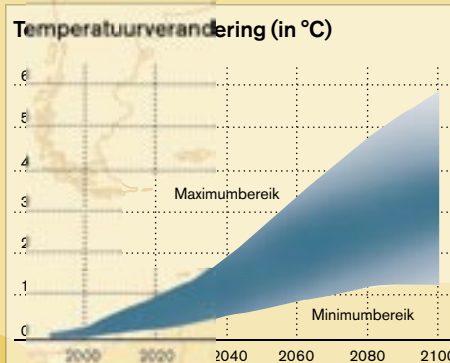
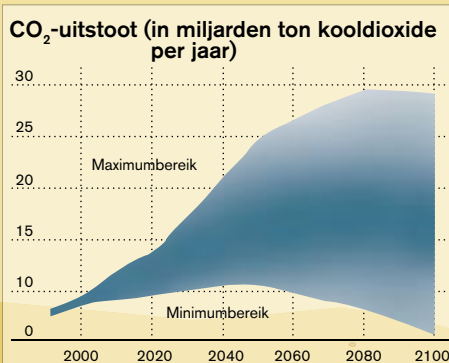
BIODIESEL: In Brazilië is het tankstations nu toegestaan om 2 procent 'biodiesel', een diesel die gewonnen wordt uit plantaardige oliën, toe te voegen aan diesel van aardolie. De regering heeft de stations gemachtigd om tot 2010 het aandeel plantaardige diesel in dieselbrandstof tot 5 procent of meer te verhogen.

WIND: Duitsland genereert eenderde van alle door windenergie opgewekte elektriciteit ter wereld en is van plan om deze capaciteit tot 2030 te verdrievoudigen.

KOOLSTOFVERWIJDERING:

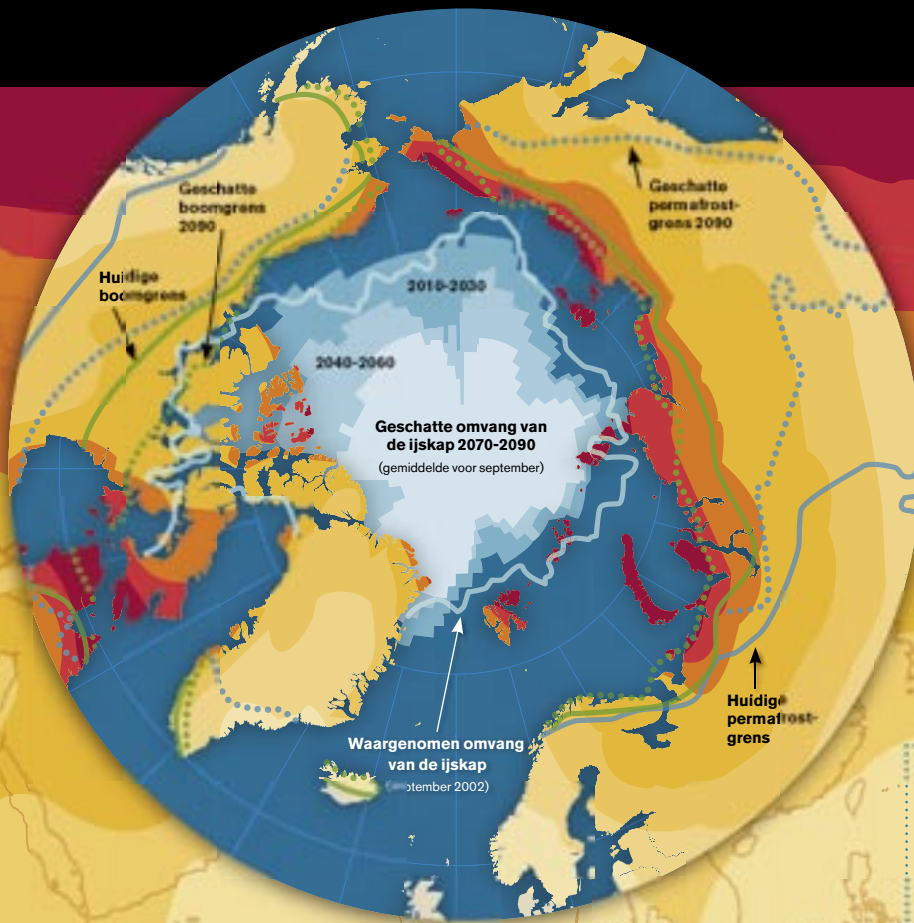
Het J. Craig Venter Institute analyseert watermonsters uit de Sargassozee gebruikmakend van dezelfde snelle onderzoekstechnologieën als die welke gebruikt worden om het menselijk genoom in kaart te brengen. Het instituut heeft 1800 nieuwe soorten microben en meer dan 1,2 miljoen nieuwe genen ontdekt. Het Amerikaanse Department of Energy hoopt dat deze studies ertoe zullen leiden dat wetenschappers organismen en biochemische methoden vinden die inzetbaar zijn om het overschot aan koolstof uit de atmosfeer te verwijderen en schone vormen van energie te bieden.

Naarmate de emissies van broeikasgassen stijgen, stijgen wereldwijd ook de temperatuur en de zeewaterspiegel.



OPMERKING: DE TEMPERATUURKAARTEN ZIJN GEBASEERD OP HET 'B2'-SCENARIO VAN DE AMERIKANSE INTERGOVERNEMENTELE COMMISSIE KLIMAATVERANDERING, EEN RELATIEF CONSERVATIEF SCENARIO DAT UITGAAT VAN AANHOUDEnde BEVOLKINGSGROEI, EEN GEMIDDELDE ECONOMISCHE GROEI, EN GEMATIGDE NIVEAUS VAN DIVERSE TECHNOLOGISCHE VERANDERINGEN. DE WERELDKAART TOONT DE GESCHATTE VERANDERING IN TEMPERATUUR TUSSEN DE PERIODEN 1961 TOT 1990 EN 2071 TOT 2100. DE ARCTISCHE KAART TOONT DE KLIMAATVERANDERING VAN 1990 TOT 2090.

POINT BY POINT PUBLISHING / OCHSENREITER



Geschatte verandering in de gemiddelde temperatuur over de komende eeuw (°C)

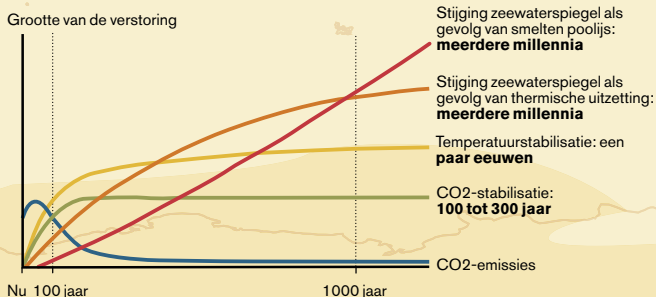


VOORSPELLING: Het Centre for Global Atmospheric Modelling in Engeland maakt gebruik van een van 's werelds krachtigste supercomputers om betrouwbaarder weersvoorspellingen voor de lange termijn te maken om landen te helpen zich voor te bereiden op de gevolgen van klimaatverandering. De zogenoemde 'Aarde-simulator' in het Japanse Yokohama is goed voor een continue rekenprestatie van 35,86 teraflops, heeft een hoofdgeheugen van 10 terabyte en is ondergebracht in een gebouw ter grootte van vier tennisvelden.

WATERSTOFGAS: Tokyo Gas lanceerde begin februari 's werelds eerste brandstofcelsysteem voor gebruik thuis. In dit proefproject kan een huiseigenaar een eenheid leasen die waterstofgas wint uit aardgas en dit gebruikt om genoeg elektriciteit te genereren voor zo'n 60 procent van de behoefte van een doorsnee vier-persoonshuishouden. Elke eenheid zal de jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen van een huishouden met ongeveer 40 procent doen afnemen. Tien jaar leasen gaat 1 miljoen yen kosten (9607 dollar) en met de besparingen als gevolg van verminderd energiegebruik wordt de lease niet geheel terugverdiend; het tekort is ongeveer 40.000 yen (384 dollar) per huishouden per jaar.

Tijd die het kost om het evenwicht te herstellen

Deskundigen op het gebied van klimaatverandering voorspellen dat zelfs wanneer de emissies sterk worden beperkt, de effecten ervan op het milieu zich nog honderden, zo niet duizenden jaren zullen laten blijven voelen.



METHAANREDUCTIE: Vee, dat een grote uitstoot van methaan veroorzaakt, is goed voor meer dan de helft van Nieuw-Zeelands emissies van broeikasgassen. De Pastoral Greenhouse Gas Research Consortium financiert onderzoek naar reductie van de methaanproductie van grazende dieren; projecten zijn onder andere de ontwikkeling van nieuwe voedselsamenstellingen en het zoeken naar virussen die selectief gasproducerende bacteriën in de maag van de dieren kunnen doden.

BRON: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, ARCTIC CLIMATE IMPACT ASSESSMENT, U.N. FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE

Microsoft: op weg van 'R' naar 'D'

Het lab van Microsoft in Beijing loopt voorop met een nieuwe methode om onderzoek om te zetten in producten.

KAN EEN FIRMA meer innovatie voortbrengen dan ze aan kan? Het komt voor. Dit probleem was het belangrijkste onderwerp van discussie voor een kleine groep leidinggevenden van Microsofts onderzoekslaboratorium in Beijing, toen zij zich in november 2002 terugtrokken in een plaats met mineraalbronnen in Zhuhai, niet ver van de grens van China met Macao. Het brainstormen leverde een veelbelovende oplossing op voor een fundamenteel probleem waarmee Microsoft en veel andere hightech bedrijven worden geconfronteerd: hoe kun je meer innovaties sneller van onderzoek naar ontwikkeling en naar de markt leiden. Hun idee: een nieuw type organisatie die de kloof tussen 'R' en 'D' overbrugt en die veel van de flessenhalzen in productontwikkeling en de geografische en culturele verschillen oplost die vandaag de dag de gang van zaken belemmeren bij wereldwijd opererende concerns.

Het Advanced Technology Center (ATC) van Microsoft opende in november 2003 zijn deuren met twintig medewerkers en een klein aantal projecten. Tegen het einde van het afgelopen jaar, toen het al meer dan 30.000 cv's vanuit heel China had ontvangen, had het meer dan honderd medewerkers, zo'n zeventien grote projecten en verschillende kleinere in zijn boeken; het is de bedoeling dat het ATC dit jaar gaat verdubbelen in omvang. In de komende paar jaar verwacht het centrum het belangrijkste technologie-transferpunt te worden voor een scala nieuwe producten, van internetzoektechnologieën tot mobiele toepassingen en systemen voor home-entertainment. Op basis van de kracht van deze innovaties hoopt Hongjiang Zhang, directeur en medeoprichter van het centrum, een belangrijk alternatief te bieden voor de traditionele strategie van Microsoft om producten



Microsoft Advanced Technology Center

Locatie: Beijing, China

Opgericht: november 2003

De situatie: Nu China zich ontwikkelt van technologievolger tot wereldwijd leider, heeft Microsoft een nieuw type organisatie opgezet om innovaties sneller klaar te stomen voor de Chinese markt - en die daarbuiten.

in de VS te creëren, ze vervolgens in Europa aan de man te brengen, om ze daarna pas voor de Chinese markt aan te passen. "China moet nog loskomen, maar China is zeker geen volger meer", zegt hij. "Zij beginnen steeds meer het voortouw te nemen."

Waarom zou je dan niet de bestaande strategie aanvullen door nieuwe producten in China te ontwikkelen en te testen, om ze daarna in de VS te introduceren?

Noodzaak: moeder van ontwikkeling

Het ATC bezet de helft van één verdieping van een zes verdiepingen tellend kantoorgebouw in het district Haidian in het noordwestelijk deel van Beijing, hetzelfde gebouw dat onderdak geeft aan Microsoft Research Asia, een van de zes onderzoekslaboratoria die Microsoft er wereldwijd op na houdt. Het verbeteren

van de overdracht van technologie van deze 170 medewerkers tellende onderzoeksfaciliteit naar de productontwikkelingsgroepen in het hoofdkwartier van Microsoft in Redmond is de enige reden waarom het centrum bestaat; dat het lab zo dichtbij is, maakt het overdragen veel gemakkelijker.

Zhang zegt dat de zaken die een rol speelden bij de oprichting van het ATC niet afwijken van wat normaal is bij organisaties die zijn gericht op onderzoek en ontwikkeling. Nadat onderzoekers een uitvinding of een nieuw stuk programmacode overdragen aan productontwikkelaars, is er nog veel bijschaven en testen nodig om deze klaar te stomen voor commerciële vrijgave, iets wat de productontwikkelaars niet altijd voor elkaar krijgen. Vaak hebben zij hun handen vol aan dringende zaken, zoals het vernieuwen van bestaande functies of het verbeteren van de veiligheid. Zelfs een fantastische uitvinding kan net op het verkeerde moment aangeleverd worden in de productontwikkelingscyclus. "Dit betekent dat het voor de productgroep een te groot risico en een te grote afleiding kan zijn om een team te formeren en de verantwoordelijkheid voor het ontwikkelen van die uitvinding op zich te nemen", aldus Zhang.

Zijn opvattingen hierover worden gedeeld door Dennis Adler, general manager business development van het ATC. Met zijn thuisbasis in Redmond is hij de contactpersoon tussen het centrum en de productgroepen van Microsoft, die enerzijds de bedrijfspgroepen voorziet van informatie over de vorderingen in Beijing, en anderzijds de ATC-medewerkers kennis laat nemen van ontwikkelingsschema's en randvoorwaarden. Heel vaak is het zo, zegt hij, dat de productgroepen heel graag een of andere mooie nieuwe functie of technologie willen opnemen maar simpelweg geen mensen beschikbaar hebben om dat uit te voeren. "Er zijn tech-transfers die om deze reden niet doorgegaan zijn", zegt hij. "Daarom is het ATC opgezet, als manier om dat gat te helpen dichten."

Doordat het gewoonlijk meerdere jaren kost voordat onderzoeksprojecten iets opleveren wat kan worden gecommercialiseerd, had het overdragen van innovaties aan ontwikkeling zeker niet de hoogste prioriteit toen het lab in Beijing in 1998 werd opgezet. Toch werd er al in het begin een groep gevormd om de onderzoekers te helpen demo's te bouwen om

concepttechnologieën aan hun onderzoekscollaga's in Redmond en aan de verschillende bedrijfsgroepen te laten zien, waarbij aan elk van ongeveer tien projecten twee ingenieurs of programmeurs werden toegewezen. Naarmate het lab groeide en de projecten serieuze kandidaten voor productontwikkeling werden, werd het duidelijk dat sommige projecten misschien wel vijf of meer ingenieurs nodig hadden om de intensieve tests en de nadere uitwerking in voorontwikkeling af te handelen, die nodig is om te verifiëren of een onderzoeksprototype, waar maar één exemplaar van bestaat, in massa geproduceerd kan worden.

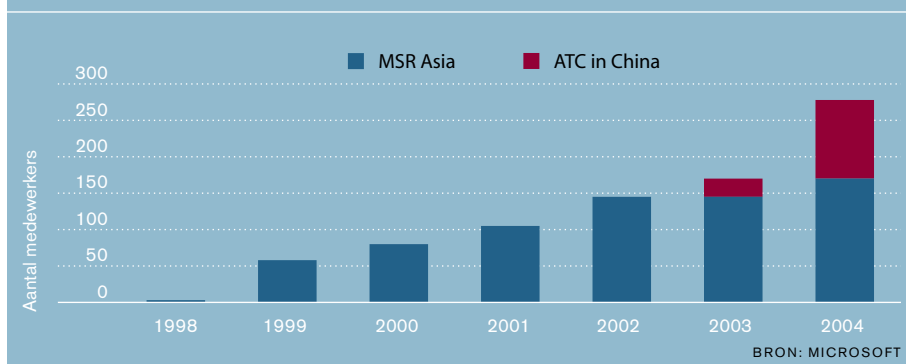
Aanvankelijk, eind 2001, werd de oplossing gezocht in het opzetten van een gecentraliseerde, flexibele organisatie helemaal gericht op technologieoverdracht. In plaats van toegewezen te worden aan specifieke labprojecten, gingen de ingenieurs in de nieuwe Technology Transfer Group (TTG) naar de plek waar zij op dat moment nodig waren – en met zoveel mensen als nodig was. De nieuwe groep betekende een grote stap vooruit, zegt Zhang. Maar naarmate het lab zich verder ontwikkelde, produceerden steeds meer onderzoeksteams steeds meer veelbelovende technologie. “De schaal is nu groter”, aldus Zhang. Er ontstond dan ook behoefte aan iets groters dan de TTG.

De groep die zich eind 2002 voor de ‘hetebronnenretraite’ verzamelde, bestond naast Hongjiang Zhang ook uit Ya-Qin Zhang (geen familie), die van midden 2002 tot begin 2004 aan het hoofd stond van het onderzoekslab in Beijing, alvorens vice-president te worden van Microsofts Mobile and Embedded Devices divisie. Ook Harry Shum deed mee, op dat moment de nummer twee van het lab en momenteel directeur ervan, en een handvol andere medewerkers.

Centraal in hun denken stond de status van China als meer dan slechts een opkomende markt. Dankzij locaties als het lab in Beijing zette het land zijn stempel op de creatie van informatietechnologie, en de ‘hetebronbadars’ bedachten zich dat een ander type organisatie, groter en systematischer verweven in de productontwikkelingscyclus van Microsoft dan de TTG, het bedrijf zou helpen die creativiteit beter te benutten. “Zo ontstond het ATC-concept”, zegt Ya-Qin Zhang, die het idee als eerste opperde. “Het is een kraamkamer voor nieuwe technologie”, technologie ‘made in China’.

Groei van Microsofts Aziatische onderzoeksactiviteiten

Microsofts Advanced Technology Center in China is in één jaar verviervoudigd in omvang.



Ballmers aanbeveling

Een paar dagen later formaliseerde Ya-Qin Zhang het idee in een voorstel aan Microsofts senior vice president Rick Rashid, die de wereldwijde operaties van Microsoft Research aanstuurt. Het plan richtte zich op vier belangrijke doelen: het versterken van de technologieoverdracht door meer producten efficiënter in ontwikkeling te brengen, het op nieuwe manieren aanboren van Chinees talent, het voorbereiden op een opkomende Chinese markt en het uitbreiden van in China gecreëerde technologie om deze over de rest van de wereld te verspreiden.

Rashid verwelkomde het concept en vroeg om een nader uitgewerkt voorstel. Hij ging met het plan naar Bill Gates, liet mogelijke projecten zien en vroeg hem toestemming voor een 50 procent toename van de personeelsbezetting voor het lab in Beijing. De topman van Microsoft gaf het groene licht.

De laatste persoon die overtuigd moest worden was CEO Steve Ballmer, die dergelijk omvangrijke nieuwe uitbreidingen van het personeelsbestand moest goedkeuren. Ballmer verraste Rashid door te vragen of die 50 procent toename van personeel wel genoeg was. Zijn redenering was dat tegen de tijd dat een innovatie het tot in het Advanced Technology Center heeft gebracht, het zo goed als zeker moet zijn dat hiermee een commercieel product gemaakt kan worden. Daarom zou het ATC geen scherp begrensde omvang moeten hebben. “Ik ga ervoor zorgen dat er geen plafond meer is”, zo deelde Ballmer Rashid mee. Omdat de productgroepen het meest gaan profiteren van het

nieuwe centrum, zo merkte hij verder op, zouden zij moeten betalen voor deze investering in voorontwikkeling.

Volgens Hongjiang Zhang is Ballmer “erg slim” en heeft diens financieringsvoorstel bewezen een zeer verstandige zet geweest te zijn. Als de productgroepen betalen voor een project, hebben zij een groter belang erbij dat het gaat werken, waardoor de kans op succes toeneemt.

De opening van het Advanced Technology Center in november 2003 was zo gekozen dat deze samenviel met het vijfjarig jubileum van Microsoft Research Asia. Om te helpen de enorme stortvloed aan cv's af te handelen, begon Zhang in elf steden schriftelijke examens af te nemen, met twee sessies eind 2003, een in februari 2004 en twee in oktober en november 2004. Aan het eind van het afgelopen jaar begon het centrum ook een van de prototypetechnologieën van het lab in Beijing hierbij in te zetten, een cv-screener die de kandidaten op basis van test-scores en andere parameters indeelt in categorieën en die voorrang geeft aan afgestudeerden van de belangrijkste informatica- en technische opleidingen.

Zhang en managing director van het Beijing-lab Harry Shum gloeien haast van opwinding wanneer zij praten over het talent dat door deze cv's werd gerepresenteerd. Zij zetten hun nieuwe medewerkers meteen aan het werk. Het eerste product was een videobewerkingstechnologie waarmee eenvoudig sport en nieuwsflitsen zodanig zijn samen te vatten dat een uur video wordt gecomprimeerd tot vijf minuten. Deze software maakt nu standaard deel uit van Movie

Maker 2.1, onderdeel van Microsoft XP. Ook de Windows XP Media Center Edition 2005, een versie van het XP-besturingssysteem speciaal bedoeld om het gemakkelijkertemakenhome-entertainment te besturen vanuit een pc, bevat technologieën die door het onderzoekslab in Beijing gecreëerd en door het ATC verder ontwikkeld zijn.

Begin 2005 werd Microsoft kariger met mededelingen over de projecten die in de ATC-pijplijn zitten - projecten waarvan men verwacht dat ze binnen de komende twee jaar commerciële producten opleveren. Zhang wil wel loslaten dat er zes verschillende Microsoft-productdivisies zijn die op dit moment projecten binnen het ATC financieren.

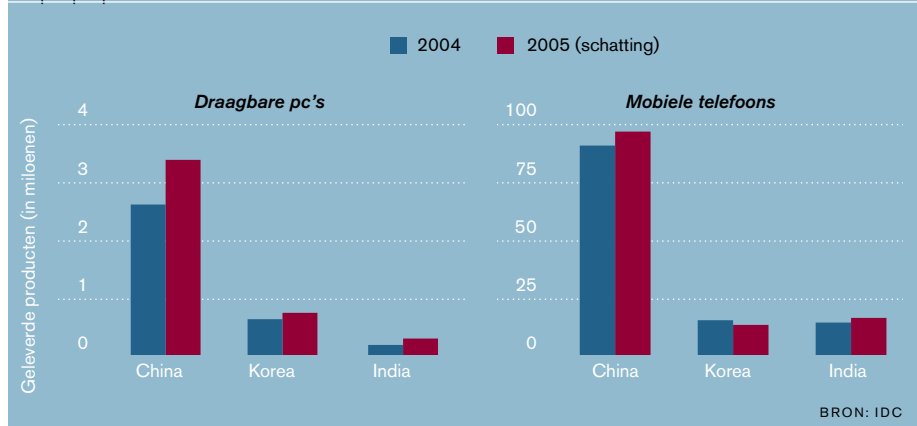
Hij zinspeelt op de ontwikkeling van een belangrijk nieuw product, iets op het gebied van zoektechnologie. Microsoft-onderzoekers hebben al een tiental jaren gewerkt aan zoeken en, zo zegt Zhang, het lab in Beijing nu al vijf jaar. Het ligt in de lijn der verwachting dat een deel van dat werk het stadium van commercialisering nadert; waarschijnlijk zal het te maken hebben met Microsofts MSN internet-portal-activiteit en met de Windows Client-groep, die verantwoordelijk is voor de besturingssystemen van het bedrijf.

Ook de Natural Interaction and Services-divisie, momenteel gerund door Kai-Fu Lee die in 1998 het lab in Beijing oprichtte, sponsort verschillende projecten. Maar belangrijkste klant van het ATC is de divisie Mobile and Embedded Devices. “We richten ons in sterke mate op mobiliteit”, zegt assistant director Eric Chang van het ATC. “China staat nu nummer één wat betreft de markt voor mobiele telefoons en het verzadigingspunt is bij lange na nog niet bereikt, dus ik denk dat we nog geruime tijd nummer één zullen blijven.”

Aan het hoofd van Microsofts mobiele activiteiten staat Ya-Qin Zhang, die erg gelukkig is met zijn geesteskind. “Het ATC is een supersucces”, zegt hij. “Redmond ziet het ATC inmiddels als een sterorganisatie. Iedere productgroep wil samenwerken met het ATC.” Hoewel het centrum vooral gericht is op de uitvindingen van het lab in Beijing, geven Microsoft-officials aan dat het uiteindelijk ook de innovaties zou kunnen afhandelen van de andere onderzoeksgroepen binnen de onderneming in Cambridge, Engeland; Bangalore, India; Palo Alto en San Francisco in Californië; en ook Redmond.

Azië gaat mobiel

China zal in 2005 meer dan 96 miljoen mobiele telefoons en 3 miljoen laptops produceren.



Zorgen voor de toekomst

Niet alles ging van een leien dakje. Volgens Hongjiang Zhang was het grootste probleem tot nog toe hoe de instroom van nieuwverworven medewerkers, van wie velen vers van de Chinese universiteiten komen, geholpen kan worden zich aan te passen aan de cultuur van Microsoft. Een Engelse schrijver is aangenomen om belangrijke e-mails en documenten te redigeren alvorens ze worden verzonden. “We kwamen er echter al snel achter dat de Engelse taal slechts een onderdeel is van een grotere communicatiebarrière. Het gaat eigenlijk meer om cultuurverschillen. Hoe reageer je op iets? Hoe werk je samen met een team dat zich zestien uur ver weg bevindt en hoe pak je alle resultaten die zij afleveren netjes op?” Ter ondersteuning voor dit soort zaken heeft het centrum een programma opgezet om toekomstige managers te trainen.

Dennis Adler, de contactpersoon voor het ATC in Redmond, bezoekt Beijing meerdere keren per jaar en ontvangt elke maand bezoekers van het ATC. Ook maakt hij gebruik van een reeks van communicatiemiddelen (e-mail, voice over internet, videoconferentie) om de tijds- en afstandskloof tussen zijn collega's in Beijing en hemzelf te overbruggen. “Je moet er gewoon meer energie in stoppen om de communicatie gaande te houden.”

Er liggen mogelijk nog grotere problemen in het verschiet. Het in goede banen leiden van de groei van het centrum zal niet meevallen als het ergens dit jaar opstoot tot voorbij de grens van tweehonderd medewerkers. “Groeien op zich is

niet zo'n punt, maar om het vol te houden is wel moeilijk”, zegt Bin Lin, director of engineering van het ATC. Naarmate er meer werknemers aan boord komen, wordt het volgens Lin steeds moeilijker om de kwaliteit te handhaven en deadlines te halen; de leiding van het centrum loopt het risico dat ze zo in beslag genomen wordt door het besturen van het hier en nu dat zij nieuwe kansen over het hoofd ziet.

Een ander probleem is dat ingenieurs na eerst een jaartje de kneepjes van het vak geleerd te hebben, weggekocht worden door Chinese firma's, zegt Henry Chesbrough van het Center for Open Innovation van de University of California, Berkeley's Haas School of Business. Omdat ze geen echt onderzoek doen, missen de ingenieurs de voordelen van een onderzoeksomgeving die hen zou kunnen verleiden om te blijven, zoals vrijgesteld zijn van strakke ontwikkelingschema's, zegt Chesbrough. Omdat ze in hun werk getraind worden om productontwikkelingsproblemen op te lossen, hebben ze vaardigheden die enorm aantrekkelijk zijn voor andere bedrijven.

Hongjiang Zhang is zich goed bewust van deze mogelijke valkuilen. Maar hij gunt zich nog even de tijd zich te koesteren in het vroege succes van het centrum. Zhang zegt dat hij bijzonder geraakt was toen Senior Vice President Rashid hem zei dat “veel van de dingen die Microsoft zou moeten doen en ook zou willen doen, zonder het ATC nooit van de grond zullen komen.”

ROBERT BUDERI, IN BEIJING;
VERTALING: MARIANNE KERKHOF

Genetic Savings and Clone: geen poeslief project

Is het klonen van katten rendabel?

EEN WETENSCHAPPELIJKE DOORbraak kan al snel uitmonden in een public-relationsdrama, zo ondervond Lou Hawthorne, CEO van Genetic Savings and Clone (GSC), in februari 2002. Door GSC gefinancierde onderzoekers van Texas A&M University in College Station, Texas, hadden zojuist 's werelds eerste gekloonde kat, CC, gemaakt. Dit resultaat was een cruciale stap in de richting van het streven van GSC om huisdiereigenaren van wie de kat of hond te oud wordt of al overleden is, aan een duplicaat van hun huisdier te helpen. Het probleem was echter dat CC niet bepaald een natuurgetrouwe kopie was. Ze was een grijsgestreepte poes en leek in niets op haar genetische donor, een rode lapjeskat genaamd Rainbow.

De wetenschappelijke verklaring was simpel. De kleur van de vacht van een lapjeskat wordt bepaald door genen op zijn X-chromosomen, en in elke cel van het lichaam van de lapjeskat wordt willekeurig een van de twee X-chromosomen geïnactiveerd. In de cel die de wetenschappers uit Rainbows lichaam hadden gehaald om CC te creëren waren de 'rode vacht'-genen klaarblijkelijk niet actief. Maar negatieve krantenartikelen maakten geen melding van deze details en de communicatieafdeling van Texas A&M deed ook niet veel moeite om een en ander duidelijk te maken, aldus Hawthorne. "Ze kwamen steeds weer met dezelfde reactie: 'We hebben altijd gezegd dat het om reproductie ging, niet om wederopstanding'. Hiermee brachten ze onze naam evenveel schade toe als wanneer ze ronduit gezegd hadden dat klonen niet op hun donoren zullen lijken. Wie zou er nog een gekloond huisdier willen als het niet op het originele dier gaat lijken?"

Natuurlijk zijn er geen andere huisdierloonbedrijven – wat betekent dat GSC zijn eigen oplossingen voor een reeks ongewone zakelijke problemen moest oplossen, waarvan het Texaanse debacle slechts het eerste was. De grootste uitdagingen voor het bedrijf: het bedrijf loswaken van zijn academische oorsprong en zoeken naar technieken om nieuwe CC's te voorkomen, en het klonen van huisdieren omvormen tot een betrouwbaar proces. Dan zijn er nog de onvermijdelijke aantijgingen van critici dat het klonen van huisdieren een gevaarlijke activiteit, uitbuiting, heiligschennis of verspilling is. Zo heeft de San Francisco *Chronicle* de door GSC gekloonde katten aangeduid als "Frankenpets" en heeft columniste Debra Saunders gepleit voor een verbod op het klonen van huisdieren.

De onmiskenbaar excentrieke aspecten van het bedrijf maken het natuurlijk tot een gemakkelijk doelwit. Het bedrijf wordt bijvoorbeeld uitsluitend gefinancierd door de 84-jarige miljardair John Sperling, een berucht buitenbeentje in het zakenleven die rijk is geworden door het oprichten van de commerciële Universiteit van Phoenix. De afgelopen jaren heeft Sperling meniggeen de wenkbrouwen doen fronsen door tientallen miljoenen te investeren in controversiële aangelegenheden, zoals antiverouderingswetenschap en de legalisatie van marihuana voor medische doeleinden. En Hawthorne is zeker geen doorsnee wetenschappelijk opgeleide biotech-CEO; integendeel, hij is een voormalig filmmaker, producer van interactieve media en voormalig Zen-beoefenaar. Daarnaast heeft GSC zijn prijzen zeer hoog gesteld – 50.000 dollar voor één katkloon.

Toch is Genetic Savings and Clone volgens Hawthorne een serieus bedrijf en is



Genetic Savings and Clone

Hoofdkantoor: Sausalito, Californië

Opggericht: 2000

Aantal medewerkers: 30

De situatie: Wat in 1997 begon als een Don Quichot-achtig avontuur van miljardair en idealist John Sperling om de hond Missy te klonen, is uitgegroeid tot een bedrijf dat in december een gekloonde kitten heeft afgeleverd. Het omvormen van het voormalige universiteitsproject naar een commerciële dienst vereiste niet alleen een forse investering van Sperling, maar ook een revisie van de wetenschappelijke, bedrijfskundige en mediastrategieën.

Sperling een "strenge meester" die verwacht dat zijn investering zich terugbetaalt. Het bedrijf nadert al zijn eerste cruciale mijlpalen. Maar of het van het klonen van huisdieren een winstgevende activiteit kan maken, zal afhangen van wat Hawthorne "de drie pilaren" van de zakelijke strategie van het bedrijf noemt: voorlopende wetenschap, schaalbare operaties en uitgebreide communicatie.

Het was tijdens een ontbijt met Hawthorne in 1997, kort nadat het schaap Dolly de voorpagina's haalde als de eerste kloon van een zoogdier, dat Sperling besloot dat hij Missy wilde klonen, een dartele kruising tussen een Border collie en een Siberische husky van zijn vriendin Joan Hawthorne (de moeder van Lou

Hawthorne). Hawthorne deed een haalbaarheidsonderzoek, waarna Sperling het groene licht gaf en zo werd Missyplicity geboren, een drieënhalve jaar durend project van 4 miljoen dollar, dat werd toegewezen aan kloonexpert Mark Westhusin en zijn team van Texas A&M.

Honden- en kattenliefhebbers in het hele land begroetten het project met enthousiasme en schreven verzoeken of zij ook niet hun huisdieren konden laten klonen. Het feit dat er kennelijk vraag naar was inspireerde Sperling en Hawthorne om rond het werk van Westhusin een commerciële dienstverlening op te zetten en in 2000 werd Genetic Savings and Clone opgericht. In eerste instantie was het bedrijf voornamelijk gericht op het financieren van het onderzoek bij Texas A&M. Het begon echter ook met een 'genenbank'-dienst die cryogene bewaring van kloonbare weefsels van levende of recent overleden huisdieren aanbood.

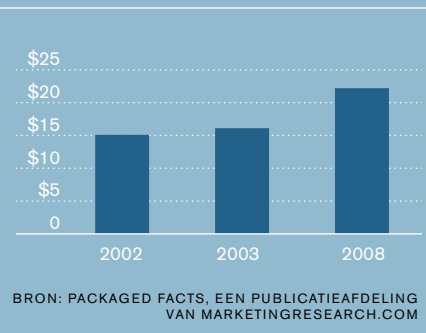
Terwijl GSC van de grond kwam, wilde het bij Missyplicity niet lukken. De Texaanse onderzoekers hadden moeite om voldoende eicellen voor hun experimenten te verzamelen. Wat erger was, de kerntransplantatie – de techniek die gebruikt werd om Dolly en de meeste andere landbouwdieren te klonen – resulteerde in vrijwel geen enkele levende, gezonde, identieke katkloon. Kerntransplantatie bestaat uit het verwijderen van de kern uit een eicel en het in de eicel injecteren van nucleair DNA uit de donorcel; de eicel gebruikt het nieuwe nucleaire DNA om een embryo te produceren dat genetisch identiek is aan de donor. Deze procedure is zelden succesvol.

Volgens Hawthorne wezen de Texaanse onderzoekers zijn verzoeken af om niet alleen naar kerntransplantatie te kijken en met nieuwere kloontechnieken te experimenteren. Toen CC er uiteindelijk was, was het een gezonde kitten, maar doordat ze niet op Rainbow leek, ging het laatste sprankje hoop op een herstel van de vertroebelde relatie verloren. Het bespoedigde ook een vertrouwenscrisis binnen GSC. "We maakten een behoorlijk zware tijd door. Misschien wel een derde van onze medewerkers was onherstelbaar negatief over de toekomst van het bedrijf. Er volgden ontslagen en reorganisaties." Missy stierf in 2002, toen ze vijftien jaar oud was (haar weefsels werden bewaard in de genenbank).

Een jaar lang zag het er naar uit dat GSC het niet zou redden. Maar halver-

VS-markt voor huisdierproducten en -diensten groeit

Amerikanen gaven in 2003 meer dan 16 miljard dollar uit aan hun huisdieren.



wege 2005, na maanden lobbyen, wist Hawthorne Sperling uiteindelijk ervan te overtuigen dat GSC zijn contract met het Texaanse project niet moest vernieuwen, maar in plaats daarvan zijn eigen laboratoria moest bouwen en de rechten moest verwerven om een nieuwe kloontechniek te verwerven, chromatinetransplantatie genoemd, ontwikkeld door Aurox uit Connecticut. Bij chromatinetransplantatie worden donorcellen eerst behandeld om de moleculen die met celdifferentiatie te maken hebben uit de donorcellen te verwijderen; door dit te doen wordt de donorcel hergeprogrammeerd tot een niet-gedifferentieerde toestand. Of, zoals Hawthorne het stelt, chromatinetransplantatie produceert gezonde embryo's in een tempo dat "gelijke tred houdt met de natuur". GSC gebruikte deze techniek in 2004 om de kittens Peaches, Tabouli en Baba Ganoush te creëren, identieke kopieën van hun genetische donoren.

In december leverde GSC een gekloonde kat met de naam Little Nicky aan zijn eerste betalende klant. Er zijn nog vier kittens voor klanten in de maak. GSC heeft echter nog "een lange weg te gaan voordat we de investeringen hebben terugverdiend", geeft Hawthorne toe. "Elk jaar geven we miljoenen dollars uit aan onderzoek en het afgelopen jaar hebben we vijf klonen verkocht van 50.000 dollar per stuk. Die 250.000 dollar zal niet eens voldoende zijn voor de nieuwe microscoop die we hebben besteld."

De microscoop vormt een onderdeel van een nieuwe kloonfaciliteit van 1 mil-

joen dollar, iets buiten Madison, Wisconsin, die deze lente van start moet gaan. Aan de wetenschapskant is GSC bezig enkele van 's werelds experts op het gebied van klonen aan te trekken om de faciliteit te runnen en de uitdaging van het klonen van honden op zich te nemen, wat nog lastiger blijkt dan het klonen van katten. Dit komt omdat honden tot de zeldzame zoogdieren behoren waarvan de eicellen bij het verlaten van de eierstokken nog niet gerijpt zijn; voordat ze bruikbaar zijn voor klonen, moeten de eieren in de eileiders worden blootgesteld aan een reeks biochemische signalen. Maar het nieuwe hoofd van de wetenschappelijke afdeling van het bedrijf, Philip Damiani, zegt dat er al aan gewerkt wordt om die problemen te overwinnen: "Genetic Savings and Clone heeft kosten noch moeite gespaard om de beste apparatuur en de beste mensen in huis te halen."

In de communicatie is GSC agressief openhartig over zijn activiteiten: zo heeft de Madison-faciliteit een U-vormige observatiehal met een van glazen wanden voorzien interieur waardoor journalisten en cameraploegen het gehele kloonproces kunnen volgen. Ook heeft het bedrijf veel denkwerk en geld gestoken in logistiek en bedrijfsvoering. Het heeft bijvoorbeeld aangepaste software gebouwd om de genenbank, laboratoriumvoorraden en kloonontwikkeling te volgen; een netwerk van sterilisatieklinieken en hondenfokkerijen opgezet zodat er continu aanbod van eicellen en surrogaten is; en het is een partnership met een Londense micro-engineering firma aangegaan om kunstmatige eileiders te bouwen voor het rijpen van hondeneicellen in het lab.

Eerst moet GSC bewijzen dat het op een veilige manier honden kan klonen, de productie opschroeven tot tientallen of honderden klonen per jaar en zijn prijzen verlagen – allemaal zaken die tijd nodig hebben. Gelukkig "doet Sperling geen toezeggingen voor de korte termijn", zegt Hawthorne. Ten minste één resultaat zal er niet later, maar eerder zijn dan verwacht: GSC verwacht Missy tegen het eind van dit jaar te klonen. Voor de biomedische wetenschap mag dit misschien geen grote stap zijn, zegt Hawthorne, maar zijn moeder zal er zeker blij mee zijn. "Zijn we kanker aan het genezen? Nee, we klonen huisdieren. Is dat iets wat de totale hoeveelheid plezier op aarde doet toenemen? Wij denken van wel."

WADE ROUSH; VERTALING: MARIANNE KERKHOFF

Het darwinistisch intermezzo

Biotechnologie zal een einde maken aan de soorten. Prima: culturele evolutie is beter dan natuurlijke selectie.

IN HET JUNI NUMMER 2004 VAN *Microbiology and Molecular Biology Reviews* publiceerde Carl Woese een provocerend en verhelderend artikel met de titel 'Een nieuwe biologie voor een nieuwe eeuw'. Zijn voornaamste onderwerp is het rudimentair worden van de reductionistische biologie zoals die de afgelopen honderd jaar is toegepast, en de behoefte aan een nieuwe biologie gebaseerd op leefgebieden en ecosystemen in plaats van op genen en moleculen. Hij stelt ook een andere belangrijke vraag aan de orde: wanneer begon de darwinistische evolutie? Met darwinistische evolutie bedoelt hij wat Darwin onder evolutie verstond, gebaseerd op de strijd om te overleven tussen zich niet onderling voortplantende soorten. Woese komt met bewijs dat de darwinistische evolutie niet teruggaat tot het ontstaan van leven. In het eerste begin was het proces dat hij 'horizontale genenoverdracht' noemt, het uitwisselen van genen tussen niet-verwante soorten, dominant. Dit wordt dominantier naarmate men verder teruggaat in de tijd.

Woese gaat uit van een bloeiende periode van pre-darwinistisch leven, waarin horizontale genenoverdracht algemeen van toepassing was en er geen afzonderlijke soorten bestonden. Het leven bestond in die tijd uit een kolonie van verschillende typen cellen, die hun genetische informatie uitwisselden zodat handige chemische foefjes en katalytische processen die door het ene wezen uitgevonden waren door alle andere konden worden overgenomen. Evolutie was een gezamenlijk gebeuren, waarbij de hele kolonie aan metabolische en reproductieve doelmatigheid won omdat de genen van de doelmatigste cellen werden gedeeld. Maar toen, op een kwade dag, was er een cel die

veel weg had van een oerbacterie en die erachter kwam dat hij één stap voorlag op de doelmatigheid van zijn burens. Die cel scheidde zich af van de kolonie en weigerde nog te delen. Zijn nakomelingen werden de eerste soort. Met zijn superieure doelmatigheid bleef hij gedijen en zich afzonderlijk ontwikkelen. Een paar miljoen jaar later scheidde een andere cel zich af van de kolonie en werd een andere soort. Zo ging het verder, totdat al het leven verdeeld was in soorten.

Het biochemische basissysteem van het leven ontwikkelde zich snel gedurende de paar honderd miljoen jaar die voorafgingen aan de darwinistische periode en veranderde vrij weinig in de 2 miljard jaar van microbiële evolutie die volgden. Darwinistische evolutie is traag omdat afzonderlijke soorten zich nog maar nauwelijks ontwikkelen als ze eenmaal tot de vaste orde behoren. Bij darwinistische evolutie is het noodzakelijk dat soorten uitsterven om plaats te maken voor andere. Drie vernieuwingen hielpen om het tempo van de evolutie op te voeren in de latere fases van het darwinistische tijdperk. De eerste was seks, een vorm van horizontale genenoverdracht tussen soorten. De tweede was een meercellige structuur, wat een geheel nieuwe wereld aan vorm en functie opende. De derde was hersens, wat een geheel nieuwe wereld aan gecoördineerde waarnemingen en handelingen opende, en uiteindelijk resulteerde in ogen en handen.

Nu, na zo'n 3 miljard jaar, is het darwinistische tijdperk voorbij. De periode van de strijd tussen de soorten hield op toen ongeveer 10.000 jaar geleden één soort, *Homo sapiens*, de biosfeer begon te domineren. Sindsdien is biologische evolutie vervangen door culturele evolutie als de drijvende kracht achter verandering. Cul-



Freeman Dyson is emeritus hoogleraar natuurkunde aan het Institute for Advance Study in Princeton, New Jersey. Hij heeft onderzoek gedaan naar de inwendige fysica van sterren, subatomaire deeltjesbundels en het ontstaan van leven.

turele evolutie is niet darwinistisch. Culturen verspreiden zich eerder door horizontale ideeënoverdracht dan door genetische vererving. Culturele evolutie gaat duizend keer zo snel als darwinistische evolutie. Nu, gedurende de laatste dertig jaar, heeft *Homo sapiens* het oeroude pre-darwinistische gebruik van horizontale genenoverdracht doen herleven, waarbij genen moeiteloos overgeplaatst worden van microben naar planten en dieren en de grenzen tussen de soorten vervagen.

In het postdarwinistische tijdperk zullen soorten niet meer bestaan en zal de evolutie van het leven weer gemeenschappelijk zijn. Biotechnologie krijgt een plaats in het dagelijks leven. Genetische technieken zullen een explosie aan biodiversiteit opleveren. Het ontwerpen van genomen zal een nieuwe kunstvorm worden. Slechts weinig van de nieuwe scheppingen zullen meesterwerken worden, maar ze zullen allemaal hun schepers gelukkig maken en onze flora en fauna gevarieerder. ■



Technology Review kijkt naar technologische projecten en problemen in een aantal landen.

Wat belangrijk is, hangt af van de vraag waar je je bevindt.

Redactie: Herb Brody

Illustraties: National Forest

DAT “DE WERELD EEN DORP IS GEWORDEN”, is altijd een idealistische wijze van uitdrukken geweest. Politiek, cultureel en economisch zijn de verschillen tussen landen veel opvallender dan de verscheidenheid die mogelijk bestaat tussen buurten in een kleine verzameling huizen en winkels.

Ook de technologie vormt een scheidslijn. Iedereen die reist, merkt al snel hoe gewone voorzieningen in eigen land in het buitenland moeilijk te vinden zijn of geheel ontbreken. Dit komt gedeeltelijk door de ongelijke verdeling van hulpbronnen. Maar er bestaan ook gewoon verschillen van inzicht over wat echt van belang is en wat niet.

Hier geeft *Technology Review* u inzichten uit zeven landen. Die staan model voor de wereld: noordelijk en zuidelijk halfrond, ontwikkelde en ontwikkelingslanden met een democratische, autocratische of communistische traditie. In vier gevallen (China, Duitsland, Nederland en de Verenigde Staten) zijn de auteurs redacteur van *Technology Review* of van een van zijn anderstalige edities. Voor artikelen over technologie in de andere drie landen (Zuid-Afrika, Chili en Brazilië) hebben wij ons gewend tot journalisten die daar werken. We hebben ze gevraagd te schrijven over welke opkomende technologieën het

belangrijkst zijn voor de samenleving en de economie in hun land en om duidelijk te maken wat die technologieën karakteristiek maakt voor dat land.

Elk land blijkt zijn eigen specifieke behoeften te hebben, die meestal voortspuiten uit de eigen geschiedenis en de omstandigheden waarin men nu verkeert. Zo kun je het aan Nederlanders overlaten om op grote schaal computermodellering toe te passen bij het beheer van water en grond – zonder welke technieken het naakte bestaan van Nederland in gevaar zou komen. In de VS meet men de waarde van R&D-projecten voornamelijk af aan de mogelijkheden die ze dit in nerveuze onrust verkerende land bieden om beter oorlogen te kunnen voeren en zich te verdedigen tegen terroristische aanslagen. In Duitsland, thuisland van 's werelds eerste autowegen en van befaamde automobiefabrikanten, ziet men projecten die erop gericht zijn autorijden veiliger en intelligenter te maken.

In totaal zijn onze auteurs zo'n 25 opkomende technologieën of ideeën over innovatie opgevallen als zijnde van levensbelang voor de toekomst van die zeven landen. Maar zelfs innovaties die het directst gericht zijn op dringende regionale behoeften, blijken in de hele wereld hun toepassing te vinden. ■

Brazilië

De reus van Zuid-Amerika maakt zich onafhankelijk van olie en geeft de armen toegang tot het internet.

Laura Somoggi

BRAZILIË'S TWEE GROTE prioriteiten zijn het terugdringen van zijn afhankelijkheid van te importeren energiebronnen en het beschikbaar stellen van digitale technologieën aan de grote meerderheid van de 180 miljoen inwoners die dat nu niet kunnen betalen.

Bij de energie concentreert men zijn activiteiten vooral op biodiesel, een brandstof die wordt gemaakt van olie uit zaden zoals sojabonen, castorzaad of katoenzaad. Biodiesel zou een aantrekkelijk, in eigen land te produceren alternatief kunnen zijn voor minerale oliën. Brazilië heeft een wet aangenomen waarin is vastgelegd dat van de in het land verkochte dieselolie in 2008 2 procent biodiesel moet zijn en in 2013 5 procent. Omdat het land beschikt over enorme hoeveelheden grond die ongeschikt is voor de landbouw maar waarop gemakkelijk oliezaden kunnen worden verbouwd, "kan Brazilië een wereldmacht in biodiesel worden", aldus Maria das Graças Foster, staatssecretaris van olie, gas en duurzame energie op het ministerie van Mijnbouw en Energie.

De gevolgen hiervan kunnen aanzienlijk zijn. Brazilië importeert nu 15 procent van de 37 miljard liter dieselolie die het jaarlijks verbruikt. Grootschalig gebruik van biodieselbrandstoffen zou het land in staat stellen die import zo goed als te beëindigen en zou banen scheppen in behoeftige landbouwgemeenschappen. Er zijn ook belangrijke milieuvoordelen.

Een andere alternatieve brandstof die Brazilië kan helpen zijn onafhankelijkheid van olie terug te dringen, is ethanol uit suiker-

riet. Uit een studie door Roberto Gianetti da Fonseca, specialist op het gebied van de buitenlandse handel, blijkt dat Brazilië de grootste producent van brandstofethanol ter wereld is met een exportpotentieel tot 10 miljard liter per jaar, die per jaar 2 miljard dollar zou opleveren. Als gevolg van het intensieve gebruik van ethanolbrandstof heeft Brazilië de flex-fuel car ontwikkeld, die een verbrandingsmotor heeft die kan lopen op ethanol, benzine of een mengsel van beide in elke gewenste samenstelling. Volkswagen heeft de auto in maart 2003 in Brazilië op de markt gebracht. Vorig jaar bedroegen de verkopen van flex-fuel of ethanolwagens 26 procent van de totale autoverkopen. Volgens ramingen van onderzoeksbureau Booz Allen kan dat aandeel in de komende twee jaar tot 40 procent toenemen en kan Brazilië de flex-fuel technologie gaan exporteren.

Ongeveer 12 procent van de Brazilianen heeft een pc. De afgelopen jaren zijn er projecten gestart om computertechnologie toegankelijk te maken voor grote groepen Brazilianen die zich dat eerder niet konden veroorloven. De Commissie voor Democratie in Informatietechnologie bijvoorbeeld zamelt pc's in die door het zakenleven als ouderwets zijn afgedankt en stuurt die naar opleidingscentra voor informatietechnologie. Meer dan negenhonderd scholen in Brazilië en daarbuiten hebben al van dit programma geprofiteerd.

In 2001 werd een nieuw project geboren dat bedoeld is om Brazilianen die geen pc hebben te voorzien van een soort virtueel apparaat - voorzover ze toegang hebben tot een openbare computerterminal. Het project heeft de naam Computador de R\$1.00, ofwel computers voor 1 real - het equivalent van on-

geveer 35 eurocent. Dat kost een beschrijfbaar cd waarop persoonlijke gegevens en instellingen worden opgeslagen en die een eigen persoonlijk computerscherm laten verschijnen. De gebruiker doet de schijf in de cd-drive van een computer op een school, bibliotheek of internetcafé. Het systeem leest de schijf en geeft de persoonlijk gemaakte computeromgeving weer, compleet met applicatiesoftware en toegang tot verdere content via internet. Als proefproject werkt het systeem al in gemeenschapscentra en scholen in steden als São Paulo, Brasilia en Campinas. Aan het project werken Siemens, T-Systems, Brasil Telecom, de universiteit van Brasilia, uitgeverij Editora Abril en Samurai, een Braziliaanse onderneming op het gebied van informatietechnologie, mee.

Een toepassing van informatietechnologie waarbij Brazilië een leidende rol gaat spelen zijn stemmachines. Bij de gemeenteraadsverkiezingen van 2000 hebben voor het eerst alle 5.559 gemeentelijke districten die het land rijk is, de kiezers de kans geboden om hun stem elektronisch uit te brengen. Op de meeste stembureaus gebruikte men een eenvoudige, draagbare stemmachine. Om het geloof in de betrouwbaarheid van het systeem te vergroten, geeft de Braziliaanse wet de garantie dat alle politieke partijen voor de verkiezingen de software van de machine mogen onderzoeken, zegt Paulo César Bhering Camarão, secretaris informatietechnologie van de Opperste Verkiezingsraad. Vervolgens kan een aan de software onttrokken digitale handtekening dienen om te verifiëren dat het op de verkiezingsdag gebruikte programma hetzelfde is dat eerder is onderzocht.

Laura Somoggi is redactrice van Harvard Business Review Latijns Amerika.

In cijfers

Genetisch gemodificeerde gewassen	5 miljoen hectare
Gemiddelde kosten voor 20 uur internetgebruik	\$27,99
Kabeltelevisie-abonnees per 1000 inwoners	14
Export van hightech (% van geëxporteerde fabrikaten)	19%
Uitgaven aan informatie- en communicatie-technologie per hoofd	\$205
Internet-gebruikers per 1000 inwoners	82
Mobiele telefoons per 1000 inwoners	201
Aankopen van voorgeschreven medicijnen	\$5 miljard
Uitgaven aan R&D (% van het bbp)	0,8%

BRONNEN: INTERNATIONALE DIENST VOOR DE VERWERFING VAN BIOTECHTOEPASSINGEN WERELDBANK INTERNATIONALE ORGANISATIE VOOR ECONOMISCHE SAMENWERKING EN ONTWIKKELING (OESO)

China

Chinese onderzoekers proberen een vaccin tegen Sars te vinden en hun land onafhankelijk te maken wat betreft energie en computertechnologie.

Elsie Chan

Een aantal Chinese steden behoort tot de meest vervuilde ter wereld en het is dus geen wonder dat bronnen van schone energie een van de prioriteiten zijn van onderzoek en ontwikkeling in dit land.

Het Instituut voor Zonne-energie van de Jiaotong Universiteit in Sjanghai heeft bijvoorbeeld een huis van één verdieping en 245 vierkante meter gebouwd dat 'draait' op meerdere vormen van duurzame energie, aangevuld met energie uit conventionele bronnen. Het elektriciteitsstelsel van het huis omvat een verzameling fotonvoltaïsche cellen die onder optimale zonlichtcondities 1700 watt aan elektriciteit genereren en drie sets windturbines van 300 watt. Het systeem kan jaarlijks 3000 kilowattuur aan elektriciteit opwekken, vooral voor verlichting, huishoudelijke apparaten en waterpompen.

Buiten het huis staat een straatlantaarn met zijn eigen onafhankelijke systeem voor zonne-energie. Twintig vierkante meter zonnepanelen en warmtepompen van 2000 watt ondergronds leveren warmte voor zowel de kamers van het huis als voor de watervoorziening. In de zomer kunnen twintig mensen er per dag een bad nemen, in de winter tien en dan nog is er voldoende heet water over voor normaal gebruik. Dezelfde warmtepompen werken in de zomer voor de koeling van ongeveer een kwart van het huis. Getlet op de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid zonlicht in Sjanghai zou het systeem

jaarlijks 10.700 kilowattuur warmte kunnen leveren. Men streeft ernaar 70 procent van de energiebehoefte van het huis met zonne-energie op te wekken.

Een collector van zonnewarmte in buisvorm die is uitgevonden door een hoogleraar aan de Tsinghua Universiteit, zou zonnestroom mogelijk praktischer kunnen maken. De glazen vacuüm warmtecollector heeft een bekleding van aluminium nitride die zonne-energie absorbeert. De meerdere lagen van deze bekleding absorberen alle een verschillende golflengte van licht en zetten die om in warmte. De collector kan 50 tot 60 procent van de inkomende zonne-energie vangen, die dan kan worden gebruikt voor het verwarmen van water of lucht.

Ook bij een project voor energie-efficiency ontwikkelt de onderzoeksgroep voor automobielen op schone energie aan het College voor Automobieltchniek aan de Tongji Universiteit in Sjanghai de autoserie 'Chunhui' ('Lentezonlicht'), die op alle vier de wielen een onafhankelijke elektrische aandrijving heeft. De auto's rijden op lithiumbatterijen en waterstofcellen; hun enige emissie is stoom.

Een probleem waarmee China de afgelopen jaren heeft geworsteld, was het uitbreken van het ernstige acute ademhalingsyndroom ofwel Sars. Ook hier maken onderzoekers aanzienlijke vorderingen. In december hebben de Chinese Academie van Medische Wetenschappen en de Chinese biotechonderneming Sinovac de eerste fase van een klinisch on-

derzoek naar een Sars-vaccin afgesloten. Onderzoekers hebben een eiwitchip ontwikkeld ter opsporing van antilichamen tegen het Sars-virus en hebben de analytische technieken bewezen voor de vin-gerafdruck in het massaspectrum voor het Sars-serum. Ze hebben het Enzymgebonden Immunosorbent Assay, testmiddel voor Sars-dia-gnose, ontwikkeld dat meer dan 90 procent accuraat is als het tien dagen na de eerste symptomen wordt gebruikt.

De reputatie van China op het gebied van elektronica is die van een goedkope fabrikant van producten die in andere landen zijn ontworpen en ontwikkeld. Het land begint die reputatie echter van zich af te schudden. Vorig jaar heeft de Chinese Academie van Wetenschappen de Dawning 4000A gelanceerd, een supercomputer die meer dan 10 biljoen handelingen per seconde kan uitvoeren en destijds tiende stond op de ranglijst van de beste computers ter wereld.

Chinese onderzoekers hebben verder een van de belangrijkste lacunes in de technologieportefeuille van het land aangepakt: het land maakte geen eigen computerchip. In 2002 kondigde de Chinese Academie van Wetenschappen de ontwikkeling aan van de 'Godson', een serie CPU-chips die een nieuw begin inluiden van de Chinese IT-industrie. Met Godson heeft het land eindelijk zijn eigen processors waarop geen royalty's verschuldigd zijn en die beter kunnen worden aangepast aan plaatselijke behoeften.

Elsie Chan is redactrice van de Chinese editie van Technology Review.

In cijfers

Genetisch gemodificeerde gewassen	3,7 miljoen hectare
Gemiddelde kosten voor 20 uur internetgebruik	\$10,14
Kabeltelevisie-abonnees per 1000 inwoners	75
Export van high-tech (% van geëxporteerde fabrikaten)	23%
Uitgaven aan informatie- en communicatietechnologie per hoofd	\$58
Inkomsten top-ICT bedrijven	\$30 miljard
Werknemers top-ICT bedrijven	191.600
Internetgebruikers per 1000 inwoners	46
Mobiele telefoons per 1000 inwoners	161
Uitgaven aan R&D (% van het bbp)	0,6%

BRONNEN: INTERNATIONALE DIENST VOOR DE VERWERFING VAN BIOTECHTOEPASSINGEN WERELDBANK INTERNATIONALE ORGANISATIE VOOR ECONOMISCHE SAMENWERKING EN ONTWIKKELING (OESO)

Chili

Innovaties op het gebied van biotechnologie zijn nuttig voor de voornaamste takken van industrie in het land: de mijnbouw en de zalmvisserij. Gonzalo Argandoña

HOE KAN EEN KLEINE Zuid-Amerikaanse staat economisch concurreren met landen die tien tot twintig keer zo veel in onderzoek en ontwikkeling investeren? De strategie van Chili is om naar oplossingen te zoeken voor plaatselijke behoeften. Universiteiten, particuliere bedrijven en de overheid werken samen aan de ontwikkeling van nieuwe biotechnologische toepassingen voor industrieën die van vitaal belang zijn voor de Chileense economie.

Bijvoorbeeld de mijnbouw. Chili is 's werelds grootste producent van koper en ongeveer de helft van de export bestaat uit dat metaal. Maar het wordt steeds moeilijker om hoogwaardige ertslagen te vinden die gemakkelijk zijn te exploiteren. Daarom stimuleert de overheid een samenwerkingsverband tussen de staatsmijnbouwmaatschappij Codelco en Nippon Mining and Metals uit Japan. Een joint-venture van deze beide organisaties, Biosigma, ontwikkelt het gebruik van bacteriën om koper aan ijzer te onttrekken. Deze werkwijze, biomining genoemd, is goedkoper en minder slecht voor het milieu dan conventionele processen. "Wij zijn een van de eerste ondernemingen die totaal zijn gespecialiseerd in de ontwikkeling en de toepassing van gentechnologie in de mijnbouw", aldus Ricardo Badilla, president-directeur van de in Santiago gevestigde onderneming.

Jarenlang zijn in de Chileense mijnbouw microben gebruikt om koper en andere metalen te onttrekken aan laagwaardige minerale concentraten. Het meest gebruikte organisme is de bacterie *Acidithiobacillus ferrooxidans*,

die koper en zwavel scheidt. Onderzoekers bij Biosigma hebben een nieuwe groep bacteriën ontwikkeld die beter werken dan die oude methode. De onderneming heeft de genomen van de bacterie in elkaar opvolgende reeksen in kaart gebracht en octrooi aangevraagd op een aantal gevonden genen. (Biosigma zegt niets over de identiteit van de bacteriën). "We hopen een twee- of drievoudige verhoging van koperreserves van Codelco te bereiken", zegt Badilla. Zo'n uitbreiding zou op de hele wereldmarkt zijn invloed doen gelden omdat Codelco eigenaar is van ongeveer 20 procent van de totale koperreserves in de wereld.

Een andere succesvolle publiek-private samenwerking heeft een biotechnologische innovatie opgeleverd die zich niet in de aarde maar in het water voltrekt. De Chileense zalmindustrie – alleen de Noorse is groter – wordt bedreigd door een bacterie die in de levercellen van de zalm groeit en waaraan enorme aantallen vissen in kwekerijen doodgaan, een schadepost van 150 miljoen dollar per jaar. Omdat deze microbe – *piscirickettsia salmonis* – op het noordelijk halfrond lang niet zo veel schade aaricht, moesten Chileense onderzoekers zelf een manier zien te vinden om hem te bestrijden.

Dat werk werd gecoördineerd door Pablo Valenzuela, hoofd onderzoek op het Millennium Instituut voor Fundamentele en Toegepaste Biologie in Santiago. Valenzuela en zijn team hebben alle genen van het zalmdodende micro-organisme in reeksen geïdentificeerd, waarna ze konden bepalen welke genen verantwoordelijk zijn voor de infectie. Die zijn gebruikt als basis voor een serie van vijf

vaccins die op viskwekerijen met succes zijn getest. Voor het effectiefste vaccin heeft Novartis Animal Vaccines een licentie gekregen. Valenzuela schat de potentiële markt voor het vaccin op ongeveer 50 miljoen dollar per jaar; de jaarlijkse researchkosten bedroegen 1 miljoen dollar.

De kloof tussen de onderzoekers aan universiteiten en de behoeften van de industrie wordt beschouwd als een van de voornaamste factoren die innovatie in Chili en andere Latijns-Amerikaanse landen in de weg staan. Valenzuela heeft een strategie ontwikkeld voor de bevordering van biotechnologische ontwikkeling bij vijf industrieën die voor Chili van bijzonder belang zijn: mijnbouw, viskwekerij, bosbouw, wijnbouw en fruitteelt.

"Het idee achter dit plan", aldus Valenzuela, "is om de Chileense biotechnologie onder de paraplu van succesvolle industrieën te plaatsen naar analogie van wat er in de VS is gebeurd met aan de gezondheidszorg gerelateerde biotechnologische organisaties die aanvankelijk door farmaceutische ondernemingen werden gerund."

Biotechnologie zou ook gunstig kunnen zijn voor de Chileense wijnbouw. Nicolas Beltran, onderzoeker aan de Universiteit van Chili in Santiago, heeft met wijnproducenten samengewerkt voor de ontwikkeling van een systeem dat een standaard chemische sensor – een 'elektronische neus' – en een kunstmatig neurale netwerk gebruikt ter certificering van kwaliteit, zuiverheid en herkomst van wijnen. Het systeem kan 'leren' onderscheid te maken tussen cabernet sauvignon, merlot en chardonnay. Beltran werkt er nu aan om het systeem ook in staat te stellen de valleien te herkennen waar de druiven zijn gekweekt om hun herkomst te kunnen certificeren.

In cijfers

Gemiddelde kosten voor 20 uur internetgebruik	\$21,81
Kabeltelevisie-abonnementes per 1000 inwoners	57,4
Export van high-tech (% van geëxporteerde fabrikaten)	3,2%
Uitgaven aan informatie- en communicatietechnologie per hoofd	\$246
Internetgebruikers per 1000 inwoners	238
Mobiele telefoons per 1000 inwoners	428
Uitgaven aan R&D (% van het bbp)	0,6%

BRON: WERELD BANK

Gonzalo Argandoña is schrijver en tv-producent in Santiago, Chili.

Duitsland

In Duitsland werkt men aan auto's in netwerken, veiliger kerncentrales en neurotechnologie.

Thomas Vasek

EEN EEUW GELEDEN werd Duitsland met zijn vooraanstaande chemische industrie en zijn kader van topnatuurkundigen in brede kring als een technologische zwaargewicht gezien. Tegenwoordig is het op veel gebieden van de opkomende technologie achterop geraakt. De Duitse biotechnologische industrie bijvoorbeeld is veel te laat begonnen (die bestond midden jaren negentig nauwelijks) en is nog steeds aan een inhaalslag bezig. Hoewel Duitse universiteiten excellent onderzoek doen naar nanotechnologie, bestaat bij velen het angstige vermoeden dat het land die fundamentele kennis nooit in productie zal weten om te zetten.

Duitslands grootste kracht is de automobiellindustrie. In de komende jaren zullen opkomende technologieën, van optische communicatieverbindingen tot nanotech-materialen, hun weg naar de auto vinden. Technologische innovatie wordt van doorslaggevende betekenis bij het scheppen van de mogelijkheden die de Duitse automobiefabrikanten en hun toeleveranciers uit hun huidige problemen moeten helpen. De automobiellindustrie gokt vooral op systemen die op computers gebaseerd zijn en die autorijden veiliger en comfortabel maken.

In principe gaat het er daarbij om dat een auto informatie uit een verscheidenheid aan sensoren zoals camera's en radars, omzet in een digitaal model van de verkeerscondities in de omgeving. Bij dreigend gevaar moet dat systeem de bestuurder waarschuwen. Bij geavanceerdere systemen zouden voertuigen draadloze communicatie kunnen gebruiken om elkaar realtime te in-

formereren over olievlekken op de weg, verkeersopstoppingen of ongelukken. Zo werkt BMW aan draadloze netwerken voor auto's die automatisch verbindingen tussen voertuigen tot stand brengen om kritische sensorinformatie uit te wisselen. Een auto die een glad stuk bestrating detecteert, zou die informatie bijvoorbeeld aan andere auto's op dezelfde weg kunnen doorgeven. Onderzoekers aan de Universiteit van Stuttgart ontwerpen en testen in samenwerking met Daimler-Chrysler en andere Duitse automobiefabrieken systemen die bestuurders bij kruispunten behulpzaam zijn. Deze systemen combineren informatie van verkeerslichten of -borden met sensordata in de auto en andere auto's, hun snelheid en onderlinge afstand, om de bestuurders veilig over de kruispunten te loodsen.

Hoewel ze al prototypes hebben geïntroduceerd van hybride auto's die op benzine en op elektriciteit rijden, gokken de automobiefabrikanten in Duitsland toch op de langere termijn: auto's met brandstofcellen die alleen waterstof verbruiken. Zo heeft Daimler-Chrysler al verklaard dit soort voertuigen tegen 2010 op de markt te zullen brengen. Er lijkt een drastische ommekeer in de maak: de vraag naar waterstof die zou kunnen ontstaan, zal wellicht bijdragen aan een nucleaire renaissance in Duitsland. Eind jaren negentig, na grootscheepse protesten tegen kernenergie, heeft de regeringscoalitie van sociaal-democraten en groenen besloten om de Duitse kerncentrales tegen 2020 te sluiten. Het land richt zich in plaats daarvan op het ontwikkelen van duurzame

energiebronnen zoals wind- en zonne-energie.

Of duurzame energie ooit voldoende kan bijdragen aan de Duitse energieproductie is zeer de vraag – vandaar dat de kernoptie toch weer in beeld komt. Ontwikkelaars van zogenoemde kerncentrales van de derde generatie beweren dat hun technologie veel minder riskant is. De Europese waterdrukreactor bijvoorbeeld, ontwikkeld door Siemens en de Franse onderneming Framatome, heeft verschillende veiligheidsvoorzieningen – zoals dubbele muren – die zorgen voor

minder vrijkomende radioactiviteit waardoor een catastrofaal smelten van de kern veel beter in de hand te houden zou zijn. Gezien de beschikbaarheid van dit soort verbeterde reactor-technologieën zullen de Duitsers mogelijk van gedachten veranderen over kernenergie.

Duitse neurologen hebben bijdragen geleverd aan onderzoek naar hersenimplantaten en niet-invasieve interfaces voor hersenmachines. Maar de neurotechnologie brengt moeilijke ethische dilemma's met zich mee. Een van de zorgen is daarbij dat de bevindingen van hersenonderzoek strijdig kunnen zijn met ons idee van eigen wilsbeschikking en individuele verantwoordelijkheid. Als ze met deze vraagstukken worstelen, moeten neurowetenschappers in Duitsland en elders de gevolgen van nieuwe technologie verzoenen met de ideeën over bewustzijn en vrije wil. Zo'n taak is een land dat de wereld Immanuel Kant heeft geschonken misschien wel op het lijf geschreven.

Thomas Vasek is hoofdredacteur van de Duitse editie van Technology Review.

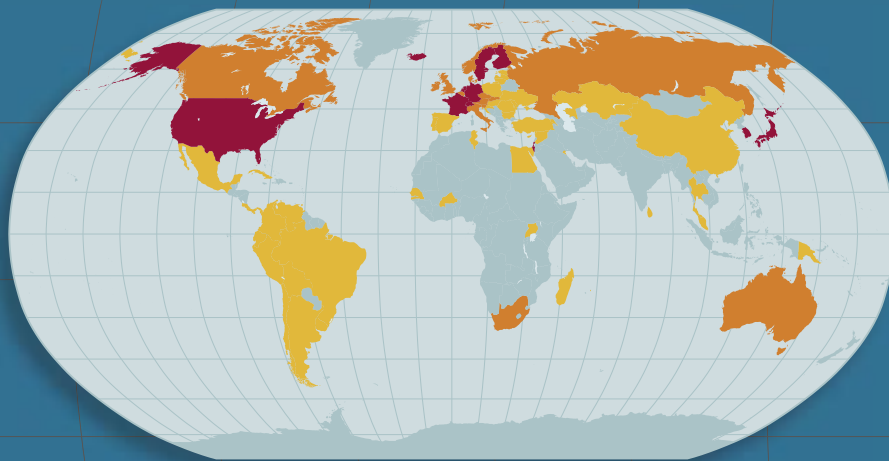
In cijfers

Gemiddelde kosten voor 20 uur internetgebruik	\$14,10
Kabeltelevisie-abonnees per 1000 inwoners	250
Export van high-tech (% van geëxporteerde fabrikaten)	16,6%
Uitgaven aan informatie- en communicatie-technologie per hoofd	\$1.252
Werknemers top-ICT bedrijven	751.600
Inkomsten top-ICT bedrijven	\$153 miljard
Internet-gebruikers per 1000 inwoners	412
Mobiele telefoons per 1000 inwoners	727
Aankopen van voorgeschreven medicijnen	\$25 miljard
Uitgaven aan R&D (% van het bbp)	2,5%

BRONNEN: IMS HEALTH, WERELDBANK, ORGANISATIE VOOR ECONOMISCHE SAMENWERKING EN ONTWIKKELING (OESO)

Technologie wereldwijd

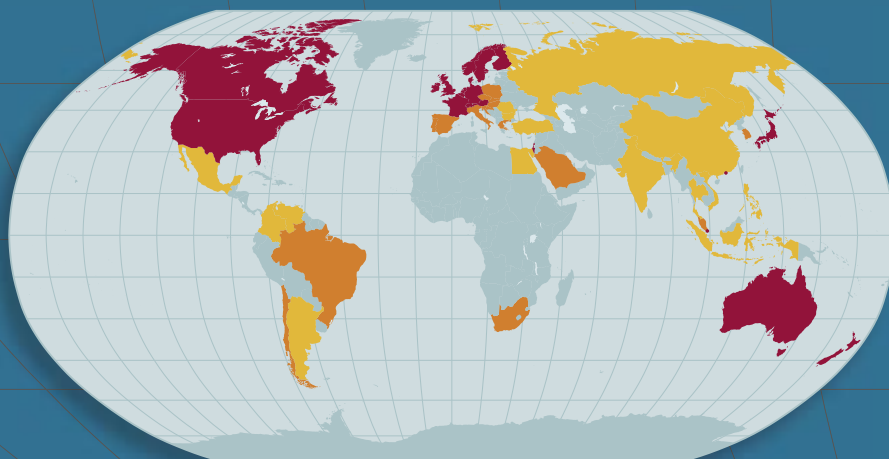
Men denkt al snel dat economisch geavanceerde Europese en Noord-Amerikaanse landen ook op het gebied van technologie een leidende rol spelen. In het algemeen is dat ook vaak zo. Die landen doen het vaak vooral zeer goed als het gaat om internetgebruik, uitgaven aan technologie per persoon en kosten van internettoegang. Landen die economisch in ontwikkeling zijn, zijn relatief goed vertegenwoordigd bij grootscheeps gebruik van mobiele telefoons en internetgebruik, maar ook steeds meer bij de productie van agrobiologische gewassen.



R&D als percentage van het bbp

TOP-VIJF LANDEN

1. Israël
2. Zweden
3. Finland
4. Japan
5. IJsland



Uitgaven informatie- en communicatietechnologie per hoofd van de bevolking

TOP-VIJF LANDEN

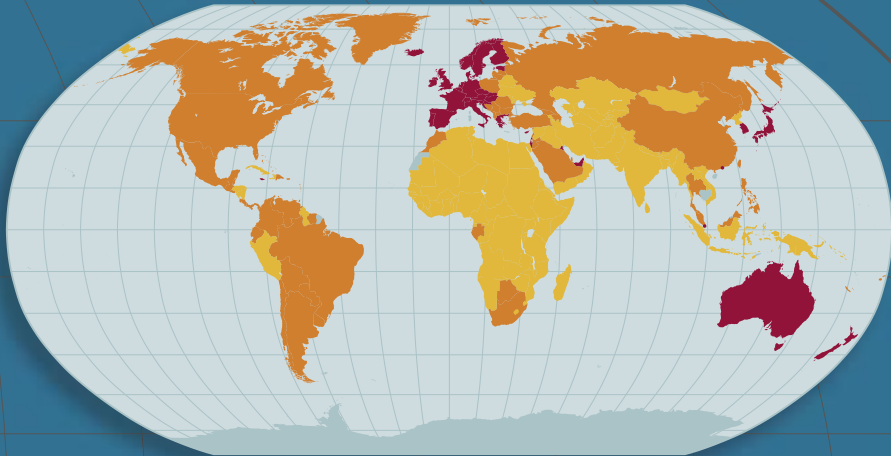
1. Verenigde Staten
2. Zwitserland
3. Denemarken
4. Zweden
5. Noorwegen



Genetisch gemodificeerde gewassen

TOP-VIJF LANDEN

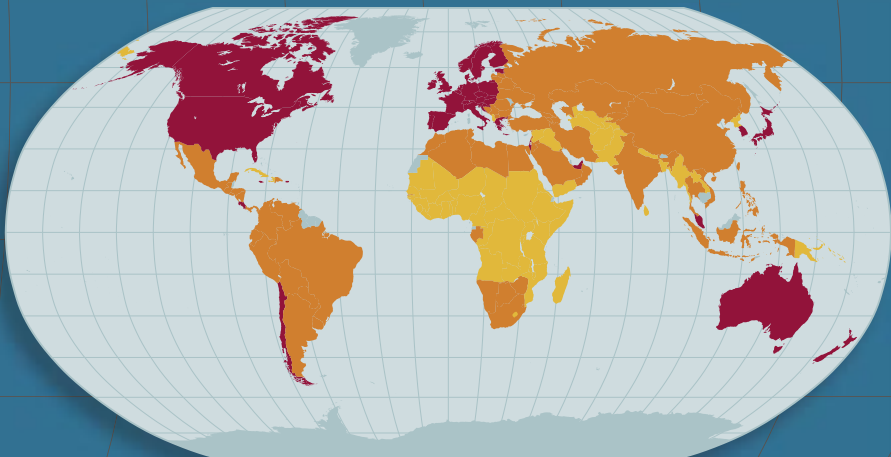
1. Verenigde Staten
2. Argentinië
3. Canada
4. Brazilië
5. China



Gebruik van mobiele telefoons per duizend inwoners

TOP-VIJF LANDEN

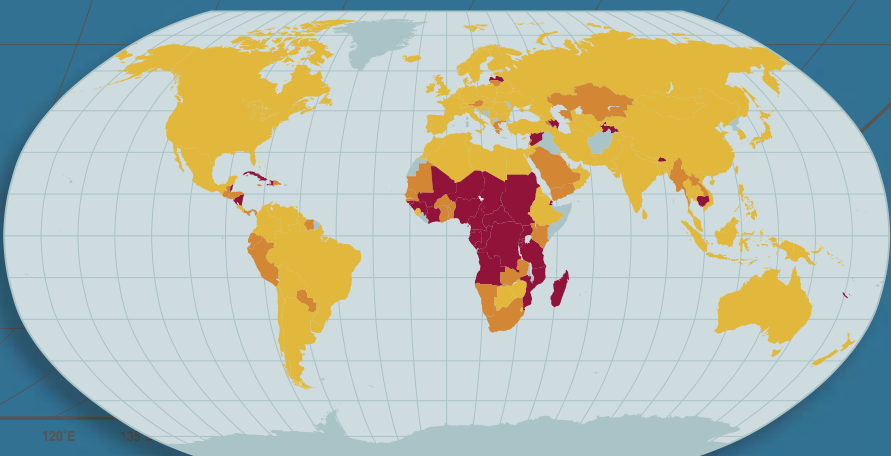
1. Luxemburg
2. Israël
3. Italië
4. IJsland
5. Zweden



Internetgebruik per duizend inwoners

TOP-VIJF LANDEN

1. Zweden
2. ZuidKorea
3. Verenigde Staten
4. Canada
5. Denemarken



Internettoegang

DUURSTE LANDEN

1. Centraal Afrikaanse Republiek
2. Soedan
3. Haïti
4. Gabon
5. Republiek Congo

Schaal: ■ Hoog ■ Gemiddeld ■ Laag

GEGEVENS OVER 2004 TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN. KOSTEN PER 20 UUR INTERNETGEBRUIK: GEGEVENS OVER 2003. HOOG IS >\$50, GEMIDDELD IS \$30-\$50, LAAG IS <\$30. UITGAVEN AAN R&D ALS PERCENTAGE VAN HET BRUTO BINNENLANDS PRODUCT: GEGEVENS OVER 2000-2002. HOOG IS >2 PROCENT, GEMIDDELD IS 1-2 PROCENT, LAAG IS <1 PROCENT. UITGAVEN PER HOOFD AAN INFORMATIE EN COMMUNICATIETECHNOLOGIE: GEGEVENS OVER 2002, MET UITZONDERING VAN IJSLAND, DAAR GAAT HET OM 2001; HOOG IS >\$1.000, GEMIDDELD IS \$200-\$1.000, LAAG IS <\$200. GEBRUIK VAN MOBIELE TELEFOONS PER DUIZEND INWONERS: GEGEVENS OVER 2000-2002; HOOG IS >500, GEMIDDELD IS 100-500, LAAG IS <100. INTERNETGEBRUIK PER DUIZEND INWONERS: DATA OVER 2000-2002; HOOG IS >150, GEMIDDELD IS 15-150, LAAG IS <15.

BRONNEN: INTERNATIONALE DIENST VOOR DE VERWERVING VAN AGRO-BIOTECH TOEPASSINGEN, IMS HEALTH, WERELDBANK, ORGANISATIE VOOR ECONOMISCHE SAMENWERKING EN ONTWIKKELING.

scoreert Nederlandse medische research disproportioneel hoog in internationale citatie-indexen.

We hebben eind vorig jaar aan de vijftig invloedrijkste mensen in de Nederlandse R&D (in termen van bestedingsbevoegdheid) gevraagd waarin Nederland moet uitblinken. Uit die gesprekken kwam naar voren 'elektronicavalley': het gebied rondom Philips, dus de technische universiteiten van Eindhoven, Aken en Leuven. Nieuw genoemd werden een 'medical valley' en een 'foodvalley'.

Voedselveiligheid

Om een dicht opeengepakte bevolking te voeden werd al in de zeventiende eeuw de landbouw geïndustrialiseerd in grote veeteeltbedrijven in speciaal hiervoor ontwikkelde landaanwinningprojecten zoals de Schermer en de Beemster in het noorden van Nederland. Hierdoor waren houdbare producten zoals kaas, boter, maar ook beperkt houdbare zoals melk en vlees en verse groente op korte afstand van de stad beschikbaar. Door talrijke kanalen had Nederland al in de vroege zeventiende eeuw een fijnmazig productie- en distributiesysteem om een stedelijke agglomeratie met een miljoen inwoners 'just in time' te voeden. Nederland was toen veruit de grootste 'stad' van Europa. Vandaag de dag bestaat 20 procent van de Nederlandse export uit landbouwproducten (zuivel en vlees) en siergewassen. Nederland huisvest de grootste zuivelcoöperatie ter wereld, het Nederlands-Deense Campina-Arla. De 1,5 miljoen Nederlandse melkkoeien geven elk ongeveer 7000 liter per jaar. De koe is daarmee zelf een fabriek geworden.

De intensieve veehouderij in Nederland heeft in recente jaren geleid tot grote uitbraken van mond- en klauwzeer, varkenspest en vogelpest. Daarbij moesten miljoenen dieren preventief worden vernietigd. Sinds jaar en dag heeft daarom veel onderzoek plaats naar de ontwikkeling en mutatie van virussen. Nederlandse laboratoria staan daarom vooraan bij wereldwijd onderzoek naar onder meer influenza, Sars en vogelpest. De bio-industrie leidde tevens tot een voor de

volksgezondheid gevaarlijk gebruik van antibiotica en groeihormonen. Dat noopte de autoriteiten tot het in het leven roepen van een omvangrijke regelgeving en een controleapparaat.

Nederland is dichtbevolkt. Behalve 17 miljoen mensen wonen er 3,7 miljoen koeien, 11 miljoen varkens en 80 miljoen kippen. Wat voor de veterinaire gezondheidszorg geldt, gaat ook op voor de humane gezondheidszorg. Hiv en aids worden in Nederland beschouwd als een bijverschijnsel van 'intensieve menshouderij' omdat het leven in een stad nu eenmaal leidt tot meer wisselende (seksuele) contacten. Met name in het AMC (het academisch ziekenhuis van de Universiteit van Amsterdam) heeft hiernaar veel onderzoek plaats; daarnaast is er veel aandacht voor verslavingszorg en seksueel overdraagbare aandoeningen.

In het kielzog van de landbouw bevindt zich een grote voedselverwerkende industrie die in toenemende mate vervlochten raakt met de medische industrie, zodat het onderscheid tussen voeding en medicijn lijkt te vervagen. Het Nederlands-Britse Unilever is de grootste voedselverwerkende onderneming. De laatste jaren is veel R&D-inspanning van grote laboratoria zoals Unilever Research (bij Rotterdam, Vlaardingen) gaan zitten in het ontwikkelen van voeding met specifieke eigenschappen zoals melkproducten met extra calcium tegen botontkalking en cholesterolverlagers. Dit is een beginnende trend om functionele voeding te ontwikkelen tegen niet alleen hart- en vaatziekten maar in later instantie ook kanker, diabetes en dergelijke. Obesitas wordt een van de grote uitdagingen van voedseltechnologen in de komende jaren. Ziektekostenverzekeraars komen nu al met regelingen waarbij verzekerden de (extra) kosten van zulke voeding gekort krijgen op hun premie. Vooral met het oog op de naderende vergrijzing wordt gezond voedsel belangrijk, net als medische thuiszorg, het onthospitaliseren van de medische zorg. Philips ziet dit als de grote groeiemarkt van de komende jaren. Voor landbouw en voeding is Nederland een exporteur. Landbouwproducten zijn bederfelijk en moeten dus snel worden

vervoerd. De siergewassentelers beschikken over een wereldwijd *just-in-time* systeem. 's Nachts worden bloemen (die in kassen groeien op stedelijke CO₂-uitstoot) geoogst, 's morgens vroeg geveild en met vliegtuigen gekoeld vervoerd naar plaatsen zoals Tokio, Moskou en New York, waar zij aan het begin van de middag te koop zijn. De komende jaren wordt de tuinbouwer procesoperator: via regulering van zijn CO₂-bemesting en nachtverlichting in zijn kassen bestuurt hij het systeem van genetisch gemodificeerde gewassen aan de hand van fluctuaties in de marktprijs van uur tot uur, die hij volgt via de online veiling.

Logistiek

Meer dan exporteur is Nederland Europa's stapelplaats en doorvoerhaven voor aardolieproducten, chemicaliën en (bulk)goederen. Om alles te kunnen in- en uitvoeren heeft Nederland niet alleen een disproportioneel grote zeehaven bij Rotterdam, maar heeft Amsterdam ook een 'te grote' luchthaven: na Londen, Parijs en Frankfurt de vierde van Europa. Rotterdam had de eerste volledig automatisch werkende containerterminal en beschikt sinds kort als eerste haven over een containerscanner die voldoet aan alle eisen van de Amerikaanse douane, wat belangrijk is voor een ongehinderde goederenstroom richting de VS.

Behalve veel politiek kunst- en vliegwerk vereist de aanwezigheid van een grote luchthaven vlak bij een miljoenenstad ook heel veel technologische inspanning om ruimtelijke belangenconflicten op te lossen en om de milieubelasting binnen te perken te houden: bewaking van geluids- en emissieniveaus maar ook het beheersbaar houden van industriële rampenrisico's. Het moment nadert echter waarop de Nederlandse Delta zal besluiten grote stukken Noordzee in te polderen.

Nederland is een economische hogedrukpan. Steeds meer andere kustgebieden worden dat ook.

Erwin van den Brink is hoofdredacteur van de Nederlandse editie van Technology Review.



Zuid-Afrika

Open-broncode software en spraaktechnologie biedt dit multiculturele land de kans om een grote speler in de informatietechnologie te worden.

Janet Paterson en Pamela Weaver

ZUID-AFRIKA HEEFT een taalprobleem. De 46 miljoen inwoners spreken elf officiële talen. Kijk maar eens bij de groep Human Language Technology (HLT) van de Raad voor Wetenschappelijk en Industrieel Onderzoek in Pretoria – het grootste R&D, technologie- en innovatie-instituut van Afrika. Onderzoekers van HLT ontwikkelen innovatieve manieren om meer mensen met een uiteenlopende achtergrond toegang te geven tot kennis. “Als we de behoeften van Zuid-Afrika aanpakken, moeten we rekening houden met het niveau van geletterdheid bij de gebruikers, hun technische kennis en met culturele factoren”, aldus Marelise Davel, computerspecialist en mede hoofd van de onderzoeksgroep bij HLT.

Een van de grootste succesverhalen van de HLT-groep is een systeem voor het maken van uitspraakwoordenboeken. Davel legt uit dat het systeem is getest op een aantal Zuid-Afrikaanse talen, waaronder isiZulu, Setswana, Afrikaans en Sepedi. Onderzoekers hebben ook een spraaksynthesesysteem voor isiZulu ontwikkeld, de eerste taal voor de meeste

Zuid-Afrikanen – 24 procent. Het systeem, dat nu wordt getest, stelt mensen die alleen isiZulu kunnen lezen, in staat om mondeling te communiceren met hen voor wie het de moedertaal is.

Een ander belangrijk innovatiegebied van Zuid-Afrika gaat om communicatie van een andere soort: het samenwerkingsproces dat de kern vormt van de beweging voor open-broncode software. Meer dan 80 procent van de 6 miljard rand (ongeveer 1 miljard dollar) die het land jaarlijks uitgeeft aan software en licenties, gaat naar buitenlandse ondernemingen, aldus de Go Open Source-campagne van de Shuttleworth Foundation. Deze afhankelijkheid van hard- en software die in andere handen is, belemmert de vooruitgang van de Zuid-Afrikaanse informatietechnologie.

Open-broncode software brengt de gereedschappen met zich die van essentieel belang zijn voor het vermogen van Zuid-Afrika om eigen software te maken en om nieuwe regionale markten en kansen te creëren. Open broncode maakt werken met computers ook mogelijk voor een grote en tot nu toe achtergestelde bevolkingsgroep. Systemen met open broncode werken vaak heel goed op oudere computers die de nieuwste versie van Windows niet aankunnen.

Een organisatie die een leidende rol speelt in de open-broncode beweging in Zuid-Afrika is Go Open Source, die wordt gefinancierd door Mark Shuttleworth, de Zuid-Afrikaanse miljardair en zakenman die als toerist een ruimtereis heeft gemaakt. Go Open Source heeft gratis cd's verspreid die open-broncode software bevatten en een Linux-distributie voor Zuid-Afrika onder de naam Ubuntu (een woord uit de Bantoetaal dat 'menselijkheid

voor anderen' betekent). De Zuid-Afrikaanse onderneming Canonical biedt ondersteuning aan voor Linux.

De eerste geheel Zuid-Afrikaanse Linux-distributie is voortgekomen uit het Impi Linux-project. Impi Linux 2, genoemd naar de krijgers van de Zoelostam, is van het begin afgebouwd door Linux-gebruikersgroepen met steun van de Zuid-Afrikaanse softwareonderneming Cubit en begeleid door Ross Addis, voorzitter van de Gauteng Linux Users Group. “Ontwikkelaars uit andere landen weten niets van of interesseren zich niet voor wat we in Zuid-Afrika nodig hebben”, aldus Addis. Hij wijst op de snelle aanpassing (in ongeveer twee weken) van Impi Linux 2, dat toen ook ondersteuning bood voor de breedbanddienst van de Zuid-Afrikaanse firma Sentech, 'My Wireless'.

Volgens ramingen is de Zuid-Afrikaanse IT-industrie 25 miljard dollar waard. Men beseft in toenemende mate dat als men een dergelijk kapitaal aan westerse ondernemingen zou afstaan, men de kans zou verknoeien om het eigen talent in softwareontwikkeling te kweken. Open-broncode biedt Afrika de kans om een werelddeel van ontwikkelaars te worden dat niet alleen maar westerse IT-producten consumeert. Open-broncode biedt de gewone Zuid-Afrikaan onbeperkte toegang tot toepassingen die hem in staat stellen een eigen zaak op te bouwen, zijn kinderen onderwijs te geven en de vaardigheden op het gebied van IT te ontwikkelen waarmee Zuid-Afrika samen met de rest van de wereld de weg van de technologie kan bewandelen.

In cijfers

Genetisch gemodificeerde gewassen	500.000 hectare
Gemiddelde kosten voor 20 uur internetgebruik	\$33,33
Export van high-tech (% van geëxporteerde fabriekaten)	3,2%
Uitgaven aan informatie- en communicatietechnologie per hoofd	\$225
Internetgebruikers per 1000 inwoners	68
Mobiele telefoons per 1000 inwoners	304
BRONNEN: INTERNATIONALE DIENST VOOR DE VERWERFING VAN BIOTECHTOEPASSINGEN, WERELDBANK	

Janet Paterson is redactrice van het Zuid-Afrikaanse zakenblad Intelligence. Pamela Weaver is redactrice van het technologietijdschrift NetPlus.



Verenigde Staten

De VS, waar terroristische aanslagen altijd op de loer liggen, besteedt een groot deel van de R&D aan defensie en binnenlandse veiligheid.

Jason Pontin

De Amerikaanse technologie is meegeleurd in wat president George W. Bush "de wereldoorlog tegen terreur" noemt. Het Amerikaanse R&D-establishment heeft zijn aandacht in de jaren na 11 september 2001 versmald en zich vooral geconcentreerd op technologieën die veiligheid bieden: wapensystemen, verdediging tegen biologische wapens, biometrie, veiligheid van netwerken. De begroting voor onderzoek en ontwikkeling van de Amerikaanse regering is tegenwoordig botweg militairistisch. In het fiscale jaar 2005 stegen de uitgaven van de federale regering aan R&D met 4,8 procent tot 132,2 miljard dollar, maar 80 procent van die stijging ging naar defensieonderzoek. Het grootste deel daarvan wordt weer gebruikt voor de ontwikkeling van nieuwe wapens. In totaal spendeert de overheid dit jaar 57 procent van de begroting voor R&D, of een recordbedrag van 75 miljard dollar, aan defensiegerelateerde projecten.

De ontwerpbegroting van president Bush voor 2006 voorziet in verlaging van veel civiele programma's, maar mikt op een extra 600 miljoen dollar voor defensieonderzoek. Vooral het ministerie van Binnenlandse Veiligheid zit goed in de slappe was: hier is de begroting voor 2005 ten opzichte van 2004 met 20 procent verhoogd. In 2005 heeft de nieuwe Homeland Security Advanced Research Projects Agency (HSARPA) 300 miljoen dollar gekregen. Maar de regering is van plan deze dienst in 2006 het uitzonderlijke bedrag van 1 miljard toe te wijzen. Het is de taak van HSARPA om de nieuwste technologieën te ontwikkelen die de regering al over drie tot vijf jaar moet kunnen aanschaffen. Volgens Lita Nelsen, directeur van het licentiebureau voor technologie van het MIT, is de concentratie op dergelijke korte termijnresultaten "roofbouw op de toekomst omdat het dan niet om fundamenteel onderzoek gaat".

De feiten staven Nelsens bewering. De R&D-begroting van de National Science Foundation werd in 2005 met 0,3 procent gekort en de National Institutes of Health (NIH) mochten zich verheugen in een verhoging met slechts 1,8 procent. De regering is van plan om de begroting van de NIH in 2006 met 0,7 procent te verhogen.

Dat de Amerikaanse overheid zich zo eenzijdig op veiligheid richt, zou minder belangrijk zijn als de particuliere sector in fundamenteel onderzoek zou investeren. Die doet dat niet: al jarenlang wordt bij R&D in ondernemingen de nadruk gelegd op rendement op investeringen door het maken van nieuwe producten. Sinds 2000, aldus Venture Economics, wordt 83 procent minder geld gestoken in communicatie en zijn de investeringen in soft-

ware met 77 procent afgenomen, maar in diezelfde periode daalden de investeringen voor defensie met maar 58 procent.

De Amerikaanse obsessie voor veiligheid zou fantastische technologieën kunnen opleveren; het is eerder gebeurd. "Misschien investeert Uncle Sam wel in de volgende versie van internet", zegt Nelsen. Ken Morse, directeur van het Entrepreneurship Center van het MIT, houdt vol dat investeren in veiligheid "een goede zaak is". Tenslotte, zo zegt hij, "heeft weloverwogen overheidsfinanciering jaren geleden mooie ondernemingen opgeleverd."

Investeringen in defensie en veiligheid hebben nu al in technologieën voor civiel gebruik geresulteerd. Het Lincoln Laboratory, een onderzoeksinstituut binnen het MIT dat voornamelijk met het ministerie van Defensie werkt, heeft verscheidene interessante technologieën voor 'dubbel gebruik' gecreëerd. Met behulp van lichtgevende eiwitten die door een gen van een kwal zijn geproduceerd, heeft het laboratorium een biosensor ontwikkeld die opgloeit in de nabijheid van bestanddelen van biologische wapens. Een licentie voor het apparaat is verstrekt aan Innovative Biosensors in College Park, Maryland. Deze onderneming denkt dat het ook nuttig kan zijn voor medische diagnose.

Maar technologen die zich zorgen maken over de toekomst van de innovatie in de VS, zijn het misschien wel eens met de sombere kijk van Nelsen. "Iedereen is bang dat de een of andere Iraakees anthrax in onze hamburgers gaat stoppen", zegt ze, wat de uitgaven voor defensie en veiligheid opdrijft. "Maar wat gebeurt er intussen met de andere technologieën?"

Jason Pontin is hoofdredacteur van Technology Review.

Vertaling: Jaap Faber

In cijfers

Genetisch gemodificeerde gewassen	47,6 miljoen hectare
Gemiddelde kosten voor 20 uur internetgebruik	\$14,95
Kabeltelevisie-abonnees per 1000 inwoners	255
Export van high-tech (% van geëxporteerde fabriekaten)	32%
Uitgaven aan informatie- en communicatie-technologie per hoofd	\$2.358
Werknemers top-ICT bedrijven	3,5 miljoen
Inkomsten top-ICT bedrijven	\$938 miljard
Internet-gebruikers per 1000 inwoners	551
Mobiele telefoons per 1000 inwoners	488
Aankoop van medicijnen	\$345 miljard
Uitgaven aan R&D (% van het bbp)	2,6%

BRONNEN: INTERNATIONALE DIENST VOOR DE VERWERFING VAN BIOTECHTOEPASSINGEN, IMS HEALTH, WERELDBANK, ORGANISATIE VOOR ECONOMISCHE SAMENWERKING EN ONTWIKKELING (OESO)



De opkomst van robot- achtige gevechts- vliegtuigen

De vliegtuigen bouwen is makkelijk. Maar om ze autonoom te maken en communicatienetwerken in de lucht op te zetten, is niet eenvoudig.

David Talbot

In vergelijking tot veel curiositeiten op het gebied van luchtvaart die de laatste jaren bij Nasa's Dryden Flight Research Center bij de Edwards Air Force Base in Californië zijn opgestegen, leken de laatste teststunts van het leger niet erg opmerkelijk. Afgelopen april steeg een gedrongen luchtvaartuig op ter grootte van een sportvliegtuig maar met vleermuisachtige vleugels die lijken op die van de B-2 Stealth bommenwerper, vloog op een hoogte van 10.500 meter en wierp een inerte precisiebom van 110 kilo af terwijl hij langs zoefde met een snelheid van 700 kilometer per uur. Vier maanden later stegen twee van deze vliegtuigen op, en vlogen samen. Dit waren bescheiden stunts, op één feit na: ze hebben geen piloot. Ze vormen de toekomst van het oorlogvoeren, de eerste werkende modellen van autonome gevechtsvliegtuigen die via een netwerk zijn verbonden

en het Amerikaanse ministerie van Defensie zou graag in 2010 met de bouw ervan beginnen.

Uiteindelijk zullen deze vliegtuigen de pijlers van het leger zijn. Hierover zijn de waarnemers het eens: het is gewoonweg veel minder duur – en veiliger – om machines een gevecht in te sturen dan mensen. Enkele onbemande vliegtuigen, met mensen achter de afstandsbediening, worden al breed toegepast voor verkenningen. De volgende lichting vliegtuigen zal in gecoördineerde groepen vliegen, met meer autonomie. Ze zullen taken op zich nemen van het aanvallen van vijandelijke luchtafweersystemen, het identificeren van nieuwe doelen en het afwerpen van precisiebommen. “De visie op lange termijn is dat de president op een dag wakker wordt en besluit dat iemands gezicht hem niet aanstaat, er oneindige aantallen ‘myrmidons’ - robotkrijgers – op afstuurt



In de toekomst zouden oorlogen kunnen worden uitgevochten met onbemande vliegtuigen, die wellicht gebaseerd zijn op dit model dat gemaakt is door Boeing, en in gecoördineerde groepen vliegen, doelwitten identificeren en bommen afwerpen.

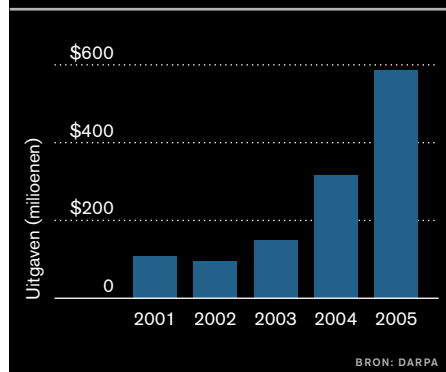
en dat we oorlog kunnen voeren zonder dat onze huid op het spel staat”, zegt John Pike, de directeur van GlobalSecurity.org, een toonaangevende website op het gebied van defensiebeleid.

Om deze visie werkelijkheid te laten worden, is het nodig om nieuwe communicatienetwerken in de lucht te vervaardigen evenals een reeks besturingssystemen die deze vliegtuigen autonoom zullen maken (hoewel ze uiteindelijk altijd door een mens bestuurd zullen worden) dan wat er tot op heden ook maar is gebouwd.

Dit zijn de doelstellingen van een vijf jaar durend programma dat 4 miljard dollar kost van de Defense Advanced Research Project Agency (DARPA), de tak voor geavanceerd onderzoek van het Pentagon. Hoewel voorgestelde bezuinigingen waarschijnlijk de financiering naar beneden zullen bijstellen, is dit nu het grootste programma van DARPA. Als

Het Pentagon zet in op robotachtige gevechtsvliegtuigen

R&D-uitgaven zijn verviervoudigd in twee jaar, maar in 2006 dreigen bezuinigingen.



onderdeel van het programma betaalt het bureau Boeing en Northrop Grumman om verschillende vliegtuigen met gemeenschappelijke besturingssystemen te ontwikkelen; DARPA contracteerde recentelijk het Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory om te helpen met de onmetelijke problemen op het gebied van netwerken, besturing en verwerking. Want terwijl DARPA nieuwe vliegmachines bestelt, eist het ook iets dat veel belangrijker is: het elektronische brein om ze te laten werken. De vliegtuigen “zijn technologisch geavanceerde luchtvaartuigen, dat is zeker, maar de ziel bevindt zich in de systemen

voor het beheersen en besturen, de sensoren, en de wapens die hun individuele en collectieve werking mogelijk maken”, aldus Michael Francis, de directeur van het DARPA-programma.

Het brein, dat zich aan boord en in de controlestations op de grond bevindt, moet een aantal moeilijke nieuwe taken kunnen uitvoeren. Het moet niet alleen het vliegtuig in de lucht en op koers houden maar moet het ook mogelijk maken dat groepen vliegtuigen op een gecoördineerde manier kunnen vliegen. Het moet snel de veranderende communicatieverbindingen bijhouden als het vliegtuig door de lucht zoeft met een snelheid van 700 kilometer per uur, of sneller. Het moet helpen bij het maken van voorlopige beslissingen met betrekking tot doelwitten, en bommen afwerpen. Hoewel de vliegtuigen voorzien moeten zijn van de nieuwste toeters en bellen op het gebied van netwerken, mogen ze niet te complex zijn in het gebruik, zodat een enkele bestuurder, op de grond of in een bemand toestel dat met de onbemande toestellen meevliegt, zonder moeite de vloot kan beheren.

Succesvolle jager

In de afgelopen jaren hebben onbemande vliegtuigen zichzelf tijdens oorlogen bewezen. De Predator bijvoorbeeld, een verkenningsvliegtuig voor gematigde hoogte gemaakt door General Atomics, maakte zijn debuut in Bosnië en deed vervolgens dienst in Afghanistan en Irak. De Global Hawk, gemaakt door Northrop Grumman, heeft al jaren verkenningsmissies op grote hoogte uitgevoerd. Intussen heeft Northrop een ander onbemand prototype gebouwd en gevlogen, de Pegasus, en laten zien dat deze op een vliegdekschip kan landen. Maar het aandringen van het Pentagon op robotachtige gevechtsvliegtuigen begon in alle ernst in 2005. Toen startte het Pentagon de competitie tussen Northrop en Boeing en stelde een tijdsplan van zeven jaar op om versies te ontwikkelen die geschikt zijn voor de luchtmacht en de marine.

De versie van Boeing heet X-45, een verkleind prototype wierp vorig jaar de inerte bom af en een model op ware grootte is onder constructie. De versie van Northrop heet X-47 en bouwt door op de Pegasus, en het model voor de volgende generatie is nog in ontwikkeling. De X-45 is meer toegerust op lucht-aanvallen bij hoge snelheid en de X-47

op verkenning op zee en het landen op vliegdekschepen. In beide gevallen wordt verwacht dat met de grootste prototypen binnen twee jaar testvluchten uitgevoerd zullen worden. (Met de huidige onzekerheden wat betreft het budget, stelde DARPA geen wetenschappers beschikbaar voor commentaar. Commentaar van DARPA-officials in dit verhaal is afkomstig van transcripten van het bureau van presentaties die de officials vorig jaar hebben gehouden.)

Het is nog niet duidelijk hoeveel van welke versie het Pentagon uiteindelijk wil kopen. In dat belangrijke opzicht verschilt deze poging van de intense competitie om de F-35 Joint Strike Fighter te bouwen, die over het algemeen beschouwd wordt als het laatste bemande gevechtsvliegtuig. Boeing verloor in 2001 de strijd om de F-35 van Lockheed Martin. “Hierdoor sloeg Boeing een hele generatie gevechtsvliegtuigen over, nadat ze eerst de belangrijkste leverancier van gevechtsvliegtuigen waren”, zegt Paul Nisbet, een volger van de luchtvaartindustrie van JSA Research in Newport.

De eerste paar kleinschalige X-45's van Boeing hebben zichzelf al bij verschillende demonstraties bewezen. In 2005 bereikte Boeing een mijlpaal door te laten zien hoe de bestuurders van het vliegtuig aan de grond vluchtplannen konden coördineren met conventionele besturingen voor luchtverkeer en wanneer nodig het vluchtplan van de X-45's konden aanpassen. Vervolgens lieten de X-45's van Boeing in 2004 nog een paar trucs zien, waarbij inerte bommen werden ingezet, en, een cruciaal punt, lieten zien dat de bestuurders aan de grond de draadloze verbinding door konden geven aan een ander station dat zich bijna 1400 kilometer verderop bevond, terwijl het vliegtuig in de lucht was. Ten slotte liet Boeing zien dat een enkele bestuurder aan de grond twee X-45's kon besturen.

Boeing heeft nog een andere troef in handen. Het Pentagon beschouwt Boeing al als de “voornaamste systeemintegrator” voor het ontwikkelingsproject Future Combat Systems. Dit megaproject moet achttien soorten met sensoren beladen gevechtsvoertuigen opleveren en de communicatietechnologie om soldaten te verbinden met voertuigen, vliegtuigen, robots en met elkaar.

Dit programma zal waarschijnlijk ook worden ingekrompen als onderdeel van een nieuwe ronde bezuinigingen voor het Pentagon, de nieuwe nadruk zal liggen op het toevoegen van technologie aan

Een afbeelding van Northrop Grumman toont een visie op oorlogvoeren: onbemande vliegtuigen die opstijgen van vliegdekschepen.



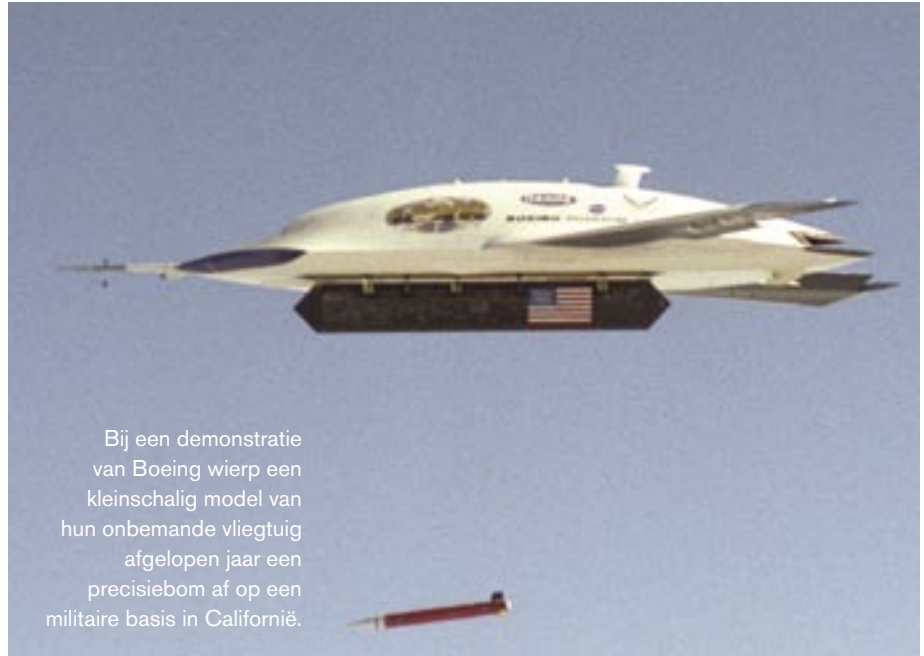
bestaande voertuigen. Toch “wordt bij beide programma’s nog steeds gesproken van het inzetten van robots op het slagveld”, zegt Pike. “Boeing heeft ernaar gekeken en zegt dat dit de toekomst is.” Maar Boeing en Northrop erkennen dat het er in het huidige programma niet om gaat wie het beste vliegtuig kan bouwen. “Vroeger wilden we het beste platform bouwen”, zegt William Body, business development manager van Boeing in Saint Louis. “Nu kijken we naar het creëren van het systeem der systemen. We zullen onbemande vliegtuigen hebben, en de kerntechnologie. Maar het eindspel zal draaien om netwerken.”

Essentiële zaken

De eerste en meest voor de hand liggende uitdaging is het mogelijk maken van een steeds autonomer wordende operatie. Dit lijkt misschien een probleem dat bijna is opgelost. Tenslotte bevatten zelfs de gewoenste commerciële vliegtuigen al een autopilootfunctie waarmee evenwicht en koers tijdens lange vluchten worden gehandhaafd en waarmee ook opstijgen en landen grotendeels geautomatiseerd kunnen worden uitgevoerd.

Een belangrijk punt is echter dat gewone vliegtuigen nog steeds piloten in de cockpit hebben. Piloten maken ontelbare beslissingen om kleine mankementen van het vliegtuig op te lossen en besluiten wanneer wel of niet geautomatiseerde systemen gebruikt kunnen worden. “Het is niet eenvoudig als je geen piloot hebt die ongelukjes, fouten, falen enzovoort kan afhandelen”, zegt Eric Feron, luchtvaartkundig ingenieur bij MIT die niet betrokken is bij het huidige DARPA-programma. “Het is onvoorstelbaar hoe vaak de mens in staat is om als de lijm op te treden tussen gaten in de technologie.”

Dan is er nog het probleem van het opzetten van wat neerkomt op een internet in de lucht. Op de grond breiden mobiele communicatienetwerken zich snel uit. Maar wanneer je je verplaatst naar een hoogte van 10.500 meter met een snelheid van 700 kilometer per uur, treden andere uitdagingen op. De hedendaagse radioverbindingen in de lucht hebben één fout bit per 10.000 verzonden bits. Voor een internet in de lucht is dat veel te onbetrouwbaar. Het is zelfs honderd maal slechter dan wat nodig is voor het internet op de grond om nog maar minimale service te leveren, zegt Dave Kenyon, informatiearchitect bij het Electronic Systems Center



Bij een demonstratie van Boeing wierp een kleinschalig model van hun onbemande vliegtuig afgelopen jaar een precisiebom af op een militaire basis in Californië.

van de luchtmacht in Bedford, MA. Het centrum ontwikkelt op satellieten gebaseerde netwerken die door allerlei soorten militaire vliegtuigen gebruikt gaan worden.

Onbemande vliegtuigen vragen om nieuwe manieren waarop informatie tijdens een vlucht van communicatieroute kan verwisselen. “We zullen niet altijd over perfecte communicatie beschikken en zullen zelfs altijd wel enige mate van latentie hebben”, zegt Paul Waugh, een plaatsvervangend directeur van het X-47-programma van DARPA. “Het systeem heeft dus in zijn totaliteit een bepaald niveau van autonomie nodig, wat betekent dat we slimme platforms, slimme sensoren, en slimme gegevensverwerking nodig hebben.” Het vliegtuig moet voor zichzelf kunnen denken.

Om de spanning op de communicatienetwerken verder terug te brengen moeten de vliegtuigen zo worden ontworpen dat ze zoveel mogelijk werk aan boord uitvoeren. Na het verzamelen van beelden van doelwitten moet een vliegtuig bijvoorbeeld een groot deel van het verwerken en filteren uitvoeren, en alleen relevante beelden terugsturen naar de menselijke bestuurders. “De regels code [voor het besturen van het vliegtuig] zijn minuscuul vergeleken met de regels code die nodig zijn voor het plannen van de missie, het beheren van de sensoren en het als een team laten vliegen van de vliegtuigen”, zegt Rick Ludwig, verantwoordelijke bij Northrop.

Eric Feron ontwikkelt een sleutelsysteem dat generiek is voor alle onbeman-

de vliegtuigen: de interface tussen mens en machine. In de toekomst kunnen onbemande vliegtuigen wellicht aangestuurd worden door een door één piloot bemand gevechtsvliegtuig. Feron werkt aan een interface op basis van natuurlijke taal. Dat is maar een deel van de opdracht; als de gesproken commando’s eenmaal zijn overgebracht, moeten ze nog worden vertaald in een reeks elektronische en mechanische handelingen. Feron schrijft ook software die de commando’s sorteert en er prioriteiten aan toekent en ze omzet in instructies voor de machine op kan reageren. In juni 2004 is dit commando- en besturingsgedeelte van het systeem met succes getest.

Boven alles moet de software aanpasbaar zijn. De versies van Northrop en Boeing worden geacht om verbinding met elkaar te maken en met andere militaire systemen. In verschillende laboratoria zijn autonome helikopters, robotvliegtuigen en zelfs vliegtuigen met klappende vleugels ter grootte van een insect in verschillende ontwikkelingsstadia. Als de systemen voor de netwerken en de besturing eenmaal zijn uitgewerkt, zou elk toekomstig vliegtuig er gebruik van kunnen maken. Als de netwerken in de lucht net zo betrouwbaar zijn als het internet op het land, kunnen de myrmidons elke vorm aannemen die het Pentagon behaagt. ■

David Talbot is de hoofdcorrespondent van Technology Review.

Vertaling: Petra Ringenaldus

Groningen komt eraan

DIE ZUIDERZEELIJN GAAT dus niet door. Dat is een grote overwinning: op betonbedrijven die willen bouwen ongeacht het nut van wat ze bouwen, op politici die niet nadenken, op journalisten die niet rekenen, op onderzoekers die opschrijven wat de opdrachtgever wil.

Zelf heb ik in 1999 de claim genoteerd dat de reistijd Groningen-Amsterdam binnen de drie kwartier zou blijven, zelfs met stops op zes stations onderweg. Ik

Gasten uit grotemensenlanden lachen zich dood als je Groningen afschildert als geïsoleerd.

kan niet meer reconstrueren waar dit cijfer vandaan kwam, maar het is aardig om het te vergelijken met wat ik nu terugvind in een tekst uit het *Nieuwsblad van het Noorden* van 13 december 1999: de verslaggever stelt dat de reis mét stops een uur zou duren en zonder oponthoud 35 minuten. Maar in hetzelfde artikel poneert Commissaris van de Koningin Hans Alders dat met de door hem zo vurig gewenste verbinding “Carré binnen drie kwartier bereikbaar is”.

Ik gun het gelijk wat de cijfers betreft graag aan mijn noordelijke collega,

maar had hij het Alders dan niet wat lastiger kunnen maken? Als de trein er 35 minuten over doet, komt niemand vanuit Groningen binnen drie kwartier in Carré. Juist dit masseren van de cijfers leidt tot opgeklopte verwachtingen, te lage kostenramingen en tot het goedkeuren van een heilloos project - wat op een haar na is gebeurd. Het debiteren van dergelijke halve waarheden door (belanghebbende) hoogwaardigheidsbekleders zou strafbaar moeten zijn. Het zou moeten leiden tot persoonlijke aansprakelijkheid als de uitspraken worden gedaan voordat over het desbetreffende project is beslist.

En wat te denken van de retoriek over het “isolement van het noorden”? Ook daar werd eind vorige eeuw veelvuldig mee geschermd. Wát nou isolement? Niet zo lang geleden was ik in Groningen. Daar sprak ik ‘s avonds een Amerikaan, en rond middernacht namen we afscheid. Ik moest terug naar het Westland, een rit van minstens tweeënhalf uur. “Da’s niks”, sprak de Amerikaan monter. Hij ging die nacht nog naar Berlijn.

Is Londen geïsoleerd van Manchester? München van Hamburg? Parijs van Marseille? Los Angeles van New York? Ik geloof niet dat in deze landen zulke vragen worden gesteld. Een reden is denk ik dat in deze gevallen het geografische isolement een onbetwistbaar feit is. Dat er in Groningen over wordt gezegd, is een sterke aanwijzing dat het met dat isolement wel meevalt. In de genoemde voorbeelden is het isolement reëel, maar niet relevant. Doordat de afstand zo groot is, gaat niemand licht-



Herbert Blankesteyn is freelance journalist.

vaardig op reis en kunnen de verschillende steden hun eigen broek ophouden. De realiteit voor Groningen is dat er van isolement geen sprake is (anders was Alders daar nooit gaan zitten). Groningen is afhankelijk van Amsterdam. Daardoor is verkeer niet zomaar te vermijden en dan vinden we 200 kilometer best wel ver.

Gasten uit grotemensenlanden lachen zich dood als je Groningen afschildert als geïsoleerd. Niet alleen is de afstand verwaarloosbaar, ook de verbindingen zijn fantastisch. Er is een A28, waar zeker na Zwolle zelden sprake is van filevorming. Er is een Afsluitdijk. Er is een spoorlijn, die je kunt nemen als je onderweg wilt werken, waardoor de effectieve reistijd halveert. Juist Groningen heeft dat voordeel. Neem je de trein naar Utrecht, waarvandaan dan ook, dan kom je aan voordat je goed en wel zit. Onderweg naar Groningen heb je tenminste de tijd, maar niet zoveel dat je het vliegtuig wilt nemen - als het echt moet kan dat óók nog. Daarnaast zijn er verbindingen als telefoon en e-mail, die ervoor zorgen dat je van vervoer niet eens gebruik hoeft te maken en waardoor Groningen

helemaal niet verder hoeft te lijken dan bijvoorbeeld Bangkok.

Als Groningen zich geïsoleerd voelt, rijzen twee vragen. Waarom hebben al de genoemde verbindingen daar geen verandering in gebracht? En waarom zou een eventuele nieuwe verbinding dat wel doen?

De reistijd van het IJ naar Groningen was honderd jaar geleden minstens een dag, nu een paar uur. Met miljardeninvesteringen had daar misschien nog een uurtje afgekund - maar aangezien de meeste mensen niet pal naast een station wonen of werken, maar bijvoorbeeld in de omgeving van Carré, zou hun reistijd zeker niet halveren. Dat is de wet van de verminderde meeropbrengst.

Ondanks het wegsmelten van die reistijd vinden we het in de Randstad inderdaad nog steeds ver, alle snelheid ten spijt. Weet u waarom? Volgens mij komt het doordat Groningen twee keer zo ver is als Zwolle. En ook doordat Groningen voor veel mensen de verste binnenlandse bestemming is. Ik ben bang dat dat zo blijft. Als het drie kwartier kost om in Groningen te komen en na twintig minuten stopt mijn zweef trein in Lelystad, dan stap ik mooi uit in Lelystad. Als ik niet verder hoef voor mijn boodschappen, mijn zaken of mijn recreatie, dan rij ik niet verder.

De kwestie is: we verlangen niet naar snelheid omdat we het zo leuk vinden

We verlangen niet naar snelheid omdat we het zo leuk vinden om hard te gaan. We willen snelheid omdat we zoveel mogelijk met onze tijd willen doen.

om hard te gaan. We willen snelheid omdat we zoveel mogelijk met onze tijd willen doen. Dat is neurotisch, maar het is de werkelijkheid. Onze tijd is ons veel waard. Anders gezegd: onze tijd is duur.

Elke verdubbeling van onze snelheid valt ongeveer samen met een verdubbeling van de prijs van onze tijd. Dus we willen wel sneller, maar niet om verder weg te gaan. We willen sneller om eerder aan het volgende agendapunt te kunnen beginnen. Dus als er een snellere verbinding is met Groningen, stappen we nog steeds uit bij die zakenrelatie in Lelystad en incasseren we de tijdwinst. We rijden alleen naar Groningen als het strikt noodzakelijk is, maar dat deden we toch al.

Het grappige is dat we in onze vrije tijd anders te werk gaan. Het is al lang bekend dat mensen gemiddeld een vaste hoeveelheid tijd besteden aan woonwerkverkeer. De snelle treinverbinding zou voor Amsterdammers de mogelijkheid hebben geopend in de provincie Groningen te gaan wonen, zoals de brug over de Sont een behoorlijk aantal Denen naar Zweden heeft doen verhuizen. Groningen zou een satellietstad van Amsterdam zijn geworden (en eerlijkheidshalve moet ik erbij zeggen dat Alders dat gevaar onderkende). Ook in dat opzicht is het goed dat die trein er niet komt.

Blijft Groningen altijd twee keer zo ver als Zwolle? Er is hoop, maar de enige grond voor die hoop is te vinden in een negatieve ontwikkeling: de randstedelijke verkeersellende.

Ik heb wel eens geografische kaartjes gezien waarop de afstand tussen twee locaties niet evenredig was met het aantal kilometers, maar met de reistijd. Zulke kaartjes kunnen niet erg gedetailleerd zijn, want grote steden komen dicht bij elkaar te liggen en waar laat je dan de tussengelegen, moeilijker bereikbare negorijen? Maar vanuit één centrum lukt het aardig, en dan is het onthullend te zien wat goede, snelle verbindingen doen voor de afstand in minuten. Rotterdam (55 kilometer) kan dan voor het openbaar vervoer dicht bij Utrecht liggen dan Werkhoven (20 kilometer). Zulke kaartjes geven meteen iets weer als psychologische afstand.

Als inwoner van de Randstad ervaar ik de laatste jaren een geweldige psychologische afstand tot alle bestemmingen waarvoor ik de auto moet nemen. (Voor de trein was die afstand er al - Amsterdam is voor mij twee uur gaans als er geen vertragingen zijn.) Waar

ik ook heen ga, als ik voor tien van huis moet of na half vier nog op de weg ben, weet ik dat ik ergens vast kom te staan. Ook buiten deze tijdstippen ben je je leven niet zeker; door ongevallen en werkzaamheden zijn ook buiten de

Het vermeende isolement van Groningen zal verdwijnen dankzij het verkeersinfarct in de Randstad.

spits de meest idiote files mogelijk. Op zondagavond, op tweede pinksterdag, rond middernacht - verzin een tijdstip en ik heb rond dat tijdstip in tien kilometer file gestaan. Voor afstanden tot 20 kilometer is de fiets misschien niet altijd het snelste, maar wel het zekerste vervoermiddel.

Het bereiken van de rand van de Randstad is altijd een probleem. Maar als ik Amersfoort voorbij weet te komen slaak ik een zucht van verlichting en leef ik op. Beweging, ruimte, vrijheid! Voor Amsterdammers en Utrechters zou Groningen al wel dichterbij kunnen zijn dan Eindhoven, en Arnhemmers en Amersfoorters zouden wel eens liever noordwaarts kunnen gaan dan naar Den Haag of Rotterdam.

Lees dit betoog niet als aanklacht tegen politici die het verkeer niet in de hand kunnen houden. Het verkeer valt niet in de hand te houden - als acht miljoen auto's tegelijk de weg opgaan loopt het onvermijdelijk spaak. Ik beweer hier dat het vermeende isolement van Groningen, zelfs in de perceptie van Alders en consorten, zal verdwijnen dankzij het verkeersinfarct in de Randstad. Nog een paar jaar en iedereen gaat liever naar Groningen dan ergens anders heen.

Dat had de Zuiderzeelijn nooit voor elkaar gekregen. ■



Om professioneel antenneontwerper te worden kun je twee verschillende paden bewandelen: één daarvan is je inschrijven voor een universitaire of postacademische studie elektromagnetisme, je overgeven aan de empirische studie van antennestructuren en in de leer gaan bij een ervaren technisch specialist. Of je kunt doen wat Jason Lohn deed: de evolutie het werk laten doen.

Natuurkundigen weten veel over de vergelijkingen van Maxwell en de andere principes die van belang zijn voor draadloze communicatie. Maar antennes ontwerpen heeft nog steeds iets van zwarte kunst, zegt Lohn, een informaticus werkzaam bij het Ames Research Center van de Nasa buiten Mountain View in Californië. "Dit is werkelijk een heel apart vakgebied. Alles wat je er leert, leer je proefondervindelijk, door trial and error."

Waarom zou je dit trial and error-proces dan niet automatiseren? Het ontwerpen van antennes, zo denkt Lohn, is een van de vele engineeringproblemen die het best zijn op te lossen door gebruik te maken van evolutiealgoritmen, een in opkomst zijnde klasse van software. Deze algoritmen produceren stapels verschillende ontwerpen en verwerpen de minst geschikte daaruit om uiteindelijk de meest functionele over te houden. De ontwerpen die hieruit voortkomen, zien er vaak onelegant en geheimzinnig uit, zeg maar gerust onmenselijk.

Evolutionaire algoritmen, ook wel bekend onder de naam genetische algoritmen of GA's, gebruiken de biologische evolutie als leidraad. In de seksuele reproductie levert het opnieuw rangschikken van de genen van beide ouders organismen op met nieuwe eigenschap-

Machines die
gebruikmaken van
genetische algoritmen
zijn beter dan mensen
in staat om andere
machines te ontwerpen.

ONNATUURLIJKE SELECTIE

Sam Williams ILLUSTRATIE: JOEL LARDNER

pen, en de organismen die het minst gezond zijn geven hun genen meestal niet door aan opvolgende generaties. Evolutionaire algoritmen werken ongeveer hetzelfde, maar dan binnen in een computer.

Als Lohn een nieuwe antenne creëert, begint hij met een populatie van willekeurig gegenereerde ontwerpen en rangschikt hij ze op volgorde van relatieve prestaties. Ontwerpen die het dichtst in de buurt komen van de vooraf gestelde doelen, krijgen het recht om hun kenmerken te vermengen met die van andere succesvolle kandidaten. Tegenvallend ontwerpen volgen de weg die de archeopterix ging: die naar de vergetelheid.

Het kweken van antennes kost natuurlijk wel de nodige tijd. De meeste ontwerpen zijn ronduit vreselijk en het kost een groot aantal computercycli om redelijk presterende exemplaren te vinden. Lohn, een PhD die sinds het begin van zijn studie geen cursussen elektromagnetisme meer heeft gevolgd, verwacht dat ten minste één van de antenneontwerpen van zijn team dit jaar de ruimte in gaat als onderdeel van Nasa's missie Space Technology 5, waarbij drie miniatuursatellieten getest gaan worden. Zijn favoriete door de computer ontworpen antenne is een kurkentrekkerachtig geval dat klein genoeg is om in een wijnglas te passen, maar dat wel in staat is om een radiogolf vanuit de ruimte in een brede afstralingshoek uit te zenden naar het aardoppervlak. De antenne lijkt in geen enkel opzicht ook maar iets op wat een beetje radio-ingenieur zelf zou bouwen.

"Evolutionaire algoritmen zijn een geweldig stuk gereedschap om de donkere krochten van de ontwerpruimte te verkennen", aldus Lohn. "Je laat je ontwerpen zien aan mensen met 25 jaar

ervaring in de industrie, die daarop reageren met: 'Wow, werkt dat echt?'" Het enigszins griezelige antwoord luidt: ja, ze doen het echt, zoals Lohn vastgesteld heeft na maandenlang testen. "Met een beetje geluk krijgen we in 2005 zes antenneontwerpen de ruimte in."

Niet elk probleem zal zich geschikt tonen voor de evolutionaire aanpak. Die dat wel doen, hebben één gemeenschappelijk kenmerk: ze liggen allemaal, zoals John von Neumann het uitdrukte, aan de andere kant van de scheidingslijn tussen de problemen die met traditionele op wiskundige afleiding berustende methoden kunnen worden opgelost, en problemen die een meer intuïtieve aanpak nodig hebben. Tot voor kort was het oversteken van deze grens een kostbare

Nasa's kurkentrekker-antenne lijkt in niets op wat een beetje radio-ingenieur zelf zou bouwen.

aangelegenheid. Vandaag de dag zijn computers snel genoeg om zich door miljoenen volslagen vreemde ontwerpen te werken in de hoop er een te vinden die werkt. Koppel dat aan de groeiende ervaring van de moderne ontwerper in het toepassen van evolutionaire algoritmen, zo zegt David Goldberg, directeur van het Illinois Genetic Algorithms Laboratory van de University of Illinois in Urbana-Champaign, en je bereikt wat technici liefkozend 'schaalbaarheid' noemen: de mogelijkheid om miniatuur- en omvangrijke ontwerpuitdagingen op dezelfde manier aan te pakken.

"Net zoals de stoommachine de mechanische kracht leverde om zwaardere klussen te klaren, zo beginnen

genetische algoritmen individuele ontwerpers de intellectuele kracht te leveren om het werk anders aan te pakken", zegt Goldberg. "Door een deel van het zware intellectuele tilwerk te automatiseren maken we ons vrij om ons op een hoger, creatiever niveau bezig te houden."

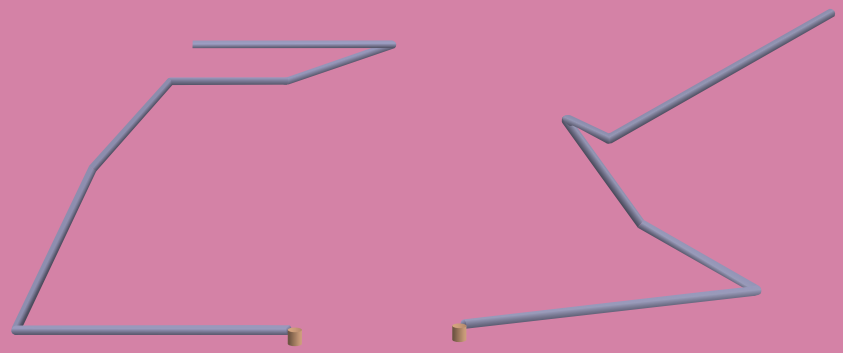
Van speelgoed tot gereedschap

Het in microseconden op de computer reproduceren van een proces dat in de natuur miljoenen jaren kost, is een idee dat al dateert van lang voordat de mogelijkheid er was om het uit te voeren. John H. Holland, een 76-jarige hoogleeraar informatica aan de University of Michigan, zegt dat hij voor het eerst hiermee kennismakte toen hij in de vroege jaren vijftig zijn vinger langs de boeken op de planken van de wiskundebibliotheek in Michigan liet gaan.

"Eens in de zoveel tijd pikte ik er gewoon een boek uit dat interessant leek en las het", zegt hij. Het is aan deze gewoonte te danken dat hij uitkwam bij *The Genetical Theory of Natural Selection*, een boek uit 1930 van de Britse wiskundige en later bioloog Ronald Fisher. Geïnspireerd door de plantenexperimenten op erwten door de negentiende-eeuwse Oostenrijkse monnik Gregor Mendel, werkte Fisher de wiskundige beschrijvingen uit van het proces van natuurlijke selectie, op het niveau van individuele genen. Fishers werk sloot goed aan bij wat boeren al eeuwen wisten: de seksuele reproductie garandeert variatie en vernieuwing. "Dat is feitelijk waar de genetische algoritmen vandaan komen", aldus Holland. "Ik vroeg mij af of je ook computerprogramma's kon kweken, zoals men ook goede paarden fokt en verbeterde maïs kweekt."

Bochtig is beter

Voor drie experimentele miniatuursatellieten had Nasa behoefte aan antennes met een brede afstralingshoek en een hoge bandbreedte. De Evolvable Systems Group van het Nasa Ames Research Center creëerde evolutionaire software die willekeurige antenneontwerpen genereerde, het gedrag van de antennes simuleerde en kenmerken van de best presterende ontwerpen recombineerde. Het resultaat, na vele generaties: het bizar gebogen ontwerp uiterst rechts.



Eerste Generatie

Holland schreef zijn eerste artikel over 'adaptieve algoritmen' in 1962. Maar het duurde tot aan het eind van de jaren zeventig voordat hij en zijn promovendi de computermiddelen hadden verzameld om het idee ten uitvoer te brengen. Holland zegt dat het aan een van zijn studenten, Edward Codd, te danken is dat zijn vorige werkgever IBM een low-cost mainframe wilde verkopen aan de onderzoeksgroep in Michigan. (Codd zou later de A.M. Turing Award winnen, het equivalent in de computerwetenschap van de Nobelprijs, voor het ontwerpen van de eerste relationele databases.) Maar vooralsnog beperkte de schamele 52 kilobytes aan geheugen de omvang en reikwijdte van de eerste experimenten van de onderzoekers.

Een van de eerste onderzoekers die een serieuze testrit maakte met evolutionaire algoritmen, was Goldberg, die begin jaren tachtig als promovendus onder Holland werkte. Goldberg haalde een probleem van stal waarmee hij te maken had in de tijd dat hij in de aardgasindustrie werkte: het minimaliseren van het energieverlies in een langeafstandspijpleiding, gegeven de variaties in de regionale vraag. Zijn evolutionaire algoritmen leverden oplossingen aan die net zo efficiënt waren als die welke het resultaat waren van de bestaande software voor de mechanica van vloeibare stoffen. Naarmate Goldberg zijn algoritmen met steeds grotere en gecompliceerdere problemen ging voeden, begonnen ze te haperen: ze liepen vast in het volgen van doodlopende uiteinden of het uitspitten van hopeloos wilde oplossingen. "Ik begreep de problemen waar ik een oplossing voor zocht vaak beter dan de gereedschappen die ik gebruikte om ze op te lossen", zegt Goldberg.

Goldberg richtte zich op het beter voorspelbaar maken van genetische algoritmen. Hij ontdekte dat hij met de instelling van de parameters van ieder nieuw algoritme een deel van de rimpels kon gladstrijken. Verder leverde zijn onderzoek hem vooral een ontnuchterende constatering op: dat evolutionaire algoritmen vaak gecompliceerder waren dan de problemen die zij probeerden op te lossen. Uiteindelijk leerde Goldberg de 'naald in een hooiberg'-problemen, die één enkele, beste oplossing vragen, te mijden en richtte zich op problemen die meerdere levensvatbare oplossingen hadden. "Als er tientallen naalden zodanig over de hooiberg verspreid zijn dat het evolutionaire algoritme de hooiberg kan opdelen in kleinere hooibergjes, geef je jezelf op zijn minst een kans op een beter resultaat", aldus Goldberg.

Goldberg documenteerde zijn inspanningen in een boek uit 1989, een werk dat andere computerbewuste technici zou inspireren zelf wat in elkaar te knutselen. Tegen het midden van de jaren negentig hadden ingenieurs van het General Electric Research Center in Niskayuna, New York, evolutionaire methoden ingebouwd in een eigen ontwerpprogramma genaamd ENGENEOUS, dat werd gebruikt om de efficiëntste vorm te vinden voor de propellerbladen in de GE90-straalmotoren de Boeing 777. Dankzij ENGENEOUS kon het GE90-team één trap weglaten uit de compressor van de motor, wat een afname van het motorgewicht en de fabricagekosten betekende, zonder enig verlies aan aërodynamische prestaties. "Na dit eerste succes openden zich de poorten om dit soort gereedschappen in vele verschillende toepassingen overal bij General Electric te gaan gebruiken", zegt Pete Finnigan,

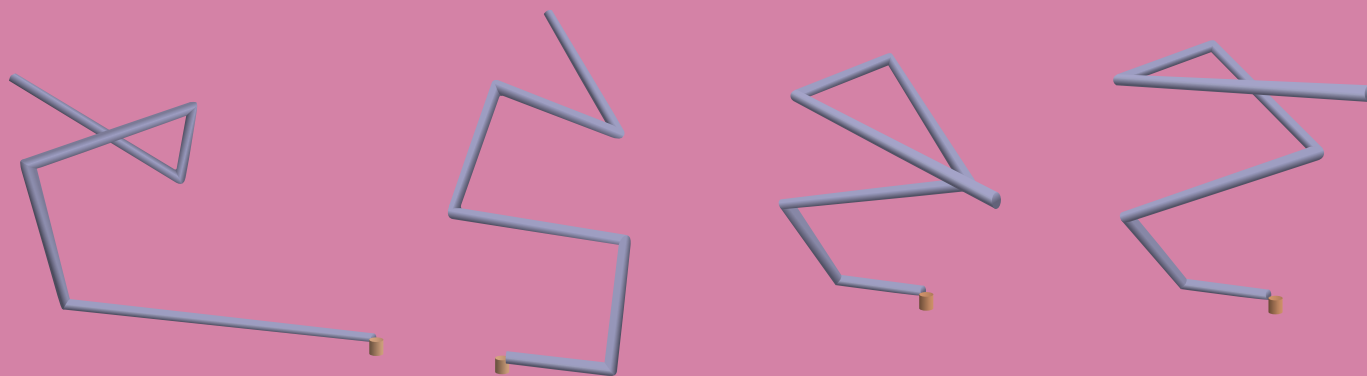
laboratoriummanager voor geavanceerde mechanische ontwerp-toepassingen in het onderzoekscentrum.

Fraude signaleren

Terwijl computers snel krachtig genoeg geworden zijn om evolutionaire principes toe te passen op allerlei soorten problemen, heeft het aantal 'hooibergen' zich met een dramatisch hogere snelheid vermenigvuldigd. Bijvoorbeeld fraude door consumenten. Creditcardmaatschappijen schatten dat 7 dollarcent van elke 100 dollar die afgeschreven wordt van creditcards, verloren gaat aan fraude, wat de industrie alleen al in de VS meer dan 1 miljard dollar per jaar kost. Toch is het verschrikkelijk moeilijk om traditionele software te schrijven die frauduleuze betalingsopdrachten opspoorde. Waarom? Omdat de mensen die zich bezondigen aan fraude, experts zijn in het zodanig aanpassen van hun gedrag dat ze niet ontdekt worden.

Evolutionaire algoritmen kunnen de kans van slagen van geautomatiseerde fraudedetectie op zijn minst groter maken, zo beweren de onderzoekers op het gebied van kunstmatige intelligentie, die het in New York City gevestigde Searchspace hebben opgericht. Dit bedrijf brengt een verscheidenheid van programma's op de markt die de hooiberg opdelen in stukjes door verdachte transacties binnen nauwkeurig afgebakende delen van bestaande boekhoudadministraties op te sporen, zegt Michael Recce, hoofd wetenschappelijk onderzoek van Searchspace. De software maakt gebruik van gereedschappen die de bijnaam 'sentinels' hebben gekregen en die geprogrammeerd zijn met speciale algoritmen om fraude op te sporen.

JASON LOHN, NASA AMES RESEARCH CENTER



Tussengeneratie

Laatste Generatie

Zo zouden bijvoorbeeld meerdere afschrijvingen van dezelfde creditcard in dezelfde winkel op dezelfde dag automatisch gesignaleerd kunnen worden.

De persoon die deze aankopen op elkaar stapelt, kan natuurlijk ook gewoon een nogal vergeetachtige consument zijn die zijn kerstinkopen doet, en niet een dief. Daarom maken de sentinels gebruik van allerlei weegfactoren, zoals wat iemand in het verleden al heeft uitgegeven in de winkel.

Searchspace houdt regelmatig een proef, een soort vergelijkend warenonderzoek voor software, waarbij de eigen algoritmen worden vergeleken met de bestaande systemen voor fraudedetectie van potentiële klanten. Deelnemers leveren ongemerkte delen uit bestaande gegevensadministraties aan om te zien of de sentinels van Searchspace erin slagen op de juiste plaatsen rode vlaggetjes te zetten. Steevast, zegt Recce, signaleren de sentinels niet alleen de reeds frauduleus gebleken rekeningen, maar ook andere boosdoeners die zich schuilhouden in de achtergrondruis.

Patent op het origineel

Nu het zover is dat evolutionaire algoritmen ons mensen te slim af zijn, zijn er onderzoekers die de lat nog hoger willen leggen. Aan Stanford University is hoogleraar biomedische informatica John Koza – opnieuw een protégé van Holland – bezig een nauw verwant vakgebied genaamd genetisch programmeren te verkennen. Evolutionaire algoritmen

Als de uitvinding goed werkt, maakt het dan iets uit als we niet weten hoe dat komt?

hebben vaste verzamelingen instructies en de enige variatie bestaat uit de gegevens waar zij op werken. Genetische programma's daarentegen lijken meer op seksueel actieve organismes en zijn in staat om zichzelf in de loop van de tijd te verbeteren door herverdeling van stukjes code. De wapenfeiten van Koza's programma's variëren van nieuwe gecomputeriseerde methoden om proteïnen te sorteren tot nieuwe ontwerpen voor elektronische schakelingen.

De ontwerpen voor schakelingen kwamen voort uit een samenwerking tussen Koza, Matthew Streeter van Carnegie Mellon University en Martin

De zaken helpen evolueren

Ascent Technologies, Cambridge, Massachusetts

Ascent ontwikkelde het SmartAirport Operations Center, dat gebruikmaakt van evolutionaire algoritmen om luchthavenactiviteiten zoals gatecontroles, grondverkeer, bagageafhandeling en inroosting van beveiligingspersoneel te coördineren.

Deere and Company, Moline, Illinois

De beroemde producent van John Deere tractoren en grasmaaiers gebruikt evolutionaire algoritmen om productielijnschema's te ontwikkelen die het best passen bij de kosten, tijd en veiligheidsaspecten van een project.

First Quadrant, Pasadena, Californië

Evolutionaire algoritmen ontwikkeld door de Californische denktank Rand in Santa Monica hebben dit beleggingsfonds geholpen om gefundeerd beurstransacties te doen en andere investeringsbeslissingen te nemen.

Nutech Solutions, Charlotte, North Carolina

De evolutionaire algoritmen van Nutech helpen General Motors meer geld te verdienen aan de doorverkoop van auto's, door aan te geven wat de beste momenten, gelegenheden en prijzen zijn om voertuigen te verkopen, gegeven de regionale verschillen in veilingprijzen, transportkosten en dergelijke.

Schlumberger, New York, New York

Software van deze enorm grote dienstenleverancier aan de oliewinningsindustrie maakt gebruik van evolutionaire algoritmen om olieboorders te helpen beslissen wanneer zij het best nieuwe putten kunnen aanboren, gelet op de productie uit bestaande putten.

Keane van Econometrics, een consultancyfirma op het gebied van marketingstrategie gevestigd in Chicago. Hun eerste uitdaging was om te zien of de genetische aanpak van uit het niets ontwerpen schakelingen kon genereren die in het verleden al door ingenieurs ontworpen en geoptimaliseerd zijn. Het kostte het programma weinig moeite om eenvoudige ontwerpen, in de jaren dertig en veertig geoptimaliseerd, te genereren.

Tegen de tijd dat de groep rond Koza de vierde en vijfde generaties van het programma ging testen, begon er echter iets te gebeuren wat nog verrassender was: het programma kwam met schakelingen aanzetten die nog nergens in de octrooiliteratuur gepubliceerd waren. Twee van deze ontwerpen – een paar besturingsschakelingen die terugkoppeling regelen – waren zo origineel dat Koza en zijn medewerkers er octrooi voor hebben aangevraagd.

Ondanks dat hij trots is op zijn software, wil hij de verantwoordelijkheid voor de nieuwe ontwerpen niet bij het programma zelf leggen. De octrooien staan op naam van Keane, Koza en Streeter, in deze volgorde. Er liggen hier echter een paar problemen van pseudo-filosofische aard op de loer: als iets wordt

bedacht zonder dat er een mens aan te pas komt, is het dan een echte uitvinding? Wie is de uitvinder dan? Als de uitvinding goed werkt, maakt het dan iets uit als we niet weten hoe dat komt?

Mensen hoeven niet jaloers te worden op deze software, zegt Koza, omdat het ultieme doel slechts het uit handen geven van eentonig engineeringwerk aan computers is. Hij voorziet een tijd in de nabije toekomst – laat het nog twintig jaar duren – waarin genetische algoritmen op ultrasnelle computers eenvoudige ontwerptaken overnemen op gebieden variërend van elektronica tot optica. Zelfs dan, veronderstelt Koza, zullen mens en machine in harmonie samenwerken. “We hebben nog nergens de situatie bereikt waarin computers mensen hebben vervangen”, aldus Koza. “Misschien op heel speciale en toespitste gebieden, maar de praktijk wijst tot nog toe uit dat mensen altijd gewoon zijn opgeschoven om moeilijkere problemen aan te pakken. Ik denk dat dit zo zal blijven.” ■

Sam Williams is een freelance auteur in New York.

Vertaling: Hans v. Bruggen, Krivaja Translations

Hoop implanteren

Voor het eerst heeft een verlamde patiënt een armprothese bewogen met alleen denkracht.

David Ewing Duncan

KLIK, KNISPER, PLOF. Ik luister naar een brein dat een schijnbaar onbegrijpelijke taal spreekt, een koor van miljoenen vurende neuronen, dat in mijn oren klinkt als de ruis van een slecht afgestemde kortegolfradio. Dan klinkt er een duidelijk 'plof'. En weer hoor ik het: plof. Ik kijk naar videobeelden. Het brein in kwestie behoort toe aan een bebaarde man in een stoel. Hij is slachtoffer van een steekpartij drieënhalp jaar geleden en is vanaf zijn nek verlamd. De ventilator waardoor hij kan ademen maakt een gorgelend geluid. Matthew Nagle, 25 jaar oud, ooit stervootballer van zijn highschoolteam in Weymouth, heeft een ronde titanium connector die rechts van zijn kruin anderhalve centimeter uit zijn hoofd steekt. Op 4 juli 2001 raakte Nagle betrokken bij een vechtpartij op het strand van Wessagussett in Weymouth. Wat hij zich ervan herinnert is alleen dat overal vuisten zwaaiden en dat een vriend belaagd werd. Iemand riep iets over een mes, en Nagle verloor het bewustzijn. Later die nacht kreeg zijn vader, rechercheur van politie, een telefoontje van de politie met de mededeling dat zijn zoon het waarschijnlijk niet zou halen. Het 20 centimeter lange lemme had het ruggenmerg bij zijn nek doorkliefd en Nagle was verlamd en lag aan de beademing. Nagle overleefde, en na jaren van stilliggen en verveling stemde hij in met deelname aan een





Barbara Kruger, *Zonder titel*, Mary Boone Gallery

klinisch experiment bedoeld om vast te stellen of een mens veilig de cursor van een computer zou kunnen besturen met een brein-computerinterface (BCI).

De connector is verbonden met een rijtje elektroden op een chip die operatief onder Nagle's schedel is geïmplanteerd bij het hersengebied dat bewegingen in gang zet. De chip is zo groot als een miniaspirine: honderd ragdunne elektroden pikken de elektrische signalen op die door de hersenen worden uitgezonden, waarbij elke elektrode de signalen opvangt van nabijgelegen neuronen. Een hoekige, grijze plug is in de connector gedraaid; van die plug lopen draden naar een computer. Als Nagle's neuronen vuren, worden de impulsen

ik Nagle ook nog in zijn kamer in een verzorgingshuis ten zuiden van Boston, en zag hoe hij een cursor op een computer bestuurdde waardoor hij e-mail kon verzenden en ontvangen, eenvoudige spelletjes kon spelen en zijn tv kon bedienen. Omringd door foto's van zijn familie en vrienden, en met op zijn kamer een echt altaar voor de Boston Red Sox en hun overwinning van 2004 in de World Series, was Nagle aan het werk met de technica Maryam Saleh, die de computer op zijn brein instelde. De apparatuur is nogal lijvig, ongeveer zo groot als een wasmachine, met twee beeldschermen voor de technicus en een voor Nagle. Toen ik hem bezocht was Nagle moe en chagrijnig; hij kreeg

interacties. Toch is het implantaat een belangrijke stap in het meest complexe ontcijferingsproject uit de geschiedenis - een project dat tientallen jaren nodig heeft, als het al ooit wordt afgerond.

Een eerste stap

Nagle is niet de eerste mens die met een geïmplanteerde BCI werkt. Eind jaren negentig implanteerde de neurowetenschapper Philip Kennedy, medeoprichter en directeur van een onderneming in neuroprothesen, Neural Signals, elektroden in de hersenen van patiënten. Kennedy implanteerde maar twee glaselektroden, zodat er veel minder neurale signalen werden opgepikt dan mogelijk is met Nagle's chip. Kennedy's proefpersonen konden alleen maar een cursor op en neer bewegen op een computerbeeldscherm. Donoghue hoopt met de technologie veel toepassingen mogelijk te maken. Naast hoogleraar neurowetenschappen is Donoghue medeoprichter en wetenschappelijk directeur van Cyberkinetics Neurotechnology Systems in Foxborough, Massachusetts, dat eigenaar is van de technologie en dat de proef uitvoert. Cyberkinetics hoopt zijn Braingate Neural Interface System binnen vijf jaar op de markt te kunnen brengen voor patiënten met verlamming van alle vier de ledematen of andere slopende ziekten, aldus directeur Timothy Surgenor. Surgenor heeft een versie van Braingate in gedachten waarmee patiënten met uitsluitend denkkracht een rolstoel kunnen bedienen die is uitgerust met kunstartmen en -handen, de zonwering neerlaten en andere vergelijkbare handelingen kunnen uitvoeren.

Het idee om een bedrijf te beginnen ontstond bij Donoghue in 2000, tijdens een gesprek met postdoc Nicholas Hatsopoulos. Oorspronkelijk was het onderzoek alleen gericht op de vraag hoe bij apen neuronen bewegingen controleren, aldus Hatsopoulos, inmiddels universitair docent aan de Universiteit van Chicago. Zomaar vroeg toen Donoghue: "Waarom beginnen we geen bedrijf en gaan we dit op mensen toepassen?" Hatsopoulos zag dat helemaal zitten. Sinds de oprichting in mei 2001 heeft Cyberkinetics meer dan 15 miljoen dollar binnengehaald en 10 miljoen dollar uitgegeven, en het zal nog 40 tot 50 miljoen dollar meer nodig hebben om de komende drie tot vijf jaar te overleven, tot Braingate is goedgekeurd en verkocht kan worden. Het systeem moet

De technologie is nog erg primitief. De computer begrijpt maar een fractie van wat er allemaal omgaat in Nagle's brein.

gelezen en ontcijferd door software die in staat is de elektrische plofjes van verzamelingen neuronen te interpreteren. De computer leest Nagle's gedachten - de door de elektroden geregistreerde plofjes - en ontcijfert eenvoudige commando's die gesproken zijn in de elektrische taal van de hersenen.

Nagle zit voor een prothesehand. Dit robotachtige lichaamsdeel, oorspronkelijk ontworpen voor mensen met een geamputeerde arm, die de prothese kunnen bedienen door de spieren in de armstomp aan te spannen, is verbonden met de computer en opent en sluit zich als Nagle zich voorstelt dat hij zijn eigen linkerhand opent en sluit. Nagle is dan misschien verlamd, maar de neuronen in zijn hersenen die zijn spieractiviteit controleren zijn heel gezond.

Klik, knisper, plof.

Een technicus vraagt Nagle om zich voor te stellen dat hij zijn hand gebruikt. Dat doet hij. Hierdoor beginnen de neuronen in zijn motorische cortex te vuren, waardoor een elektrisch signaal ontstaat dat door de geïmplanteerde elektroden wordt opgevangen en door de computer ontcijferd - met als gevolg dat de duim en wijsvinger van de kunsthand naar elkaar toe en van elkaar af bewegen.

De betekenis hiervan is enorm. Nagle is de eerste mens ooit die een prothesearm in beweging heeft gekregen met alleen mentale activiteit. Later bezocht

hij de cursor niet goed onder controle. Later stelde Saleh de computer zo in dat Nagle de kanalen op een televisietoestel kon kiezen, wat hem met grote inspanning lukte. De aanwezigheid van een journalist was misschien deel van het probleem. De wetenschapper die hoofdverantwoordelijke is voor de installatie van Nagle, neurowetenschapper John Donoghue van Brown University, verzekerde me dat zijn patiënt eerder al veel beter gepresteerd had. Nagle vertelde me dat hij op de dag voor mijn bezoek met succes een geavanceerde prothesearm, met gewrichten die bijna natuurlijke bewegingen konden maken, had bewogen. "Het werkte echt goed", zegt Nagle. "Ik kon hem alle kanten op bewegen."

"Het is bemoedigend dat het systeem zo goed werkt", vindt Leigh Hochberg, neuroloog van Harvard University en gespecialiseerd in patiënten met ernstige motorische beperkingen. Hochberg is een van de hoofdonderzoekers van het experiment, waarvoor de U.S. Food and Drug Administration vorig jaar april toestemming heeft verleend, en dat beoogt de implantaten bij vijf patiënten te testen. (Tot nu toe heeft alleen Nagle zich als vrijwilliger opgeworpen.)

Tot dusver is de technologie nog erg primitief. De computer begrijpt maar een fractie van wat er allemaal omgaat in Nagle's brein, waar miljarden neuronen tegelijk kunnen vuren met biljoenen

nog gestroomlijnd en draadloos gemaakt worden, zegt Surgenor, en geautomatiseerd, zodat Nagle en anderen het zelfstandig kunnen gebruiken.

De wetenschappers die aan Brown University en bij Cyberkinetics met Donoghue samenwerken, zijn enkele van de velen die wereldwijd werken aan de volgende generatie neurale prothesen – prothesen die door alleen menselijk denken in beweging worden gezet. Volgens Donoghue zal het dankzij dit onderzoek misschien op een dag zover zijn dat gehandicapten kunnen lopen, en dat Nagle zijn eigen handen weer kan gebruiken, omdat een beschadigd organisch zenuwstelsel is vervangen door een functioneel cybernetisch systeem. Zulke claims vinden ook andere wetenschappers tegenwoordig aannemelijk. “De kans is groot dat we hierin zullen slagen”, zegt Andrew Schwartz, neurowetenschapper aan de universiteit van Pittsburgh.

Tegelijk vraagt Schwartz zich af of het huidige systeem van Donoghue wel zo goed werkt als de onderzoekers beweren. “De bewegingen die ze eruit krijgen zijn primitief”, zegt hij. “Het is niet duidelijk hoe goed de menselijke registratie (van de neuronale signalen) is; dat hebben ze ons nog niet verteld.” Schwartz vraagt zich ook af of het spelen van spelletjes, het versturen van e-mail en het aanzetten van de tv werkelijk een verbetering van de kwaliteit van leven is voor zwaar verlamde patiënten. “Om echt nuttig te zijn, zal het systeem veel beter moeten zijn, veel meer moeten kunnen”, zegt hij. Schwartz’ eigen laboratorium heeft een BCI voor apen ontwikkeld, die een arm kan bewegen met natuurlijke bewegingsmogelijkheden en met een natuurlijke behendigheid in een driedimensionale ruimte.

Neurowetenschapper Miguel Nicolelis van Duke University, een andere deskundige op het gebied van BCI, doet het experiment met Nagle af als ‘stunt’. “Er zijn andere prothesen en interfaces die dit soort dingen kunnen”, zegt hij.



Matthew Nagle, die in 2001 verlamd raakte, deed vrijwillig mee aan een proef met een nieuwe brein-computerinterface van Brown University.

“Om een chirurgische ingreep te rechtvaardigen moet je iets met meer diepgang doen. Ik denk dat ze een aantal stappen hebben overgeslagen om deze techniek voor mensen bruikbaar te maken.” De elektroden, bijvoorbeeld, kunnen gaan verkleven met organisch materiaal, zegt hij. Inderdaad moet het implantaat van Nagle om goed te blijven werken mogelijk om de zoveel tijd chirurgisch worden vervangen. Nicolelis maakt zich zorgen over de negatieve gevolgen voor het veld als er iets mis zou gaan, bijvoorbeeld een infectie na de operatie. Nicolelis is zelf ook van plan om zijn eigen sensoren in de nabije toekomst in mensen te implanteren, maar dan alleen voor wetenschappelijk onderzoek.

Andere neurowetenschappers steunen Donoghue. “Ik denk dat de tijd gekomen is om deze dingen met mensen te doen”, vindt Richard Andersen, vooraanstaand neurowetenschapper aan het California Institute of Technology, en zelf ook op het punt onderzoek met mensen te doen bij wie de door zijn laboratorium ontwikkelde chips worden geïmplant. Neurowetenschapper Bill Heetderks, die tot 2005 aan het National Institute of Neurological Disorders and

Stroke het programma over neurale prothesen heeft geleid, en die over de subsidie voor Donoghue, Nicolelis en andere onderzoekers besliste, wijst erop dat de Food and Drug Administration de experimenten van Cyberkinetics heeft goedgekeurd als veilig en veelbelovend. Hij zegt dat de experimenten van Donoghue antwoord hebben gegeven op een cruciale vraag waar we met dierproeven niet uitkomen: zouden de motorische neuronen van een persoon bij wie de ledematen langdurig verlamd zijn nog net zo vuren als bij een gezond iemand? Donoghue zegt dat alle voorzorgsmaatregelen genomen zijn om patiënten te beschermen, maar geeft toe dat Nagle niet in staat is om de taken heel soepel uit te voeren. “Het is niet vergelijkbaar met een gezond iemand die een muis bedient”, zegt hij. Maar hij houdt vol dat een beperkt vermogen nog altijd beter is dan niets voor een volledig verlamde patiënt.

Tegen potentiële critici van Braingate zegt Nagle: “Laat ze maar komen kijken.” Zijn blik glijdt over zijn kamer en zijn bewegingloze lichaam. “Dit is mijn leven. Ik doe dit uit vrije wil.”

Nagle zegt dat Braingate hem op dit moment niet zoveel oplevert, omdat hij het alleen kan gebruiken als er een technicus bij is en omdat het systeem elke keer opnieuw gekalibreerd moet worden. “Natuurlijk wil ik weer kunnen lopen of mijn rolstoel voortbewegen. Maar dit is een eerste stap.” Op de vraag of hij niet denkt dat Cyberkinetics vanwege zijn commerciële ambities wat al te veel haast had om vroeg met experi-

menten te kunnen beginnen, antwoordt Nagle dat hij daar niet mee zit. “Ik denk dat ze dit nodig hadden om financiering te vinden, en godzijdank hebben ze die gevonden.”

Vooremens lezen

Het werk van Donoghue laat zich het best begrijpen in de context van het wetenschappelijke streven om neuronale activiteit te interpreteren en te beïnvloeden. Sommige wetenschappers, zoals Donoghue, willen elektroden implanteren om sneller meer neuronale informatie op te vangen, anderen zijn niet overtuigd van de noodzaak van implantaten. Maar allemaal hebben ze er belang bij te begrijpen hoe het brein met een computer kan samenwerken.

De woorden van de neuronale taal zijn te horen in de actiepotentialen van neuronen – sommige neurowetenschappers hebben echter voorgesteld een BCI te ontwikkelen die gebruikmaakt van elektro-encefalografie om bredere, dieper gelegen ‘velden’ van hersenactiviteit ‘af te luisteren’, waardoor de chirurgische ingreep van implantatie van elektroden niet nodig zou zijn. Voorstanders van EEG-sensoren hebben enig succes signalen kunnen produceren vergeleken bij de implantaten die neuronale actiepotentialen opvangen.

Een actiepotentiaal is de piek van een elektrische schommeling die optreedt als een neuron geactiveerd wordt en vuurt. Op een van de monitoren waarop Nagle’s hersenactiviteit te zien is, dansen tientallen actiepotentialen in rijen

over het beeldscherm terwijl de computer signalen van de bij Nagle geïmplanteerde elektroden compileert die ieder op hun beurt de activiteit van tientallen neuronen registreren. Als een neuron vuurt, begint de lijn op het beeldscherm gelijk met de elektrische spanning op te lopen, om vervolgens met een snelheid honderd keer zo hoog als die van een oogopslag te pieken, wat het plofge-luid veroorzaakt. Nadat het neuron heeft gevuurd valt het elektrische signaal terug en blijft het vervolgens vlak of begint opnieuw op te lopen. In actieve toestand vuren neuronen tussen twintig en tweehonderd keer per seconde. Het tijdstip en de plaats van actiepotentialen in de hersenen en de wisselwerking tussen talloze actiepotentialen van verschillende neuronen vormen de samenhangende signalen die worden vertaald in spierbewegingen.

“Hoe groepen neuronen samenwerken om motorische activiteit tot stand te brengen is nog betrekkelijk eenvoudig te begrijpen”, aldus Hatsopoulos, die meewerkte aan het schrijven van de algoritmen voor Braingate. “Omdat we leren om steeds meer neuronen tegelijk te lezen, zullen we uiteindelijk erachter komen hoe hogere hersenfuncties, zoals emoties en andere gedrags- en denkprocessen, werken.”

Met zijn experimenten met mensen heeft Donoghue een voorspog op zijn collega’s genomen, maar andere wetenschappers hebben eigen plannen voor klinische proeven met neuroprothesen die met geïmplanteerde elektroden worden bestuurd. In Atlanta heeft het bedrijf

Denken in beweging omzetten

Neurowetenschapper Philip Kennedy richt Neural Signals in Atlanta op.

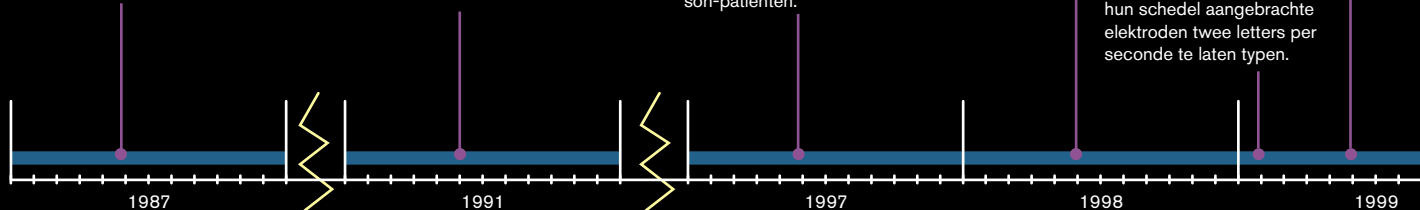
In het lab van Jonathan Wolpaw in het Wadsworth Center in Albany, New York, leren mensen met op hun schedel aangebrachte elektroden om een cursor op een beeldscherm op en neer te bewegen, waardoor zij in drie seconden van twee targets er een kunnen raken.

Medtronic in Minneapolis krijgt van de FDA goedkeuring voor een geïmplanteerde chip die met elektroden tremor tegengaat bij Parkinson-patiënten.

Wetenschappers van Neural Signals implanteren een elektrode in een mens. De patiënt leert een aan- en uitschakelaar te bedienen.

John Chapin van de MCP Hahnemann School of Medicine en Miguel Nicolelis van Duke University tonen aan dat signalen van rattenhersenen een robotarm kunnen laten bewegen

Onder leiding van Niels Birbaumer aan de Universiteit van Tübingen, Duitsland, lukt het onderzoekers om volledig verlamde patiënten met op hun schedel aangebrachte elektroden twee letters per seconde te laten typen.



van Kennedy van de FDA toestemming gekregen om enkelvoudige en dubbele elektroden bij zwaar gehandicapte patiënten te implanteren. Bij het California Institute of Technology (Caltech) is het team van Andersen een experiment begonnen met het implanteren van chips in de hersens van epilepsiepatiënten; de chips registreren een epileptische aanval en zenden elektrische schokjes uit om de aanval terug te dringen.

Andersen breidt ook zijn werk met apen uit; hij heeft bij een aap sensoren in de hersenen geïmplanteerd en heeft elektrische signalen ontcijferd waarmee de aap handelingen voorbereidt en andere die bepalend lijken voor zijn motivatie om een bepaalde prestatie te leveren. “Onze benadering verschilt van die van Donoghue,” aldus Andersen. “Wij lezen voornemens” – Donoghue concentreert zich op het motorische deel van de hersenen. Apen kunnen met elektroden in elk deel van de hersenen cursors en apparaten in beweging zetten, zegt Andersen.

Aan Duke University heeft Nicolelis een systeem uitgevonden waarmee een aap een prothesearm op en neer kan bewegen om een hapje te bemachtigen. Nicolelis verbond de hersenen van zijn aap ook met internet en liet de aap een robotarm 950 kilometer verderop bewegen. Hij heeft proeven gedaan met mensen bij wie in de diepe hersenen een chip was geïmplanteerd, en bestudeerde de patronen waarin neuronen vuren wanneer iemand in een bal knijpt. Tot nu toe heeft hij de output van zo'n vijftig cellen geregistreerd en gebruikt hij deze

elektrische informatie om algoritmen te ontwikkelen voor het bewegen van een cursor. Hij onderzoekt ook hoe neuronen in de hersenen zich aanpassen aan het gebruik van robotarmen en machines.

Met dit soort experimenten ontwikkelt de technologie zich in hoog tempo, en nemen de mogelijkheden om er patiënten mee te helpen toe. Aan de Universiteit van Pittsburgh heeft Schwartz

het gebied dat de linkerarm controleert. Vervolgens heeft Friehs daar het implantaat ingebracht met een pneumatisch apparaat.

Nagle werd eerst onder algehele anesthesie gebracht, iets wat volgens Friehs in de toekomst misschien niet meer nodig zal zijn. Vervolgens bepaalden technici met magnetische kernspinning (MRI) de precieze locatie bij Nagle

Al snel kon Nagle na wat oefening met denkkracht een ruwe cirkel op het scherm tekenen en een spelletje Pong spelen.

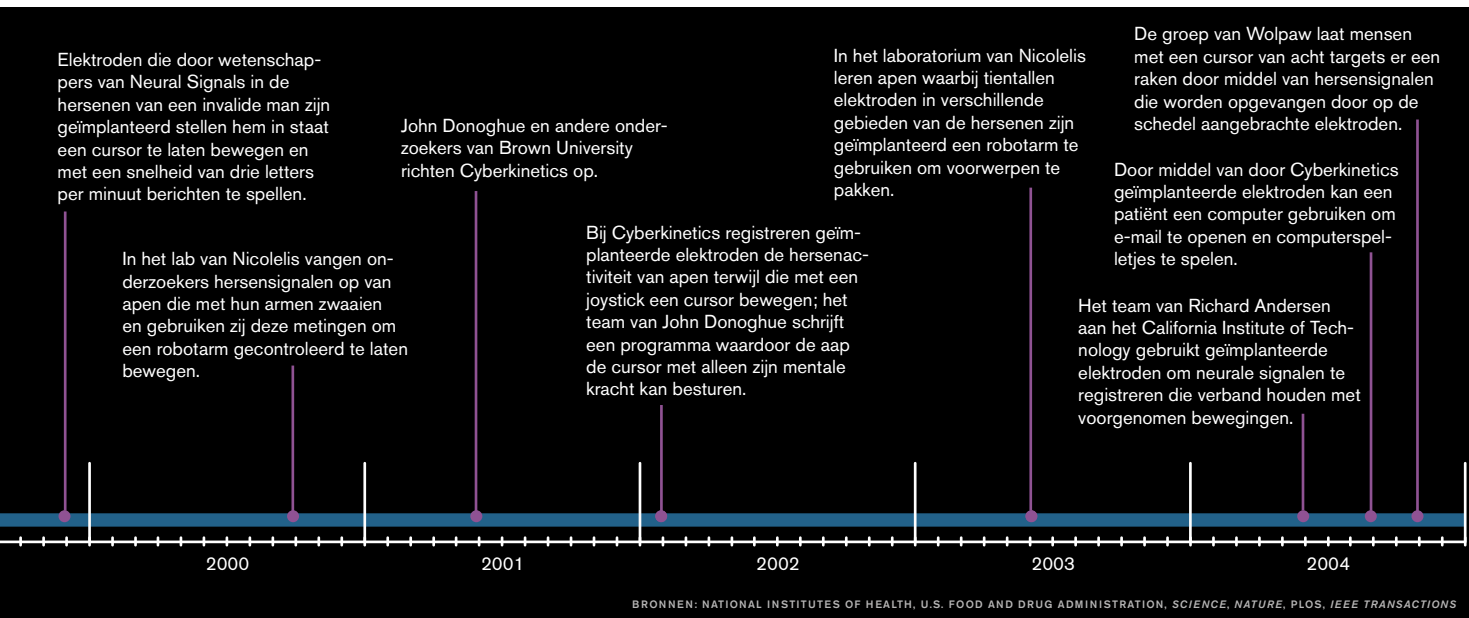
experimenten uitgevoerd waarbij apen vloeiender bewegingen konden maken met een kunstarm en -hand. “Deze apparaten kunnen op dezelfde manier bewegen als een menselijke arm en elleboog”, zegt hij. “We verwachten dat de arm over vijf jaar geschikt is voor menselijk gebruik”, aldus Schwartz.

Ping! Pong!

Gerhard Friehs, neurochirurg aan Brown University, was degene die in juni 2004 in het Rhode Island Hospital in Providence de operatie voor het inbrengen van het implantaat van Nagle heeft uitgevoerd. Friehs is expert in het implanteren van neurochips zoals de Activa hersenstimulator voor Parkinson-patiënten, die de bij deze ziekte horende tremor van spieren vermindert. Bij een kunststof model wijst Friehs me aan waar hij een gaatje in Nagle's schedel heeft geboord, boven

van de motorische cortex. In de operatiekamer liet Friehs zich door de informatie van de MRI leiden om de juiste plaats in Nagle's hersenen te bepalen, en boorde vervolgens met een snelle boormachine een rondje ongeveer zo groot als een rijksdaalder uit de schedel. Friehs bracht de chip van ongeveer vier bij vier millimeter, de draden en de connector aan, en plaatste het rondje in de schedel terug. De hele operatie duurde ongeveer vier uur.

Zes weken later, nadat Nagle's wonden waren geheeld en het onmiddellijke infectiegevaar was geweken, maakten de onderzoekers zich op om Braingate te testen. Een technicus van Cyberkinetics, Abraham Caplan, die samen met Saleh twee of drie keer per week Nagle in zijn verzorgingsflat bezoekt om met Braingate te werken, herinnert zich de eerste keer dat ze Nagle op het systeem aansloten, in augustus 2004. Op de



videobeelden van deze eerste proef zit Nagle op een stoel en vraagt Saleh hem zich voor te stellen dat hij zijn hand naar links beweegt. Uit de computer klinken de klik- en plofgeluiden van de signalen die over het scherm vliegen, terwijl het apparaat in realtime het geratel van de hersenen oppikt en dat feilloos vertaalt in een naar links bewegende cursor op Nagle's beeldscherm. "Niet slecht, man", zegt Nagle, "niet slecht."

Niet lang daarna kon Nagle na wat oefening met denkkraft een ruwe cirkel op het beeldscherm tekenen, lukte het hem vervolgens een spelletje Pong te

Verbeteren deze apparaten het leven van patiënten? Nagle zelf vindt dat Braingate, in zijn huidige vorm, hem weinig verder helpt.

spelen, en leerde hij de cursor zo te bewegen dat hij functieknoppen kon aanklikken waarmee hij zijn televisietoestel in en uit kon schakelen, een ander kanaal kon kiezen en het geluid harder en zachter kon zetten. Nagle kan praten en tegelijk de computer bedienen, net zoals een gezond persoon kan zingen en wandelen tegelijk. "Dat is belangrijk, want hij hoeft niet actief te denken dat hij zijn handen naar links of rechts beweegt", zegt Donoghue. "Hij hoeft maar te denken aan het bewegen van de cursor en hij beweegt."

Om te begrijpen wat Braingate voor Nagle betekent, zoek ik Leigh Hochberg op, neuroloog van Harvard Medical School. Hochberg werkt met patiënten die een hersenbloeding hebben gehad of die ernstig ruggenmergletsel hebben. Hij laat me de ruimte van de Assisted Technology Group in het Spaulding Hospital zien, waar volledig verlamde en andere ernstig gehandicapte patiënten komen om computers en andere apparaten te bedienen met instrumentjes die aan hun oogleden, lippen of tongen zijn bevestigd. Bij degenen die helemaal geen spierbeweging meer hebben, registreren speciale camera's de bewegingen van de oogpupillen, die de patiënten hebben leren beheersen om cursors te bedienen. Anderen ademen door een rietje in en uit en bewegen zo hun rolstoel voort.

Hochberg is voor Spaulding hoofdonderzoeker voor het door de FDA goedgekeurde experiment van Cyberkinetics; dit was de tweede locatie die voor het experiment was uitgekozen, na het Sargent Rehabilitation Center in Warwick, Rhode Island, waar de proef met

Nagle loopt. Hochberg en medeonderzoeker Joel Stein, medisch directeur van het *stroke program* van Spaulding, zijn begonnen patiënten te werven voor de plekken die onder de FDA-licentie zijn toegestaan. Surgenor wil het experiment ook nog op een andere locatie uitvoeren, misschien in de Midwest. Dat wordt nog belangrijker als de FDA goedkeuring verleent voor de tweede fase van het onderzoek, waaraan tientallen patiënten zouden kunnen meedoen.

"Op korte termijn zoeken we denk ik niet naar een remedie voor ruggenmergletsel", aldus Stein, die niettemin gelooft

dat Braingate op de lange termijn nuttig zal blijken voor patiënten met bepaalde typen motorisch letsel. "We willen onze patiënten niet al te veel beloven, maar de toekomstmogelijkheden zijn geweldig."

De kleur van gedachten

Op Brown University ontmoette ik computerdeskundige Michael Black, alumnus van het veelgeroemde Xerox Palo Alto Research Center in Californië. Black is vooral bekend van zijn pogingen om machines te maken die kunnen zien, maar heeft ook onderzoek gedaan naar brein-computerinterfaces. Black was snel vercocht voor de mogelijke verdiensten van Braingate en nam de taak op zich verbeterde algoritmen te ontwerpen voor het ontcijferen van neuronale actiepotentialen. In theorie zou een betere ontcijfering leiden tot fijnere motorische beheersing. Hij toonde me een aantal kaarten met gekleurde pixels die hij had ontworpen om visueel te maken wat er gebeurt als een neuron vuurt. Elke kaart beeldt de activiteit van een neuron af gedurende een reeks handbewegingen. De kaart is blauw waar het neuron in rust is en donkerpaars, oranje en vervolgens rood als het in actie komt en snel piekt. Door deze rasters kent Black het vuurpatroon van een neuron, en daar maakt hij een model van waarmee hij een computer leert om bij een bepaald denkcommando de juiste actie te ondernemen. De sleutel tot het ontwerp van deze modellen, verklaart Black, is de verbazingwekkende neiging van hersenuronen om in betrekkelijk consistente

patronen te vuren – consistent genoeg voor de computer om ze nauwkeurig te kunnen interpreteren.

In een ander gebouw op de campus van Brown University sprak ik met een ander lid van Donoghue's team, Arto Nurmikko, een Fins elektrotechnisch ingenieur en natuurkundige die bekendstaat om zijn uitvindingen op het gebied van lasertechniek en halfgeleiders. Samen met Donoghue werkt hij aan vereenvoudiging van Braingate door vervanging van de titanium connector en de lijvige apparatuur van het prototype door een veel kleiner intern systeem, waarbij het implantaat verbonden is met een ragdunne optische kabel die onder de huid van de patiënt door loopt. De optische kabel zou dan signalen van de hersenen van de patiënt doorgeven naar een processor zo groot als een pacemaker, die in de borst zou zijn geïmplantéerd.

Volgens Nurmikko zal in deze nieuwe generatie van het systeem de communicatie tussen de hersenen en de machine tweerichtingsverkeer zijn: sensorische informatie wordt van een robotarm naar de hersenen teruggestuurd, net als bij een gezond persoon. Als een patiënt naar een glas water grijpt, zou de neurale feedback de hersenen en de computer helpen te berekenen welke inspanning nodig is om het glas op te pakken.

Wachten op hulp

Zullen deze systemen het leven van patiënten verbeteren? Nagle zelf vindt dat Braingate, althans in zijn huidige vorm, hem maar weinig verder helpt. "Het doel van dit ding was om te kijken of ik er door denkkraft een cursor mee kan bewegen", zegt hij, "en dat deed ik binnen ongeveer drie minuten." Maar Nagle is de eerste om erop te wijzen dat hij daarvoor helemaal niets deed.

Volgens het FDA-protocol mag het onderzoek waar Nagle aan mee doet een jaar duren. "In juni moet ik beslissen of ik dit wil houden. Ik weet nog niet zeker of ik ermee doorga. Misschien kan ik beter wachten tot ze een kleiner en eenvoudiger te gebruiken systeem hebben." Ik vraag hem of hij denkt ooit weer te kunnen lopen en hij antwoordt dat dát is waar hij echt op zit te wachten. ■

Het volgende boek van David Ewing Duncan, The Geneticist Who Played Hoops with My DNA and Other Masterminds from the Frontiers of Biotech, verschijnt in mei. Vertaling: Hella Breedveld



Hockey-
stick-
grafiek
deugt niet

Het is nu gemiddeld warmer dan ooit in de afgelopen duizend jaar. Deze claim is afgeleid uit de befaamde hockeystick, een in 1999 door Michael Mann en anderen gepubliceerde grafiek van het klimaat sinds het jaar 1000. De grafiek suggereert dat de mens de aarde opwarmt. Volgens de Canadese 'klimatsceptici' Stephen McIntyre en Ross McKittrick is Mann's hockeystick echter een statistisch verzinsel. Marcel Crok



Er zijn weinig mensen die betwisten dat de aarde momenteel opwarmt. Er zijn wel mensen – zogeheten klimaatsceptici – die eraan twijfelen of de huidige opwarming uniek is en of die veroorzaakt wordt door de mens. De sceptici zijn echter vrijwel allemaal buitenstaanders, die door de ‘echte’ klimaatonderzoekers worden verketterd.

De twee Canadese sceptici die de gangbare klimaatreconstructie willen ondermijnen, voldoen aan alle vooroordelen: Ross McKittrick is hoogleraar economie en Stephen McIntyre werkt als consultant in de mijnbouw – een potentieel belangenconflict, zoals Mann graag benadrukt. De Amerikaan Michael Mann was eerste auteur van de twee befaamde ‘hockeystick’-publicaties in 1998 in *Nature* en in 1999 in *Geophysical Research Letters*. *Scientific American* nam hem in 2002 op in de top-50 van visionaire wetenschappers.

McIntyre en McKittrick slaagden er in februari 2005 in hun artikel ‘Hockey sticks, principal components, and spurious significance’ gepubliceerd te krijgen in hetzelfde *Geophysical Research Letters*.

Fout op fout

De twee spraakmakende publicaties van Mann, Bradley en Hughes presenteren een temperatuurreconstructie van het noordelijk halfrond over de afgelopen duizend jaar. Vanaf het jaar 1000 neemt de temperatuur van het noordelijk halfrond geleidelijk af (de steel van de hockeystick) om vervolgens vanaf 1900 sterk te stijgen (het blad). De suggestie die van de grafiek uitgaat is enorm: het wereldwijde klimaat zat in een dalende trend maar onder invloed van de mens is die trend wreed verstoord en omgezet in een sterke stijging.

Het ‘enige’ wat McIntyre en McKittrick ondernomen hebben, is een poging dit zeer vaak geciteerde onderzoek te reproduceren. Daarbij ontdekten ze fout op fout. Ze kwamen er bovendien achter dat niemand dit standaardwerk ooit heeft getoetst. In hún reconstructie was het klimaat in de vijftiende eeuw minstens zo warm als nu, waarmee de bodem wegvalt onder het alarmerende scenario van door de mens veroorzaakte opwarming van de aarde.

De kritiek van de twee Canadezen is in eerste instantie puur technisch: Mann en zijn collega’s hebben een bekende statistische methode om orde te scheppen in gegevens met veel ruis – Principal Component Analysis (PCA) – misbruikt om te kunnen concluderen dat de huidige opwarming uniek is. ‘Ruis’ wil in dit geval zeggen: willekeurige variaties in allerlei indicatoren voor de temperatuur op een bepaalde plek op aarde, die niets over het klimaat als geheel zeggen.

Ook door ons geraadpleegde specialisten overzagen niet onmiddellijk de consequenties van Mann’s slordige en excentrieke omgang met de gegevens, dus het is denkbaar dat hij gewoon niet door had wat hij fout deed. Maar sinds zijn publicaties in 1998 en 1999 weigert hij volledige openheid van zaken te geven over zijn gegevensverwerking en wijst hij elke kritiek van de hand.

De conclusie van McIntyre en McKittrick na twee jaar polemiek met Mann en andere onderzoekers is niet mals: er is veel mis in het klimaatonderzoek. Vindt McIntyre dat Mann en zijn medeauteurs fraude hebben gepleegd? “Dat is een te zware juridische term. Anderzijds hoeven we Mann, Bradley en Hughes ook niet te sparen. Ze hebben de huidige opwarming dramatischer afgeschilderd dan die in werkelijkheid is. Ze hebben genoten van de media-aandacht en geprofiteerd van de onderzoeksgelden die hun studie heeft opgeleverd.

Onze audit maakt duidelijk dat je het *peer review*-proces van wetenschappelijke tijdschriften niet te hoog moet aanslaan. Onderzoekers wordt gevraagd gratis een oordeel te vellen over andermans werk. Dan kun je niet verwachten dat ze naar de details van een studie kijken. Dus na publicatie moeten andere onderzoekers de resultaten van een artikel proberen te reproduceren. Dat is in het geval van Mann nooit gebeurd.”

Consensus

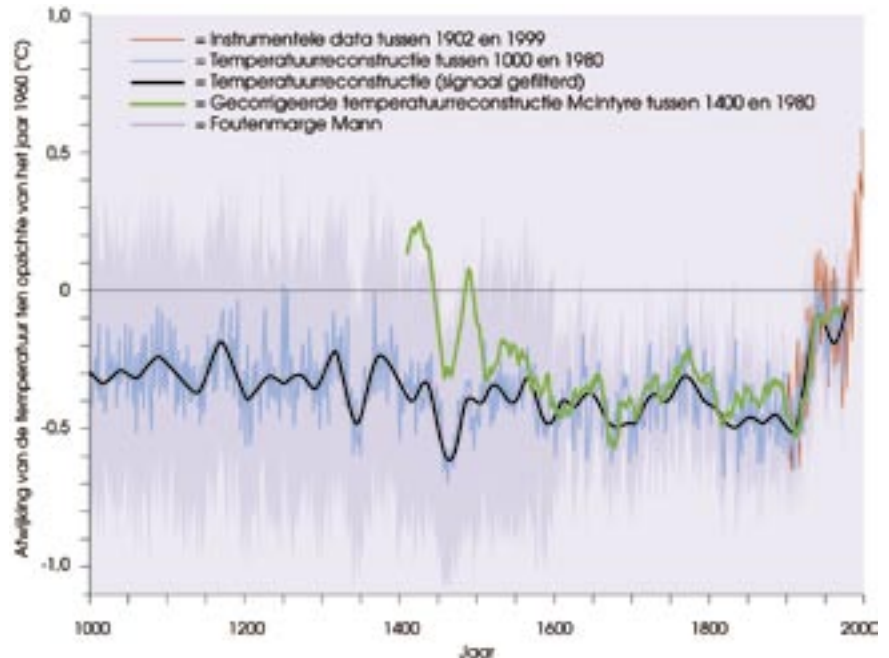
De gevestigde klimaatonderzoekers hameren graag op de consensus die er in hun vakgebied bestaat. Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) brengt, onder de vlag van de Verenigde Naties, elke vijf jaar een lijvig rapport uit over de stand van zaken in het klimaatonderzoek. In het derde IPCC-rapport uit 2001 was Mann de eerste auteur van het hoofdstuk over klimaatreconstructies. Zijn hockeystickgrafiek belandde als enige klimaatreconstructie in de *Summary for policy makers* van dit IPCC-rapport. De conclusie was: de jaren negentig van de twintigste eeuw waren de warmste in de afgelopen duizend jaar. Deze uitspraak hebben overheden overal ter wereld gebruikt ter onderbouwing van het Kyoto-protocol.

“Die uitspraak heeft op klimaatsceptici gewerkt als een rode lap op een stier”, zegt klimaatonderzoeker Rob van Dorland van het KNMI in De Bilt. Van Dorland is zelf *lead author* voor het vierde IPCC-rapport dat in 2006 moet verschijnen. “Het is eigenlijk een veel te gevaarlijke uitspraak. We weten nog lang niet precies hoe natuurlijke klimaatfactoren zoals vulkaanuitbarstingen en de activiteit van de zon doorwerken in de temperatuur. Het IPCC heeft bovendien de fout gemaakt om in de *Summary for policy makers* alleen de reconstructie van Mann op te nemen en niet die van andere onderzoekers.”

Stephen McIntyre kwam eind 2002 voor het eerst met de hockeystick in aanraking. De Canadese overheid zette de grafiek in die tijd veelvuldig in om de ondertekening van het Kyoto-protocol te onderbouwen. “De eerste keer dat ik de hockeystick zag moest ik direct denken aan de promografieken uit de dotcom-business”, laat McIntyre telefonisch weten. “Het ging dan om winstprognoses en de grafieken waren bedoeld om investeerders over de streep te trekken.” McIntyre, die wiskunde studeerde aan de Universiteit van Toronto, heeft dergelijke grafieken jarenlang kritisch tegen het licht gehouden. “Ik weet uit mijn eigen industrietak, de mijnbouw, hoe belangrijk het is om naar de oorspronkelijke gegevens van bijvoorbeeld boorkernen te kijken en niet alleen naar de grafieken die bedrijven je voorschotelen. Vaak zijn er gegevens die het eindresultaat sterk beïnvloeden. Ik vroeg me af of dat bij de hockeystick ook het geval was.”

De toen 55-jarige McIntyre stuurde in het voorjaar van 2003 een e-mail naar Michael Mann met de vraag waar hij de gebruikte gegevens en rekenmethoden kon vinden. “Mann antwoordde dat hij dat niet precies wist, maar dat hij zijn collega Scott Rutherford zou vragen de informatie bij elkaar te zoeken. Ik vond deze gang van zaken direct hoogst verdacht. Het ging hier om een vaak geciteerde studie die bovendien door het IPCC in een beleidsnota was opgenomen. Ik verwachtte dat er een *due diligence*-pakket klaar zou liggen. Bij het opstellen van een prospectus voor een beursgang of financieringsronde zijn bedrijven juridisch verplicht zo’n pakket aan te leveren, waarin alle relevante gegevens zitten. Dat zo’n pakket niet beschikbaar was deed vermoeden dat er nog nooit iemand in detail naar de gegevens had gekeken.

Hockeystick: Dit is de beroemde hockeystickgrafiek van Mann. De reconstructie loopt tot 1980. Zowel Mann's (zwarte lijn) als McIntyre's reconstructie (groene lijn) lopen in de twintigste eeuw vrijwel gelijk aan de gemeten temperatuur. De discussie ontstaat vooral over de vijftiende eeuw. McIntyre vindt veel hogere temperaturen in die eeuw zonder de fouten in Mann's gegevens en met een conventionele Principal Component Analysis.



Inmiddels weten we dat zeker. Zelfs het IPCC, dat het wetenschappelijk onderzoek vertaalde in politiek beleid waar inmiddels miljarden dollars mee gemoeid zijn, heeft nooit gecontroleerd of het werk van Mann, Bradley en Hughes wel reproduceerbaar en dus betrouwbaar was.”

Ook onafhankelijke onderzoekers hebben het werk van Mann op dit gebied nooit gereproduceerd. In de zomer van 2005 nam McIntyre deze taak op zich, een uit de hand gelopen hobby die hem tot op de dag van vandaag in beslag neemt. Hij leerde via een internetgroep voor klimaatsceptici Ross McKittrick kennen, hoogleraar economie aan de universiteit van Guelph, dat niet ver van Toronto ligt. Sindsdien werken ze voortdurend samen aan het project.

Temperatuurindicatoren

Hoe bepaal je een gemiddelde temperatuur voor het hele noordelijk halfrond? Anno 2005 lijkt dat redelijk simpel: middel de temperatuurmetingen van alle grondstations (ongeveer vijfduizend). Weliswaar staat het merendeel van de thermometers op land, maar de dekking op zee, waar boeien ingezet worden, is tegenwoordig goed, zodat een vrij representatief beeld ontstaat.

Betrouwbare temperatuurmetingen zijn er pas vanaf ongeveer 1850. Voor de periode daarvoor zijn onderzoekers afhankelijk van indirecte metingen met zogenaamde temperatuurindicatoren, ook wel proxy's genoemd. Veelgebruikte proxy's zijn jaarringen van bomen, ijskernen, sedimentlagen en korallen. Het bekendst zijn de jaarringen van bomen, die meestal tot op het jaar nauwkeurig dateerbaar zijn. De dikte van de ring en de dichtheid van het hout zeggen iets over het klimaat in het desbetreffende jaar. De proxy is in dit geval een reeks getallen die opeenvolgende jaarringdiktes weergeven. Elke proxy heeft z'n eigen voor- en nadelen. Boomringen zijn goed te dateren, maar de omrekening naar temperatuur is lastig. Ijskernen leveren een nauwkeurig temperatuursignaal, maar zijn lang niet voor elke locatie beschikbaar. Voor klimaatreconstructies gebruikt men daarom de multiproxy-aanpak.

Mann's studie is de bekendste van de multiproxy-studies.

Hij baseerde zich voor een groot deel op boomringen, maar gebruikte ook ijskernen, korallen en oudere temperatuur- en neerslaggegevens. Mann en zijn collega's kalibreren hun proxy's over de periode 1902-1980, waarvoor nauwkeurige temperatuurmetingen beschikbaar zijn om de proxy's mee te ijken. De aanname is voorts dat de relatie tussen boomgroei en temperatuur vanaf de elfde eeuw dezelfde was als in de twintigste eeuw. Voor een realistische weergave van de temperatuur op het hele noordelijk halfrond is een goede spreiding nodig van de proxy's, zowel geografisch als in de tijd. Vooral het laatste is een probleem. Tussen 1400 tot 1450 beschikt Mann over slechts 22 proxy's.

Met name in Noord-Amerika zijn veel jaarringreeksen beschikbaar, uit de openbare World Data Center for Paleoclimatology. Mann gebruikt de Principal Component Analysis om de belangrijkste trends uit grote groepen jaarringreeksen te halen. Hij distilleert uit die reeksen twee *principal components* (PC's), die als een soort samengestelde thermometer fungeren. Die twee PC's tellen vervolgens mee in de statistische analyse van de temperatuur van het noordelijk halfrond. Op andere plekken, waar weinig proxy's beschikbaar zijn, gebruikt Mann individuele proxy's als thermometer. De complete analyse omvatte 81 individuele proxy's en 31 principal components. Bij elkaar zijn dit 112 proxy's.

Toch ontstaat in de loop van de discussie onduidelijkheid over welke proxy's Mann nu wel, en welke hij niet heeft meegenomen in zijn analyse. “Vijf jaar na publicatie liet Mann weten dat er 159 proxyreeksen waren gebruikt in plaats van de in het *Nature*-artikel genoemde 112”, zegt McIntyre, “maar zijn collega Scott Rutherford had het in zijn e-mails aan ons over 112 proxyreeksen.”

Met de nodige hindernissen lukte het McIntyre om op basis van de door Rutherford verschaft data de PCA over te doen, maar de resultaten weken sterk af van die van Mann. Daarop besloot hij de hele dataset ter verificatie terug te sturen naar Mann. Die antwoordde dat hij geen tijd had om de gegevens en berekeningen van McIntyre te controleren en ook in de toekomst niet meer op verzoeken in kon gaan. McIntyre en

Het maken van een hockeystick

Multiproxy-studie

Mann gebruikt voor zijn klimaatreconstructie proxy's, reeksen data die als temperatuurindicator dienen, zoals bomen, ijskernen, koralen en oudere temperatuur- en neerslaggegevens.



Proxy's

- ▲ = Jaarringen bomen
- = Jaarringen ijskernen
- = Koralen
- = Oudere temperatuurgegevens (vóór 1850)
- = Oudere neerslaggegevens (vóór 1850)

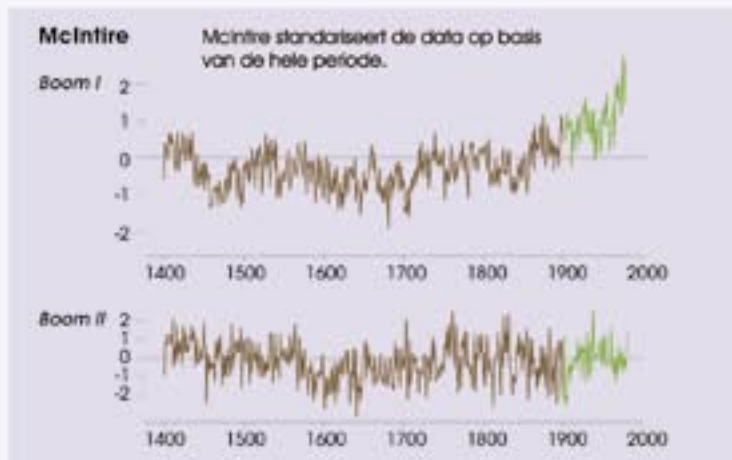
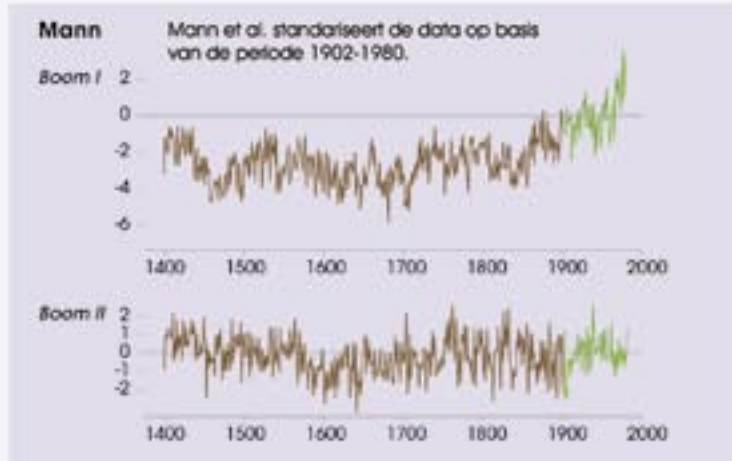


Ruimtelijke verdeling

In sommige gebieden zijn honderden tijdreeksen van bomen beschikbaar. Om een goede ruimtelijke verdeling over het noordelijk halfrond te krijgen reduceert Mann met Principal Component Analysis (PCA) deze reeksen tot een beheersbaar aantal Principal Components.

Afwijkende standaardisering

Voor een PCA moet de data eerst gestandaardiseerd worden. Normaal gesproken (zie McIntyre) bepaal je het gemiddelde en de standaardafwijking van alle data. Je trekt dit gemiddelde van alle data af en je deelt vervolgens door de standaardafwijking. Bij een normale verdeling ligt dan circa 95% van de data tussen -2 en +2 eenheden van de standaardafwijking. Mann bepaalt het gemiddelde en de standaardafwijking alleen over de periode 1902-1980. Hij standaardiseert hiermee alle data, dus ook die vóór 1902. Bij boom II heeft dit weinig effect omdat het gemiddelde in beide gevallen vrijwel identiek is. Bij boom I is het effect groot: de data in de periode 1902-1980 blijven in het gebied -2 en +2 liggen. Een groot deel van de overige data komt echter daarbuiten te liggen.



De Canadese onderzoekers Stephen McIntyre en Ross McKittrick hebben aangetoond dat de methode die Mann et al. gebruiken om de temperatuur van het noordelijk halfrond over de afgelopen duizend jaar te reconstrueren, leidt tot een sterke overwaardering van boomringreeksen met een hockeystickvorm. Met twee tijdreeksen van bomen tonen we wat het effect is van de ongebruikelijke standaardisering die Mann toepast. De tijdreeks van boom I heeft een duidelijke hockeystickvorm, die van boom II laat geen trends zien. Boom I is een stekelden afkomstig uit de Sheep Mountains in Californië. Deze boom kreeg in de berekeningen van Mann het meeste gewicht toegekend in de berekening van de principal components in de Noord-Amerikaanse groep. Boom II telde juist nauwelijks mee.

McKittrick besloten dat er dan niets anders opzat dan alle 350 datareeksen te matchen met de gegevens in het World Data Center for Paleoclimatology. Ze ontdekten dat veel verschillen te wijten waren aan het gebruik van verouderde gegevens. Veel hiaten in de boomringreeksen waren inmiddels opgevuld door nieuwe metingen aan andere bomen. McIntyre gebruikte de geactualiseerde gegevens om opnieuw

de PCA uit te voeren. Het resultaat kwam grotendeels overeen met de hockeystick, behalve in de vijftiende eeuw. Daarin zijn de temperaturen een stuk hoger dan in Mann's publicatie, zelfs hoger dan in de twintigste eeuw. Het desbetreffende artikel in het 'klimaatseptische' tijdschrift *Energy & Environment* haalde wel de kranten, maar werd door klimaatonderzoekers genegeerd. Een jaar later benadrukt McIntyre nog

Principal Component Analysis

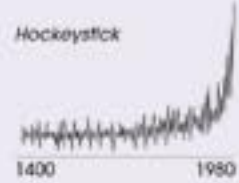
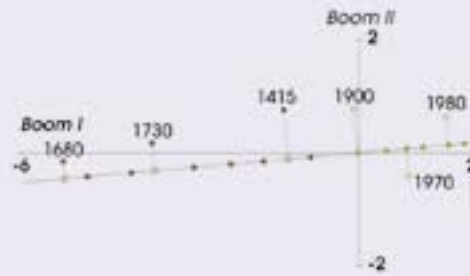
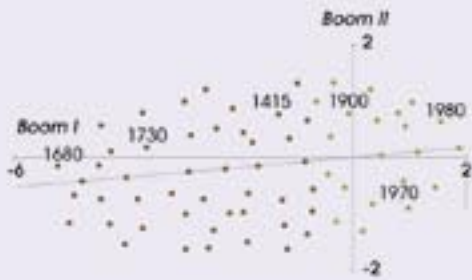
Met de gestandaardiseerde data gaan we nu PCA doen. Boom I zetten we uit langs de x-as, boom II langs de y-as. Dit levert een puntenwolk op. Met PCA brengen we de tweedimensionale puntenwolk terug tot één dimensie, de Principal Component (PC). In een PCA zoek je naar reeksen met de meeste spreiding. Mann vindt door de afwijkende standaardisering veel meer spreiding langs de x-as (boom I) dan langs de y-as (boom II). De PC loopt daardoor vrijwel parallel aan de x-as: boom I telt zwaarder mee. Bij McIntyre tellen boom I en II ongeveer even zwaar mee. De PC loopt daarom onder een hoek van zo'n 45 graden.

Koude en warme jaren

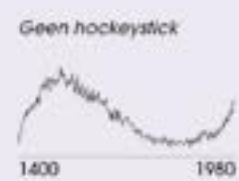
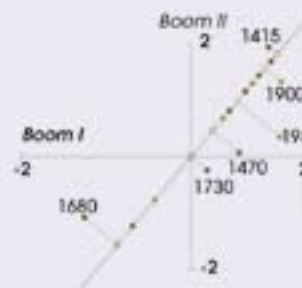
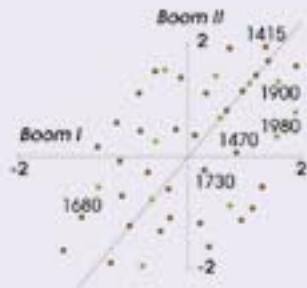
We projecteren alle data loodrecht op de PC. We houden nu een lijn over waarop groene en bruine punten liggen. Links liggen 'koude jaren' en rechts 'warme jaren'. Bij de Mann-methode zijn vrijwel alle warme jaren groen en dus afkomstig uit de 20e eeuw. Bij normale standaardisering komen groene en bruine punten door elkaar heen te liggen.

Tijdlijn

Zetten we de punten vervolgens weer uit in de tijd, dan verschijnt er bij Mann een hockeystick, terwijl de normale procedure ook een warme periode in de 15e eeuw laat zien.



Data na 1900
Data voor 1900



Met dank aan Ivo Hubert
Onderzoekswaarschuwing & Techniek / Schwandl Infographics

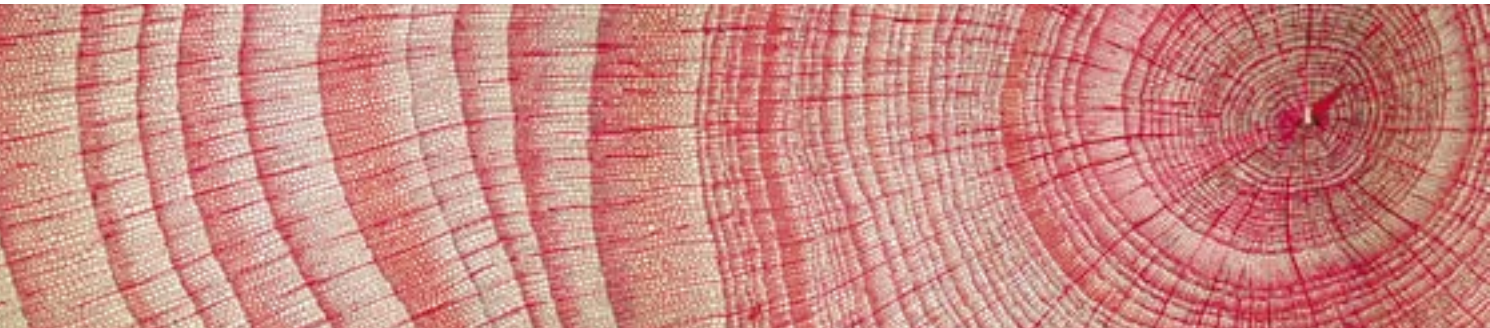
maals: “Wij claimden niet dat we een warme middeleeuwse periode hadden ‘ontdekt’. We stelden alleen maar dat het gezien de vele fouten in de gegevens onverantwoord was om te concluderen dat de jaren negentig van de twintigste eeuw de warmste in de afgelopen duizend jaar zijn.”

Verkeerde gegevens

McIntyre en McKittrick zetten alle algoritmen die ze gebruikt hadden op de internetsite www.climate2003.com. Ook legden ze daarop uit hoe ze met ontbrekende gegevens waren omgegaan. Ze wisten dat er iets niet klopte met de Principal Component Analysis maar konden hun vinger er niet op leggen. Het wachten was op de reactie van Mann. Die was

verrassend. McIntyre: “Op de website van David Appell, een Amerikaanse wetenschapsjournalist, liet Mann weten dat wij de verkeerde gegevens hadden gebruikt! Dat was bizar, want wij hadden die van zijn collega Rutherford gekregen.”

Bovendien hadden McIntyre en McKittrick ‘conventionele’ PCA gebruikt, terwijl Mann een stapsgewijze methode had gevolgd, om schaarse gegevens beter te benutten. McIntyre: “Dat was opnieuw een verrassing, want in het *Nature*-artikel wordt met geen woord gerept over deze stapsgewijze aanpak. PCA doe je normaal over de maximale periode waarin de gegevens beschikbaar zijn. Omdat er verder terug in de tijd steeds minder proxy’s beschikbaar zijn, besloot Mann PCA over verschillende perioden te doen. In recentere perioden



Boomringen: De dikte van de ring en de dichtheid van het hout zeggen iets over het klimaat in het desbetreffende jaar.

kun je dan meer proxy's meenemen." Zonder de stapsgewijze methode zou Mann's klimaatreconstructie gebaseerd zijn geweest op slechts 22 proxy's.

McIntyre en McKitrick besloten zich voorlopig te concentreren op de PCA voor de periode 1400-1450, omdat daar de meeste onenigheid over bestond. Ze begrepen niet wat de oorzaak was van het verschil tussen hun grafiek (stijging van de temperatuur vóór 1500) en de hockeystickfiguur.

Mann bleef weigeren zijn *source code*, de programma's waarmee hij zijn berekeningen had uitgevoerd, openbaar te maken. Op de openbare FTP-site van Mann vond McIntyre echter een Fortran-programma van ruim vijfhonderd regels dat beschreef hoe de principal components berekend moesten worden.

McIntyre: "Voordat je een PCA doet, moet je de gegevens standaardiseren. Normaal gesproken doe je dat door het gemiddelde te bepalen van alle gegevens over de gehele periode, dit gemiddelde van alle gegevens af te trekken en vervolgens alle gegevens te delen door de standaardafwijking. Het Fortran-programma beschrijft echter hoe het gemiddelde en de standaardafwijking over de periode 1902-1980 gebruikt worden om *alle* gegevens, dus ook die van vóór 1902, te standaardiseren. Dat is een zeer ongebruikelijke stap, die bovendien niet vermeld is in het *Nature*-artikel."

Deze ogenschijnlijk kleine aanpassing blijkt grote gevolgen te hebben voor het eindresultaat en verklaart grotendeels het verschil tussen de grafiek van McIntyre en McKitrick en de hockeystick in de vijftiende eeuw.

McIntyre: "Het gevolg van deze voorbewerking van de gegevens is dat in de PCA veel meer gewicht wordt toegekend aan boomringreeksen met een hockeystickvorm. In de cruciale periode 1400-1450 wordt in de PCA het meeste gewicht toegekend aan de reeks ca554, een boomringreeks uit de Sheep Mountain in Californië. Die reeks heeft een hockeystickvorm. Andere reeksen uit hetzelfde gebied tellen nauwelijks mee. Het programma selecteert dus reeksen met een hockeystickvorm."

McIntyre en McKitrick besloten nog een andere test uit te voeren. Hun computer genereerde 'met de dobbelsteen' een groot aantal jaarringreeksen met zogeheten *red noise* over de periode 1400-1980. *Red noise* is een type ruis dat veel gebruikt wordt in de klimatologie en oceanografie, omdat het (willekeurig verdeelde) langetermijntrends bevat. McIntyre: "Er zullen *red noise*-reeksen tussen zitten die toevallig in de twintigste eeuw omhoog gaan, een aantal die naar beneden gaan en verder alles wat daar tussenin zit. Met conventionele PCA krijgen we hier de verwachte zaagtandgrafiek, een figuur die willekeurig op en neer danst. Met de Mann-methode krijgen we echter hockeysticks!"

Censuur

McIntyre en McKitrick hadden meer dan genoeg stof voor een artikel en stuurden dat in januari van 2004 naar *Nature*. Mann en zijn collega's waren gevraagd te reageren. McIntyre: "Zij kwamen met een interessant punt. Zij stelden dat de Noemer PC1, de eerste principal component, niet alleen afhangt van de boomringreeksen uit Sheep Mountain, maar dat ook veertien andere reeksen voor een kwart aan deze principal component bijdroegen. Eind maart stuurden wij een tweede versie van ons artikel in waarin we lieten zien dat deze veertien boomringreeksen alle behoorden tot de zeer omstreden hooggelegen stekelden-reeksen, bestudeerd door Graybill en Idso in 1993. Deze reeksen laten een flinke groeispuurt zien in de twintigste eeuw. Graybill en Idso denken dat die spurt te maken heeft met hogere CO₂-concentraties in de lucht en niet met een hogere temperatuur. Ironisch genoeg heeft ook Mann al in 1999 toegegeven dat deze reeksen niet betrouwbaar zijn. Nu echter beweerde hij dat deze reeksen juist een cruciale bijdrage leveren aan de Noord-Amerikaanse PC1, en dus aan de temperatuur van het hele noordelijk halfrond."

Het werd nog leuker. McIntyre: "Op de FTP-site van Mann bevindt zich een subdirectory met de intrigerende naam BACKTO_1400-CENSORED. Die map bevat principal components, maar onduidelijk is hoe die berekend zijn. We vroegen ons af of de stekelden-reeksen er iets mee te maken hadden. Het was opnieuw bingo. De veertien door Mann bedoelde reeksen plus nog zes andere waren in de gecensureerde map buiten de PCA gelaten. Toen Mann de analyse deed zonder die twintig reeksen kregen ze PC's die vergelijkbaar zijn met de onze. In de uiteindelijk gebruikte directory, BACKTO_1400-UNCENSORED, zijn de omstreden stekelden-reeksen wel meegenomen! Na de publicatie van ons artikel in *Energy & Environment* beschuldigde Mann ons van selectief shoppen in proxy-reeksen. Nu bleek dat hij in een map met het label CENSORED erop resultaten had staan die precies leken op de onze."

Eind maart 2004 stuurden McIntyre and McKitrick een tweede versie van hun artikel naar *Nature*, waarin ze ook de dubieuze rol van de stekelden-reeksen meenamen. "*Nature* verzocht ons om het artikel sterk in te korten, tot vijfhonderd woorden. Begin augustus kregen we te horen dat ons artikel niet geplaatst werd, omdat het te technisch was."

Overtuigend

Met de publicatie in februari 2005 van hun artikel in *Geophysical Research Letters* lijkt het tij onder klimaatonderzoekers te keren, zo blijkt uit een reactie van een van de *referees* van dit artikel: "Dit is een verbazingwekkend resultaat. Ik heb de analyse van McIntyre and McKitrick nauwkeurig be-

studeerd en ben ervan overtuigd dat hun werk correct is. Ik dring erop aan om dit artikel niet links te laten liggen vanwege de potentiële controverse. Het hele onderzoeksveld dat over de opwarming van de aarde gaat, heeft momenteel te lijden onder het feit dat het gepolitiseerd is. Wetenschap is voor z'n succes afhankelijk van een open dialoog, waarin critici aan beide zijden gehoord worden."

Klimaatonderzoekers kunnen het onderzoek van McIntyre and McKitrick dus niet langer afdoen met de opmerking dat "ze niet gepubliceerd hebben in een gezaghebbend tijdschrift". Mann, Bradley en Hughes blijven ondertussen van zich af bijten. Mann lijkt er al jaren geleden voor gekozen te hebben om de hockeystickgrafiek tot het uiterste te verdedigen. Onlangs zette Mann samen met collega's een weblog op, www.realclimate.org, waar hij op niet altijd even subtiele wijze in de tegenaanval gaat. Het hoofdargument van Mann is dat McIntyre and McKitrick, bij de PCA van de Noamer-groep, niet twee, maar vier PC's zouden moeten meenemen voor het berekenen van de uiteindelijke temperatuurgrafiek.

Het probleem met PCA is dat er geen objectief criterium bestaat voor het aantal principal components dat nog relevant is. Strikt genomen levert een dataset met bijvoorbeeld honderd proxy's ook honderd principal components op, aangezien PCA niets meer doet dan dezelfde gegevens op een andere manier presenteren. De principal components zijn echter, anders dan de proxy's, te sorteren: de grootste is per definitie PC1, de op een na grootste PC2 enzovoort. Afhankelijk van de hoeveelheid ruis in de gegevens en het doel van de onderzoeker worden dan één, twee of nog meer PC's gebruikt om de trend in de gegevens te representeren. Discussies over de relevantie van een subtiele trend in de gegevens die door PC4 wordt gerepresenteerd, krijgen dan al snel een hoog welles-nietesgehalte.

McIntyre laat dan ook weten niet onder de indruk te zijn: "Mann claimt dat de stekelden-reeksen een dominante trend opleveren in de Noamer-groep. Dat klopt als we zijn incorrecte standaardisering gebruiken. Deze reeksen bepalen dan via de PC1 38 procent van de variantie in de Noamer-groep. Als PC4 in onze berekening dragen de stekelden-reeksen nog maar voor 8 procent bij aan die variantie. Dit is dus niet echt een dominante trend, zoals Mann claimt. Zijn argument om het aantal PC's te verhogen tot vijf is ad hoc en lijkt maar één doel te dienen, namelijk om zijn resultaat veilig te stellen. Ze weten hoe cruciaal de stekelden-reeksen zijn voor hun eindresultaat, de hockeystick. Mann claimt altijd dat het verwijderen en toevoegen van proxy's geen invloed heeft op het eindresultaat. Nu echter hamert hij erop dat één enkele PC4, gebaseerd op slechts een paar boomringreeksen, doorslaggevend is voor de temperatuur van het hele noordelijk halfmond."

Robuust

Per e-mail geeft Mann ons antwoord op de kritiek dat de vorm van zijn hockeystick sterk afhangt van de stekelden-reeksen. Hij stelt dat hij dezelfde resultaten kan verkrijgen zonder PCA te doen, door de 95 boomringreeksen gewoon te middelen: "Mann ontwijkt hiermee de vraag", reageert McIntyre. "Hij zegt dat hij met een andere methode dezelfde resultaten kan krijgen. Daarmee zou hij dan bewijzen dat onze kritiek niet deugt. Dat is natuurlijk een absurde redenering. Wij stellen dat zijn methode uit vele boomringreeksen de hockeystick-reeksen, lees de stekelden-reeksen, selecteert en daaraan het

meeste gewicht geeft. Dat hij met een andere methode ook een hockeystick weet te produceren kan best. Ons argument dat de stekelden-reeksen cruciaal zijn voor het eindresultaat, blijft nog steeds van kracht."

Mann wijst er ook op dat de hockeystickgrafiek niet alleen door hem gevonden is. Mann: "Ruim een dozijn andere schattingen op basis van proxy-gegevens geven hetzelfde resultaat." Hij verwijst daarbij naar een grafiek waarin je inderdaad verschillende reconstructies ziet die op het oog wel iets van elkaar weg heb hebben. De laatste maanden is McIntyre bezig met het analyseren van andere vaak aangehaalde multiproxy-studies. McIntyre: "Ik noem het plaatje dat Mann bedoelt het spaghettidiagram, een brei aan lijntjes. Tot nu toe komen Mann en andere onderzoekers niet verder dan de constatering dat hun reconstructies visueel op elkaar lijken. Dat is een volstrekt onwetenschappelijke benadering. Ze zouden de overeenkomsten moeten kwantificeren. Mann gaat slecht om met zijn gegevens, maar onderzoekers zoals Crowley, Lowery, Briffa en Esper zijn nog veel erger. Na 25 e-mails kreeg ik van Tom Crowley te horen dat hij alleen nog maar een gefilterde versie van zijn gegevens had, omdat hij was verhuisd naar een andere universiteit. Keith Briffa meldt dat hij voor een studie 387 boomringreeksen gebruikt, maar hij geeft niet prijs om welke locaties het gaat."

McIntyre en McKitrick trekken uit hun spitwerk vérstrekende conclusies over het klimaatonderzoek als geheel: "Op het moment dat het IPCC besluit zijn beleid, waarmee miljarden dollars gemoeid zijn, op zulk onderzoek te baseren, zou er diepgaande controle moeten plaatsvinden. Dat is niet gebeurd en dat is echt een heel kwalijke zaak. Ons onderzoek zegt niet dat de aarde momenteel niet opwarmt. Hoe extreem die opwarming echter is, afgezet tegen de laatste duizend jaar, is nu net zo onzeker als voor de publicatie van Mann in 1998." ■

Marcel Crok is redacteur van *Natuurwetenschap & Techniek*.

Informatie

De twee artikelen van Mann et al. waarin de hockeystickfiguur wordt berekend:

Mann, M.E., Bradley, R.S. and Hughes, M.K., 1998. 'Global-Scale Temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries', *Nature*, 392, 779-787.

Mann, M.E., Bradley, R.S. and Hughes, M.K., 'Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations', *Geophysical Research Letters*, 26, 759-762, 1999.

De polemiek tussen McIntyre & McKitrick en Michael Mann:

www.uoguelph.ca/~rmckitri/research/trc.html

www.climate2003.com

www.climateaudit.org

www.realclimate.org

Het derde IPCC-rapport uit 2001:

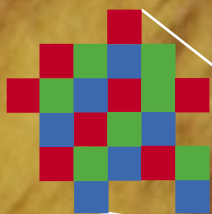
www.ipcc.ch



Demo

OP HET EERSTE GEZICHT

Hoewel het nemen van vingerafdrukken, irisscans en gezichtsherkenning tot de beste identificatiemethoden behoren, zijn ze geen van alle geheel waterdicht. Anil Jain probeert aan de State University van Michigan beveiligingstechnieken drastisch te verbeteren aan de hand van drie prototypen van systemen die verschillende onderdelen van biometrie combineren.



'Zwakke' biometrie

Met gegevens als lengte, geslacht, etniciteit en de kleur van de ogen kan iemands identiteit niet worden vastgesteld, maar het vaststellen van dit soort 'zwakke' kenmerken kunnen de nauwkeurigheid van de basistoepassingen van biometrie, zoals het nemen van vingerafdrukken en gezichtsherkenning, wel vergroten. Bij een van Jains methoden wordt de lengte van de proefpersoon opgemeten door twee camera's. Daarna wordt een close-up van haar gezicht genomen (links) die door een computerprogramma wordt geanalyseerd om haar sekse en kleur ogen te bepalen en haar etniciteit te categoriseren als Aziatisch of niet-Aziatisch. Deze gegevens worden gecombineerd met die van een biometrisch basisonderzoek.

Een computerprogramma rangschikt elke pixel in een afbeelding van een oog aan de hand van de hoeveelheden rood, groen en blauw. Deze waarden worden dan genormaliseerd om veranderingen door de belichting te corrigeren, waarna het oog ingedeeld wordt bij blauw/groen, lichtbruin of donkerbruin.



3D-gezichts-herkenning

De meeste gezichtsherkenningmethoden maken gebruik van 2D-afbeeldingen en kunnen om de tuin geleid worden door veranderingen in belichting, uitdrukking en de positie van het hoofd. Hier maakt een camera een foto van de proefpersoon (links) terwijl een laser haar gezicht scant, wat samen een exacte dieptemeting van alle punten oplevert (rechts). Het systeem probeert vervolgens de perspectiefafbeelding te koppelen aan een 3D-model in een database, maar het voert ter bevestiging ook de reguliere, 2D-gezichtsherkenning uit.

UltraScherp

Geomagic Studio 1 - C:\Documents and Settings\Dirk Calbray\My Documents\werk\my

File Edit View Tools Display Windows Conn. System Display Help

Print



Het systeem maakt gebruik van informatie over de 'coördinatiepunten' zoals de punt van de neus en de ooghoeken om een eerste zoekopdracht in de afbeeldingen van de database uit te voeren. Een algoritme maakt vervolgens een vergelijking op verfijnere schaal. Omdat het de oppervlaktestructuur vastlegt, wordt het 3D-systeem niet gehinderd door veranderingen in belichting of de positie van het hoofd.

DELL

DELL



Algoritmen om vingerafdrukken mee te vergelijken meten de positie en richting van zeer kleine details (rechts) en andere kenmerken die een vingerafdruk uniek maken.



Van de hand in de tand

Jains derde methode combineert handstructuren, gezichtsherkenning en vingerafdrukken. Een proefpersoon legt haar hand op een kussentje (niet afgebeeld) dat veertien aspecten van de handstructuur meet, waaronder de breedte van de handpalm en de lengte en breedte van elke vinger. Het systeem voert een reguliere, 2D-gezichtsherkenning uit. Dan worden de vingerafdrukken gecontroleerd. De meeste systemen controleren elke keer dezelfde vingerafdrukken – maar vingerafdrukken kunnen vervalst worden. Jain werkt nog aan methoden die de gegevens van alle tien vingers opslaan en willekeurig één of meerdere laten scannen.

Onze recensies nemen een voorwerp – een boek, een product, een overheidsrapport, film, wetenschappelijk artikel, een gebeurtenis zelfs – als aanleiding voor een bespiegelend essay over een technologische controverse.

75 Het wachtwoord is: gebbrekk1g

76 De Zen van luchthavenautomaten

De niet-waarneembare geest

Een de meest vooraanstaande filosofen van Groot-Brittannië betwijfelt of neurobiologie ons iets kan vertellen over het zelfbewustzijn.

ROGER SCRUTON

We zijn bekender met het bewustzijn dan met enig ander aspect van onze wereld, omdat het de manier is waarop alles, wat dan ook, bekend wordt. Maar dat is nu juist wat het zo moeilijk maakt om het bewustzijn te lokaliseren. Je kunt ernaar zoeken waar je maar wilt, maar je zult alleen de objecten ervan tegenkomen – een gezicht, droom, kleur, pijnsensatie, melodie, probleem – en niet het bewustzijn dat ze betekenis geeft.

Proberen het te begrijpen is zoiets als je eigen waarneming proberen waar te nemen, alsof je met je eigen ogen naar je eigen ogen kijkt zonder een spiegel te gebruiken. Het is dan ook niet verwonderlijk dat het idee van het bewustzijn tot vreemde metafysische angsten leidt, die we proberen te sussen met ideeën over de ziel, de geest, het zelf, het ‘subject van bewustzijn’, de innerlijke entiteit die denkt en ziet en voelt en die de echte ik is binnenin. Deze conventionele ‘oplossingen’ verdubbelen het probleem alleen maar. Door het bewustzijn van de mens simpelweg opnieuw te beschrijven maar dan als het bewustzijn van een soort homunculus – of dat nu een ziel, een geest of een zelf is – lossen we niets op. Sterker nog, door deze homunculus op een of ander afgesloten, ontoegankelijk en wellicht zelfs immaterieel niveau te plaatsen vergroten we het mysterie alleen maar.

Door het probleem op deze manier te stellen wordt het duidelijk dat het probleem van het bewustzijn in elk geval in de eerste plaats een filosofisch en geen wetenschappelijk probleem is. Het kan niet opgelost worden door het bestuderen van empirische gegevens, want het bewustzijn valt daar niet onder. We kunnen hersenactiviteiten waarnemen, en neuronen, zenuwknopen, synapsen en alle andere complexe materie van de her-

The Mind's I

The Quest for Consciousness: A Neurobiological Approach

Christof Koch

Roberts, 2004, \$45.00

senen, maar niet het bewustzijn. Ik kan waarnemen dat jij waarneemt, maar wat ik waarneem is niet dat ene iets dat jij van binnenuit kent en alleen voor jou aanwezig is. Zo lijkt het in ieder geval, en als dat wellicht niet klopt, is het een filosofisch en geen wetenschappelijk bewijs dat ons dat zal laten zien.

Deze benadering van het probleem door de filosofie heeft de neiging om wetenschappers ongeduldig te maken. Want, zo voeren ze aan, het is toch zo dat als het bewustzijn bestaat, het ook onderdeel uitmaakt van de bestaande wereld – die we waarnemen met onze zintuigen en verklaren door wetenschap. Maar welk onderdeel? Iemands beschrijvingen van bepaalde bewustzijnstoestanden worden radicaal aangetast door hersenletsel, en het gedrag dat ertoe leidt dat wij anderen als bewust beschouwen begint in het centrale zenuwstelsel, waarvan de werking grotendeels bepaald lijkt te worden door de hersenen. Zowel vanuit het gezond verstand als vanuit een wetenschappelijk standpunt wordt dus naar de hersenen gewezen als de plek waar het bewustzijn zetelt. Laten we de hersenen onderzoeken en kijken welke activiteiten overeenkomen met bewuste geestestoestanden. Dan komen we erachter wat het bewustzijn is.

I DO, THEREFORE
I THINK I AM?



DAVIS

Recensies

Maar is dat ook zo? We lopen helaas opnieuw tegen het filosofische probleem aan, in een andere vorm – want hoe kunnen we precies een overeenkomst ontdekken tussen het bewustzijn en een hersenactiviteit, als we ervan uitgaan dat het bewustzijn iets is wat we niet kunnen waarnemen? Stel dat we dit probleem de baas worden en met een theorie komen die bewuste geestgesteldheden in verband brengt met specifieke neurologische activiteiten. Dat zou betekenen dat we dan hebben ontdekt wat het bewustzijn is, maar alleen als we uit kunnen gaan van deze gelijkenis met een bepaald idee over hoe onze persoonlijkheid werkt. Dat is nu precies waarvan veel filosofen betwijfelen of we dat wel kunnen doen. Er zijn er inderdaad een paar die het eens zijn met het idee dat bewustzijnstoestanden gelijk staan aan hersenactiviteiten, maar ze verdedigen dit op filosofische gronden en niet op wetenschappelijke. Tegen dit idee kunnen fundamentele bezwaren opgeworpen worden: hoe kan bijvoorbeeld de toestand van het ene ding (een persoon) gelijk zijn aan een proces in het andere (de hersenen)?

Ook al benadert neurobioloog Christof Koch, hoogleraar in de cognitieve en gedragsbiologie aan het California Institute of Technology, zijn terrein met enige terughoudendheid, hij hoopt het desondanks op naam van de wetenschap te kunnen schrijven. Hij is van mening dat men het verstrikt raken in definities en abstracte problemen moet zien te vermijden, en in plaats daarvan moet onderzoeken op welke manier het “neuronale in verband staat met het bewustzijn”. Hij bakent dat doel echter wel direct af tot “de minimale hoeveelheid neuronale activiteiten en mechanismen die gezamenlijk voldoende zijn voor een bepaalde bewuste waarneming”. Met andere woorden, het onderzoek richt zich niet op het bewustzijn zelf, maar op “bepaalde bewuste waarnemingen”, met name die met betrekking tot visuele perceptie. Koch streeft er desondanks naar om het onderzoek naar het gezichtsvermogen te koppelen aan het algemenere onderzoeksprogramma dat hij ontwikkeld heeft met wijlen Francis Crick, een van de ontdekkers van de structuur van DNA, die het voorwoord van het boek heeft aangeleverd. Dat programma wil verklaren hoe het bewustzijn zich heeft ontwikkeld en wil de processen in de hersenen vaststellen waardoor het wordt voortgebracht. Het boek geeft een behoorlijk uitvoerig overzicht van wat de neurobiologie te zeggen heeft over de hogere hersenfuncties. Maar als we verdergaan vanuit de veronderstelling dat de wetenschap het bij het rechte eind heeft, wat doen we dan met de titel? Brengt de neurobiologie in de stijl van Crick en Koch ons echt verder in de “zoektocht naar het bewustzijn”?

De ik-figuur

Een van de moeilijkheden is het feit dat bewuste geestestoestanden niet tot één bepaalde categorie behoren, een probleem dat voortdurend opduikt in Kochs betoog, maar geen één keer wordt aangepakt. We gaan ervan uit dat alle zintuiglijke waarnemingen bewust zijn (er bestaat bijvoorbeeld niet zoiets als onbewuste kiespijn), dat er zowel bewuste als onbewuste gedachten bestaan, en dat een verlangen onbewust kan zijn maar een intentie niet. Maar wat hebben bewuste geestestoestanden met elkaar gemeen? Op sommige momenten lijkt Koch te suggereren dat ze allemaal ‘gevoeld’ worden door de persoon, of dat ze allemaal een bepaalde subjectieve eigenschap of ‘quale’ hebben, een essentie die alleen die persoon kan waarnemen. Maar onze gedachten voelen we niet, en er is geen subjectieve essentie die

de overtuiging dat twee plus twee vier is onderscheidt van de overtuiging dat drie plus drie zes is, of die het voornemen om te gaan zitten voor het avondeten onderscheidt van het voornemen om biefstuk te eten. Bij wezens die gebruikmaken van taal onderscheiden we bewuste van onbewuste geestestoestanden door het ‘ik’-perspectief. Een geestestoestand is bewust als de persoon hem daadwerkelijk kan erkennen, zonder dat er een onderzoek hoeft te worden uitgevoerd en op geen andere grond dan het begrijpen van de woorden die hij gebruikt. Daarom lijkt Koch op andere momenten uit te gaan van het ‘ik’-idee als een eigenschap van het bewustzijn, een werkwijze die hem belet om op overtuigende gronden bewustzijn aan dieren toe te schrijven, die hun geestestoestanden niet erkennen omdat ze überhaupt nooit iets erkennen. Dit is een ernstige zaak, aangezien de onderzoeksresultaten waar Koch uit put, zijn ontleend aan proeven op muizen- en apenhersenen.

Van groot belang in de Koch/Crick-methode is een gedachte-experiment dat gebruiktmaakt van het concept van de ‘niet-bewuste zombie’. Dat is een wezen wiens gedrag geheel bepaald wordt door reflexen, overgebracht door de hersenschors, maar dat zich niet bewust is van wat hij doet. Zo’n wezen voelt niets, heeft geen innerlijke ‘qualia’ en, hoogstwaarschijnlijk, geen subjectief ‘ik’-besef van zijn eigen geestestoestanden. Dus wat ontbreekt er bij hem nog meer? Of is hij soms precies zoals wij en is dat het enige wat bij hem ontbreekt? Koch is ervan overtuigd dat een zombie niet in staat is om vooruit te denken of om te gaan met situaties met meerdere onzekere factoren waarbij hij gecompliceerde keuzes moet maken. Vooruitdenken, plannen en beslissingen nemen behoren volgens hem tot de belangrijkste functies van het bewustzijn en suggereren een darwinistische verklaring op de vraag waarom het bewustzijn bestaat.

Dit soort opvattingen zullen ons alleen verder brengen in de zoektocht naar het bewustzijn als we kunnen aantonen hoe ‘gevoel’, ‘qualia’ en het ‘ik-idee’ verband houden met plannen en vooruitdenken. Als dat verband niet noodzakelijk is, zou een zombie over alle functies van het bewustzijn kunnen beschikken zonder de bijbehorende gevoelens. Als er wel een noodzakelijk verband is, moet dat aangetoond worden vanuit een niet-wetenschappelijk oogpunt. Op deze manier zit de lezer aan het eind van Kochs boek weer met dezelfde vraag als waarmee het begon: ervan uitgaande dat er neuronale correlaten zijn van het bewustzijn, waar correleren die dan precies mee? En wat bedoelen we precies met ‘een correlaat’?

Om die vraag te beantwoorden zou ik voorstellen dat we eerst afstappen van het idee van geheel subjectieve ‘qualia’. Het idee dat deze volkomen persoonsgebonden kenmerken van geestestoestanden bestaan, en dat ze de innerlijk waarneembare kern vormen van wat het ook is dat er controle over heeft, berust op een vergissing die Wittgenstein geprobeerd heeft weg te vagen in zijn betoog tegen de mogelijkheid van een privé-taal. Als jij denkt dat ik pijn heb, is dat op grond van bepaalde kenmerken van mij en mijn gedrag, en je zou je kunnen vergissen. Als ik pijn aan mijzelf toeschrijf, baseer ik mij niet op dat soort aanwijzingen. Ik kom er niet achter dat ik pijn heb door waar te nemen, en ik kan me ook niet vergissen. Maar dat is niet omdat er nog een soort andere informatie is over mijn pijn, waar alleen ik toegang tot heb en die ik raadpleeg om te kunnen vaststellen wat ik voel. Want als er zo’n innerlijke, persoonlijke eigenschap zou bestaan zou ik het verkeerd kunnen interpreteren, ik zou me kunnen vergissen en dan zou ik moeten onderzoeken of ik pijn



Het subject is in principe niet waarneembaar door de wetenschap. Het ligt altijd aan de buitenrand van een geheel, zoals de horizon.

heb. Om mijn innerlijke gesteldheid te beschrijven zou ik ook een taal moeten bedenken, die alleen ik zou begrijpen – en dat is onmogelijk, zoals Wittgenstein op aannemelijke wijze betoogt. De conclusie is dat ik mijzelf geen pijn toeschrijf op grond van een of andere innerlijke ‘quale’, maar op geen enkele grond.

Natuurlijk is er een verschil tussen weten wat pijn is en weten hoe het is om pijn te hebben. Maar als je weet hoe het is, is dat niet omdat je een of andere extra, innerlijke informatie over pijn hebt, maar simpelweg omdat je het gevoeld hebt. We hebben hier te maken met het bekend zijn met iets en niet zozeer met informatie hebben over iets.

Op eenzelfde manier zullen we ook niet erg ver komen in het begrijpen van het bewustzijn als we ons concentreren op het idee van dingen ‘voelen’. Er zijn namelijk bewuste geestestoestanden die niets te maken hebben met gevoel. We voelen onze zintuiglijke gewaarwordingen en emoties, net zoals we onze verlangens voelen. Al deze geestestoestanden zouden ooit geclassificeerd zijn als passies, tegenovergesteld aan mentale activiteiten – denken, beoordelen, bedoelen, concluderen – die niet gevoeld maar gedaan worden. Ik kan opzettelijk aan Maria denken, een foto beoordelen, zelfs een Centaur voor me zien, maar ik kan niet opzettelijk pijn hebben aan een vinger of angst voor spinnen. Zelfs als ik pijn zou kunnen krijgen door het te willen, of als ik mijn verlangens zou kunnen onderdrukken, betekent dit nog niet dat pijn en verlangen actief zijn, maar alleen dat het passies zijn die ik kan beïnvloeden door mentale wilskracht. Daar komt nog bij dat er psychologen en filosofen zijn die behoorlijk tevreden lijken te zijn met het idee van ‘onbewuste gevoelens’: het is mogelijk om iets te voelen zonder je bewust te zijn van dat gevoel. Voelen is alleen een teken van het bewustzijn als we ‘voelen’ uitleggen als ‘besef hebben’. Maar wat is besef van iets hebben precies? Nou, je er bewust van zijn.

Emergente eigenschappen

Hoe kunnen we onszelf bevrijden van deze warboel van cirkeldefinities en misleidende voorstellingen? Er zijn twee ideeën die mij bijzonder handig lijken bij het verklaren van ons gevoel dat het bewustzijn zich op een apart niveau bevindt. Het eerste is dat van emergente eigenschappen. Geestestoestanden in het algemeen, en bewustzijnstoestanden in het bijzonder kunnen beschouwd worden als emergente vormen van organismen. Een bruikbare vergelijking is die van het gezicht op een schilderij. Als een schilder verf aanbrengt op een doek, creëert hij een fysiek voorwerp met louter fysieke middelen. Dat voorwerp bestaat uit vlakken en strepen verf, samengebracht op een oppervlak dat we als tweedimensionaal kunnen beschouwen. Als we naar het schilderij kijken zien we een plat vlak en we zien die vlakken en strepen verf en het oppervlak waar ze op aangebracht zijn. Maar dat is niet alles wat we zien. We zien ook een gezicht naar ons kijken met stralende ogen. In een bepaald opzicht is dat gezicht een eigenschap van het schildersdoek, in en op de klodders verf – je kunt de klodders bestuderen zonder het gezicht te zien, en andersom. Aan de andere kant is het gezicht ook weer geen bijkomende eigenschap van het doek, want zodra de strepen en klodders er zijn, is het gezicht er ook. Er hoeft niets meer toegevoegd te worden om het gezicht te doen ontstaan – en als er niets meer toegevoegd hoeft te worden, is het gezicht toch zeker geen toevoeging. Elk proces waarbij precies zulke klodders verf op dezelfde wijze gerangschikt worden, zal dit gezicht doen ontstaan – zelfs als de kunstenaar zich niet bewust is van het gezicht. Misschien is het bewustzijn op die manier wel een emergente eigenschap: niet iets in en op het leven en gedrag waar we het in waarnemen, maar ook niet uitsluitend daartoe terug te brengen.

Er is nog een ander bruikbaar idee, dat voor het eerst bekendheid kreeg door Kant en vervolgens werd besproken door Fichte, Hegel, Schopenhauer en een hele stoet denkers tot en met Heidegger en Sartre. Dat is het idee om een onderscheid te maken tussen het ‘subject’ en het ‘object’ van het bewustzijn, en de speciale metafysische (Wittgenstein zou ‘grammaticale’ zeggen) status van het subject te erkennen. Als bewust subject heb ik een bepaalde kijk op de wereld. De wereld lijkt voor mij op een bepaalde manier aanwezig te zijn, en dat lijken bepaalt mijn unieke gezichtspunt. Elk bewust wezen heeft zo’n gezichtspunt. Als ik echter op een wetenschappelijke manier over de wereld praat, beschrijf ik alleen maar objecten. Die beschrijving wordt niet vanuit een bepaald gezichtspunt gegeven. Er komen geen woorden in voor als ‘hier’, ‘nu’ en ‘ik’. Het subject is in principe niet waarneembaar door de wetenschap. Het ligt altijd aan de buitenrand van een geheel, zoals de horizon, en is nooit ‘vanaf de andere kant’ te begrijpen, de kant van subjectiviteit zelf. Is het een bestaand onderdeel van de bestaande wereld? Het begint erop te lijken alsof de vraag verkeerd is geformuleerd. Ik heb het over mijzelf, maar dat betekent niet dat er een zelf is waar ik het over heb. Ik doe dit uit belang voor mijn vriend, maar er is niet zoiets als een belang waar ik dit voor doe.

We verhouden ons tot bewuste wezens op een manier waarop we ons niet tot objecten kunnen verhouden. Hun gedrag is het resultaat van de manier waarop zij dingen zien en het kan daarom veranderd worden door de manier waarop de dingen voor hen lijken te zijn te veranderen. Door hen ‘stof tot nadenken’ te geven of, in het geval van minder ontwikkelde dieren, ‘stof tot perceptie’ en ‘stof tot veronderstellen’, kunnen we ze ook voor onze doeleinden gebruiken. Omdat ze welbehagen en

pijn kunnen voelen kunnen ze beloond en gestraft worden en kan hun op die manier geleerd worden zich anders te gedragen. Iedereen die een hond of een paard ook maar iets heel simpels heeft geleerd, weet dat het bewustzijn een essentieel onderdeel vormt om een eindresultaat te kunnen bereiken. Het hangt af van een aantal functionele verbanden tussen wereld en gedrag, van het soort dat ons een 'gezichtspunt' laat constateren, 'een manier waarop we dingen zien' die het wezen kenmerkt waar we mee te maken hebben. Deze opvatting leidt ook het snelst en gemakkelijkst naar de herkomst van het gedrag.

Als we het over gedrag hebben, hoeven we de oude gedrags-theorie dat geesteseigenschappen simpelweg gereduceerd kunnen worden tot gedragsyndromen, niet te aanvaarden. Als we gedrag beschouwen als de uiting van een bewustzijnstoestand, plaatsen we het nadrukkelijk in een intuïtief begrepen samen-

Het bewustzijn komt voort uit het gedragsmatige en neurologische totaal – net als het gezicht op het schilderij voortkomt uit de gehele serie gekleurde vlakjes.

hang van causale verbanden. Het gedrag van een man die pijn heeft, lijkt slechts oppervlakkig op het gedrag van een acteur die doet alsof hij pijn heeft. Het slachtoffer kan écht niet op zijn gewonde been staan, en het been is echt verwond; het gedrag van de acteur is vrijwillig, dat van het slachtoffer is onvrijwillig. Al dit soort afwegingen zijn veronderstellingen die betrekking hebben op de functionele verbanden tussen de wereld en gedrag, en ze zijn onderdeel van een spontane theorie die door sommige filosofen ook wel 'volkpsychologie' wordt genoemd.

Er zijn beslist 'neuronale correlaten' van het bewustzijn, als we het op deze manier opvatten: alle elektrische processen die nodig zijn om bewust gedrag op te wekken. Sommige dieren vertonen dit soort processen, andere (insecten) doen dat niet. Het achterhalen van de oorsprong van deze processen is op een bepaalde manier net zo iets als het achterhalen waar het bewustzijn gelokaliseerd is in de hersenen. Maar brengt ons dat ook verder in het begrijpen wat het bewustzijn is? Stel je voor dat je iemand tegenkomt die zich net zo gedraagt en praat als jij, en die op een dag de bovenkant van zijn hoofd afritst, waar zich niets anders bevindt dan een dood poesje en een bolletje wol. Wetenschappelijk gezien wellicht onmogelijk. Maar logisch gezien wel mogelijk, en het geeft geen enkele reden om te ontkennen dat deze persoon een bewustzijn had.

De niet-zelfbewuste hond

Het bewustzijn is een emergente eigenschap van organismen, om het op een andere manier te zeggen. Maar het komt voort uit het gedragsmatige en neurologische totaal, niet uit op zichzelf staande processen in de hersenen – net als het gezicht op het schilderij voortkwam uit de gehele serie gekleurde vlakjes, en niet uit het op zichzelf staande doek dat hen bijeenhoudt. Natuurlijk zou het gedrag er zonder hersenen niet kunnen zijn, net zoals het schilderij er niet is zonder doek. In dat opzicht zullen er wel neuronale correlaten van het bewustzijn zijn. Maar het ontdekken van deze correlaten legt ons niet uit wat het bewust-

zijn is en het lost ook het raadsel van het subject niet op, evenmin als het al even verbijsterende raadsel van het 'ik'-idee.

Er is een probleem dat ik heb vermeden, en dat Koch ook vermijdt, hoewel terloopse opmerkingen hier en daar laten zien dat hij zich er wel bewust van is. Dit probleem komt voort uit twee radicale ontologische verschillen op het mentale vlak. Ten eerste is er het verschil dat bewuste van niet-bewuste wezens scheidt. We schrijven een bepaalde mate van perceptie toe aan mosselen en oesters – maar hebben ze bewustzijn? Moeten we ons schuldig voelen als we een oester open wrikken? We hebben de neiging om te zeggen dat zulk soort organismen niet ontwikkeld genoeg zijn om de mogelijkheid te hebben ideeën zoals die van gevoel, veronderstellingen en verlangen toe te passen.

Ten tweede is er het verschil dat wezens met enkel bewustzijn scheidt van zelfbewuste wezens zoals wij. Alleen de tweede groep heeft daadwerkelijk een 'ik'-perspectief, van waaruit onderscheid gemaakt wordt over hoe ik dingen zie en hoe jij dingen ziet. Het wezen met 'ik'-gedachten is in staat om zich verbonden te voelen met zijn soort, waardoor hij zich onderscheidt van de rest van de natuur, en vele denkers (onder wie Kant en Hegel) zijn van mening dat dit gegeven, en niet het gegeven van het bewustzijn als zodanig, hetgeen is dat alle mysteries van het mens-zijn met zich meebrengt.

Het probleem is als volgt: we willen van mensen zeggen dat hun zelfbewustzijn een systematisch kenmerk is van hun mentale bestaan, dat invloed heeft op alles wat ze denken en voelen. We willen van honden ook zeggen dat hun bewustzijn een systematisch kenmerk is van hun mentale bestaan, omdat het hen expliciet onderscheidt van weekdieren en kevers. Maar vergelijkbare mentale toestanden lijken op alledrie de niveaus voor te komen. De kever ziet dingen, net als de hond, en de persoon ook. Hoe kan het dan dat hetzelfde mentale proces – visuele perceptie – in drie verschillende ontologische dilemma's kan voorkomen: als een reflexmatig verband tussen visuele input en gedragsmatige output, als een bewuste waarneming, en als onderdeel van het constante en onderscheidende gevoel van zelf?

Deze vraag heeft sommige schrijvers (zoals neurowetenschapper Antonio Damasio in zijn boek *Looking for Spinoza*) er toe gebracht om het bewustzijn en het zelfbewustzijn te beschouwen als controlerende processen – een stap die gevaarlijk dicht in de buurt komt van de aloude homunculus-misvatting. Het is niet alsof mijn geest net zo is als die van een hond, alleen dan met een zelf die hem waarneemt, of de geest van een hond net als die van een insect, alleen dan met een innerlijk controle-apparaat. Het bewustzijn en zelfbewustzijn zijn holistische eigenschappen, die voortkomen uit het geheel van de fysiognomie en het gedrag van een wezen. We kunnen wellicht structuren in de hersenen en het zenuwstelsel vinden die biologisch gezien noodzakelijk zijn voor deze eigenschappen. Maar deze 'neuronale correlaten' zullen net zomin de mysteries van het bewustzijn verhelderen als de achterkant van Leonardo's Mona Lisa haar glimlach kan verklaren.

De conclusie waar ik naar neig is niet dat er niet zoiets bestaat als het bewustzijn, maar dat er niets is dat het bewustzijn is, net zoals er geen fysiek object bestaat dat daadwerkelijk de glimlach van de Mona Lisa is. ■

Roger Scruton is gasthoogleraar bij de vakgroep filosofie van het Birkbeck College in Londen en heeft meer dan twintig boeken geschreven, waaronder Modern Philosophy and England: An Elegy. Vertaling: Maria Postema.

Het wachtwoord is: Gebbrekk1g

Hedendaagse programma's voor wachtwoorden zijn onpraktisch en bieden nauwelijks bescherming.

MICHAEL SCHRAGE

POKEKEY1... OU812\$. TWASBR1111G!. Dat waren lang geleden mijn favoriete wachtwoorden. De eerste is de naam van het hondje dat ik als kind had. De tweede is schaamteloos gejat van een albumhoes van Van Halen. De derde, zoals u zich nog wel herinnert, is de eerste zin van *Jabberwocky*.

Terugkijkend voel ik me behoorlijk stom om te denken dat mijn spitsvondige wachtwoorden enige zinvolle bijdrage aan mijn beveiliging leverden. Beveiliging met een wachtwoord is vervelend, onhandig en zal iemand die iets kwaads in de zin heeft niet afschrikken. Maar zonder wachtwoord is het bij veel diensten onmogelijk om legitiem toegang te krijgen.

Bij de registratie voor Yahoo Mail bijvoorbeeld is heel wat veranderd om geen publiekelijke uitnodiging meer te vormen voor spamverstuurders en fraudeurs. Wie zou durven beweren dat de automatische 'gebruikersnaam/wachtwoord'-herinneringen geen zegen zijn voor de gemakzuchtigen en afatischen onder ons? Maar het niet-aflatende vertrouwen dat Yahoo in de wachtwoordbescherming heeft, vormt een zwakke plek in de beveiliging die meer aanvoelt als een uitdaging voor kwaadwillenden dan als een serieus afschrikmiddel.

De huidige programma's voor authenticatie met wachtwoorden vormen een soort schijnbeveiliging. Ze zetten op verderfelijke wijze aan tot verkeerd gebruik, misbruik en strafbare zaken door van de gebruikers de zwakste schakel in de beveiligingsketen te maken. Grotere datacommunicatiecapaciteit heeft het stelen of kraken van wachtwoordreeksen makkelijker gemaakt. Beveiligingsgoeroe Mark Seiden zegt dat veel aanvallen van hackers niets te maken hebben met de 'moeilijkheid' van het beoogde wachtwoord, aangezien dit soort aanvallen vertrouwen op het met brute kracht ontdekken van alfanumerieke reeksen. "De slechteriken belagen eigenlijk je toetsenbord", zegt hij. Dat beveiligingssysteembeheerders gebruikers herhaaldelijk het digitale vuur aan de schenen leggen om de 'onschendbaarheid' van onze vier tot twaalf karakters tellende wachtwoorden te behouden, houdt het midden tussen een belediging en een grap.

Als een bedrijf een beveiligingssysteem wil ontwerpen om alles wat we weten over menselijk gedrag, cognitieve psychologie en cryptografische analyse belachelijk te maken, zou het met onze huidige, op bits gebaseerde wanorde van wachtwoorden voor de dag komen. Zoals deskundige Richard E. Smith al opmerkt is de logische conclusie uit de voornaamste regels voor 'moeilijke wachtwoorden' – gebruik geen namen van gezinsleden of huisdieren, geen verjaardagen of kalenderdata, gebruik willekeurige reeksen, verander je wachtwoorden meerdere keren per jaar – dat wachtwoorden onmogelijk te onthouden moeten zijn en nooit opgeschreven moeten worden.

Op de een of andere manier zijn de pinautomaatsystemen van de banken erin geslaagd om het meer dan twintig jaar uit te



Wachtwoorden die niet beschermen

Onder de loep: de wachtwoordselectie van Yahoo! Mail etc.

houden met een summier aantal fraudegevallen door gebruik te maken van slechts viercijferige codes. Dus wat hebben de nerds van het bankwezen wel door op het gebied van wachtwoordbeheer? Het overduidelijke antwoord is dat hoe 'moeilijker' en complexer het wachtwoordstelsel is, des te luier en technisch onbekwamer de beveiligingssysteembeheerder.

Waarom willen we dat miljoenen mensen steeds meer tijd en geld besteden aan een beveiligingsprocedure die steeds minder bescherming oplevert? De wereld heeft geen 'betere' of 'veiliger' wachtwoorden nodig, maar moet zichzelf losrukken van wachtwoorden en persoonlijke identificatienummers als dé authenticatiemiddelen. We zouden veel veiliger zijn met een meer geïntegreerde aanpak van authenticatie – 'onderzoeksmachines' die controleren op afwijkend gedrag – en subtielere maar standvastiger manieren om online identiteiten te traceren en controleren. De wereldwijde onnozelheid van de wachtwoordmentaliteit werd prachtig benadrukt in een vorig jaar gehouden onderzoek dat uitwees dat 70 procent van de ondervraagden bereid was zijn computerwachtwoorden prijs te geven voor een reep chocola. Een derde van de ondervraagden gaf hun wachtwoord vrijwillig aan de onderzoekers zonder dat daar iets tegenover stond. Bij een ander onderzoek bleek dat 79 procent van in de straten van Londen ondervraagde mensen beveiligingsgegevens prijs gaf zoals de meisjesnaam van moeder en hun geboortedatum. "We staan verbaasd over de onwetendheid van consumenten wat betreft het belang van de bescherming van hun identiteit online", zei een woordvoerder van RSA, het encryptiebedrijf dat het onderzoek financierde.

Eerlijk gezegd sta ik zelf verbaasd over de luiheid van wereldwijde ondernemingen die hun gebruikers verantwoordelijk achten voor de beveiliging van complexe systemen. Als wachtwoorden over tien jaar nog maar half zo belangrijk zijn voor authenticatie en veiligheid online als nu, zal dat het duidelijkste signaal zijn dat de virtuele wereld een nog gevaarlijkere en onstabielere plek is geworden voor transacties en interacties. ■

Michael Schrage is wetenschapper en adviseur op het gebied van innovatieve economie en schrijver van het boek Serious Play (2000). Vertaling: Maria Postema

De Zen van lucht- havenautomaten

Perfekte zelfbediening is een zegen voor geest en lichaam van de regelmatige luchtreiziger.

MICHAEL SCHRAGE

HET WAS ABSOLUUT UITGESLOTEN dat ik mijn vlucht nog zou halen. De incheckrijen van British Airways waren vreselijk lang. Het was onmogelijk aan de wachtrij te ontkomen. Ik keek rond op zoek naar hulp. En daar, volledig genegeerd door de drukke menigte, stond een machine.

Het was een net geïnstalleerde kaartjesautomaat van British Airways. Ik rende ernaartoe en stak mijn American Express-card erin. Enige seconden later verscheen zomaar mijn naam en vlucht naar München op het scherm. Vier of vijf keer drukken op het scherm en ik was klaar om een sprintje trekken naar de beveiliging, mijn instapkaart en bonnetje stevig in de hand. Ik was nog niet goed en wel ingestapt in het vliegtuig of de deur klapte dicht achter mij.

Star Wars-actrice en schrijfster Carrie Fisher merkte ooit op dat "onmiddellijke bevrediging te lang duurt". Voor in wachtrijen vastgelopen zakenreizigers is Fishers aforisme geen grapje. Kaartjesautomaten op luchthavens zijn een geschenk uit de hemel, omdat zij bedacht zijn op de twee belangrijkste behoeften van zakenreizigers: niet hoeven nadenken en geen ongemak hoeven doorstaan.

Niet hoeven nadenken is een mantra voor iedere Executive Platinum-reiziger. Je wilt helemaal niet nadenken, je wilt iets doen, zonder gezeur. En wel onmiddellijk. De gemiddelde wachttijd voor automatisch inchecken is bij Continental Airlines 66 seconden. Alleen handbagage? Dan 30 seconden.

Bij een geldautomaat moet je nadenken over hoeveel geld je nodig hebt en hoeveel je al in je portemonnee hebt. Een ATK (airline ticketing kiosk) biedt je keuzes die je ofwel reeds gemaakt hebt (je reisroute) of waar je helemaal niet over hoeft na te denken (neemt u vuurwapens mee op uw vlucht?).

Eenvoudigweg een creditcard of frequent-fliercard in de juiste opening steken tovert een aantal niet moeilijk te beantwoorden vragen op het drukgevoelige scherm. Jammer genoeg zijn er een paar ergerlijke uitzonderingen. Zo vraagt American Airlines je om de naam van je bestemming in te toetsen, wat de computers van American ongetwijfeld al weten.

Dit dwingt ons een kritisch onderscheid te maken tussen niet hoeven nadenken en geen ongemak hoeven doorstaan. In de interactie met een ATK treedt de Zen-staat echter pas op wanneer niet hoeven nadenken en geen ongemak hoeven doorstaan samengaan. Een te vermijden keuze is de vraag om informatie waarvan de reiziger weet dat de maatschappij die reeds heeft. Vermijdbare keuzes - de machine laten weten wat mijn frequent-fliernummer of mijn bestemming is - vragen zowel om nadenken als om gevoelens (van irritatie). Gelukkig staan de interacties met de geen-flauwekul-ATK van Southwest de reiziger toe in een perfecte staat van *satori* te geraken.



U bent aan de beurt

Zelfbedienings-incheckautomaat voor British Airways, type 9988, model E01. IBM, 2004.

Waar perfect niet-hoeven-nadenken én geen-ongemak-hoeven-doorstaan niet mogelijk zijn, biedt een goed ATK-ontwerp een keuze tussen deze twee. Het beste voorbeeld hiervan is de kaart met zitplaatsen op de ATK. Veel luchtvaartmaatschappijen laten je een kleurgecodeerd schema zien en nodigen je uit om je toegewezen zitplaats te veranderen door op een andere zitplaats te drukken. Natuurlijk kiest men niet zonder na te denken een andere plaats, maar de mogelijkheid om een andere zitplaats te verkrijgen kost in elk geval weinig moeite.

Het is de superieure service, en niet de geautomatiseerde kaartverkoop, waar de ATK in wezen zijn waarde aan ontleent. Op systeemniveau zegt de opkomst van de ATK veel minder over de meedogenloze reductie in het aantal arbeidskrachten en juist meer over het streven van luchtvaartmaatschappijen om op grote schaal 'just in time'-gemak aan te bieden.

Toch zou ik mijn vlucht nooit gehaald hebben als er een rij had gestaan voor de ATK van British Airways. Ik profiteerde dankbaar van de onwetendheid van anderen. Dat zal op het Heathrow van morgen niet meer mogelijk zijn.

Ik vrees dat apparatuurstoringen of de grote vraag ook lange wachtrijen voor de kaartverkoopmachines gaan veroorzaken. Ik huiver al bij de gedachte aan vliegende families met luidruchtige peuters en uitpuilende koffers, die er per keer tien minuten over doen om zich gezamenlijk over de ATK te buigen om te proberen het zitplaatschema zo aan te passen dat ze met z'n allen bij elkaar kunnen zitten.

Zullen er ook ATK's komen die onderscheid maken tussen regelmatige luchtreizigers en de grote massa? Of ATK's die alleen Platinumcards accepteren? Of die per ticket een toeslag van vijf dollar rekenen om mensen die naar gemak hunkeren, tegemoet te komen? Help mij, alstublieft! ■

REDACTIE: MONYA BAKER

Elke maand brengt nieuwe onderzoeksmethoden, nieuwe ideeën voor revolutionaire technologie en revolutionaire toepassingen van bestaande technologie. Niemand kan vandaag weten wat er morgen van belang is. Maar deze artikelen geven de meest kansrijke voorspelling van *Technology Review*.

INFORMATIETECHNOLOGIE

Licht blijft stilstaan

Fotonisch kristal manipuleert lichtpuls

CONTEXT: Het stilzetten en vangen van licht lijkt een onmogelijke opgave. Met een zogeheten fotonisch kristal blijkt het echter toch mogelijk. Onderzoekers van de Stichting FOM, het FOM-Instituut voor Atoom- en Molecuulfysica AMOLF in Amsterdam, de Universiteit Twente en de Universiteit van St. Andrews, Groot-Brittannië, zijn erin geslaagd licht stil te zetten en te vangen in een fotonisch kristal én om dat realtime waar te nemen.

METHODEN EN RESULTATEN: Een tweedimensionaal fotonisch kristal bestaat uit twee regelmatig geordende materialen met een verschillende brekingsindex. De brekingsindex bepaalt hoe snel licht zich door het materiaal voortbeweegt. De brekingsindex in fotonische kristallen varieert op een lengteschaal gelijk aan de golflengte van licht. Wanneer licht hierdoor in geen enkele richting meer kan voortbewegen, is er sprake van een 'fotonische bandkloof'. Dit stilstaan 'waarnemen' gebeurde tot nu toe door de metingen met computerberekeningen te vergelijken. Deze methodiek heeft haar beperkingen. Voor het eerst is een unieke microscoop gebruikt die op een ultrasnelle tijdschaal kan afbeelden hoe licht zich binnen in een structuur voortplant. Met deze microscoop is het gedrag van zeer korte (100×10^{-15} seconden) licht-

pulsen te volgen. Er werd een specifieke lichtpuls gelokaliseerd en die bleef stil te staan. Na een tijdje (3×10^{-12} seconden) viel de gevangen lichtpuls uit elkaar. De onderzoekers hadden deze gebeurtenissen nooit kunnen waarnemen als zij de structuur slechts van de buitenkant hadden bestudeerd. In dit experiment brachten de onderzoekers licht met een golflengte van 1310 nanometer tot stilstand.

WAAROM HET VAN BELANG IS: Het manipuleren van licht is van groot wetenschappelijk en industrieel belang. De hoge mate van controle over de 'timing' van lichtpulsen is belangrijk om de groeiende optische datastromen in de telecommunicatie in goede banen te leiden. Verder heeft licht, als het sterk wordt vertraagd, ook langer interactie met zijn omgeving. Dit kan leiden tot nieuwe lichtbronnen en optische schakelaars, maar ook tot de detectie van zeer lage concentraties (bio)moleculen. De verwachting is dat deze fotonische nanostructuren van belang zullen zijn bij de volgende generatie optische chips en biosensoren.

Bron: Gersen, H., et al. Real-Space Observation of Ultraslow Light in Photonic Crystal Waveguides. *Physical Review Letters*, 25 februari 2005.

Kunt u iets luider gebaren?

Handgebaren besturen computergraphics

CONTEXT: Videospellen, ontwerpsoftware en wetenschappelijke visualisatie-

technieken maken regelmatig gebruik van 3D-graphics. Standaard werken gebruikers met 3D-graphics op platte computerschermen en kunnen ze de grafische representaties niet vastpakken, verplaatsen of draaien. Zelfs geavanceerde stereoscopische beeldschermen, zoals bij virtual-realitysystemen, vereisen een in een helm ingebouwd beeldscherm. Onderzoekers van de University of Toronto hebben nu een systeem gecreëerd dat 3D-graphics van dergelijke beperkingen bevrijdt.

METHODEN EN RESULTATEN: De sleutel tot het systeem is een 'volumetrisch' beeldscherm, dat meerdere gebruikers vanuit elke hoek graphics laat bekijken, zonder enig hoofddeksel te hoeven dragen. Tovi Grossman en zijn collega's maakten gebruik van een zogenaamd swept-volume display, dat een serie 2D-beelden zo snel rond een as draait, dat mensen ze als een 3D-beeld zien. De onderzoekers creëerden een manier voor gebruikers om met hun handen contact te maken met het beeldscherm, dat zich in een doorzichtige plastic koepel bevindt. Camera's volgen speciale ringen aan de vingers van de gebruikers, die 3D-objecten kunnen selecteren door ernaar te wijzen en ze kunnen verslepen door met hun vingers over de beeldschermbol te gaan.

WAAROM HET VAN BELANG IS: Hoewel het nieuwe beeldscherm geen sensorerugkoppeling heeft, maakt het besturing van 3D-graphics mogelijk door middel van handgebaren, vergelijkbaar met die waarmee mensen echte voorwerpen manipuleren. De technologie maakt joystick- of virtuele representaties van gebruikers overbodig en maakt de weg vrij

voor 3D-grafische toepassingen die iedereen met minimale training kan gebruiken. De interface van de onderzoekers uit Toronto zou ervoor kunnen zorgen dat de dag snel dichterbij komt waarop deze beeldschermen regelmatig worden gebruikt, bijvoorbeeld door wetenschappers die medicijnmoleculen ontwerpen, artsen die operaties plannen, architecten en natuurlijk spelletjesfanaten.

Bron: Grossman, T.D. Wigdor en R. Balakrishnan. 2004. Multi-finger gestural interaction with 3D volumetric displays. *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 61-70.

BIOTECHNOLOGIE

Insuline versie 2.0

Vet scheidt een hormoon af dat kan helpen om diabetes onder controle te krijgen

CONTEXT: vet in de buikwand is een gevaarlijk iets. Dit is niet zozeer omdat het vet zich op de interne organen afzet, maar omdat het een reeks hormonen afscheidt die het bestaan van het vet in stand houden en de stofwisseling beïnvloeden. Het resultaat is een verhoogd risico op een aantal ziekten, van diabetes tot hartziekten. In een reeks experimenten vonden onderzoekers onder leiding van Lichiro Shimomura van de Osaka University nog een ander hormoon dat geproduceerd werd door het vet uit de buikwand, oftewel visceraal vet – een dat de heilzame effecten van insuline nabootst.

METHODEN EN RESULTATEN: Met stukken weefsel van twee menselijke vrijwilligers stelde Shimomura's team eerst vast welke genen er in visceraal vet actief zijn. De onderzoekers herleidden een van de genen tot een proteïne waarvan bekend is dat het de immuuncellen helpt rijpen. Vervolgens bestudeerden ze meer dan honderd proefpersonen en ontdekten dat hoe meer visceraal vet ze hadden, des te hoger het gehalte aan proteïne in hun bloed was. Bij een ander experiment

werden muizen geobserveerd met aanleg voor obesitas; naarmate ze dikker werden, steeg het proteïnegehalte in hun bloed. Omdat het proteïne afkomstig is van visceraal vet, noemden de onderzoekers het proteïne 'visfatin'. Muizen waarbij het gen voor visfatin volledig ontbrak, stierven vóór de geboorte; muizen die slechts één functionele versie van het gen bezaten, hadden verhoogde glucosespiegels. Het toevoegen van visfatin aan lever-, vet- en spiercellen had hetzelfde effect als insuline; visfatin verlaagde zelfs de glucoseniveaus in insulineresistente muizen. Weer andere studies wezen uit dat insuline en visfatin zich binden aan verschillende plaatsen op hetzelfde proteïne (de insulinerceptor), die, wanneer geactiveerd, ervoor zorgt dat cellen glucose opnemen.

WAAROM HET VAN BELANG IS: Over de hele wereld zijn er bijna 200 miljoen diabetespatiënten. Dit onderzoek opent een andere route naar het zoeken naar medicijnen voor diabetes. Ofwel visfatin ofwel moleculen die zich in plaats van het visfatin aan het proteïne kunnen binden, zouden kunnen helpen de ziekte onder controle te krijgen. Het achterhalen van de natuurlijke rol van visfatin zou inzichten kunnen opleveren; hoewel grotere hoeveelheden vet grotere hoeveelheden visfatin opleveren, zijn deze niveaus onvoldoende om de ziekmakende effecten van obesitas tegen te gaan. Studies die deze paradox oplossen, kunnen uitwijzen hoe obesitas en de daarmee samenhangende ziekten kunnen worden voorkomen of behandeld.

Bron: Fukuhara, A., et al. 2005. Visfatin: a protein secreted by visceral fat that mimics the effects of insulin.

Science 307: 426-430.

Cholesterol als geneesmiddel?

Op weg naar een geloofwaardige RNAi-therapie

CONTEXT: RNA-interferentie (RNAi) – eens gezien als een experimenteel artefact en vervolgens beschouwd als een onbelangrijke anomalie – wordt nu erkend als een belangrijke techniek voor het re-

guleren van genexpressie in dieren, planten en zwammen. In wezen treedt RNAi op wanneer kleine RNA-moleculen (klein interfererend RNA of siRNA) boodschapper-RNA, het molecuul waardoor de instructies in een gen worden vertaald naar het proteïne dat ze moet uitvoeren, overvalt. Ten minste drie bedrijven hopen de technologie om te zetten naar nieuwe therapieën. Dit is een lastige opgave, omdat siRNA in het bloed snel vernietigd wordt en moeite heeft om in de cellen door te dringen. Nu heeft een team van het biotechbedrijf Alnylam onder leiding van Jürgen Soutschek en Hans-Peter Vornlocher aangetoond dat een nieuwe versie van siRNA zich door de bloedbaan kan verplaatsen en het cholesterolgehalte verlagen.

METHODEN EN RESULTATEN: Soutschek en zijn collega's hebben siRNA gemaakt dat het gen voor een cholesterol-stimulerend proteïne, apolipoproteïne B, uitschakelt. Met behulp van beproefde technieken pasten ze de chemische backbone van siRNA zodanig aan dat deze stabiel werd. Bij een nieuwe aanpak bonden ze de chemische backbone van siRNA aan een ander molecuul (ironisch genoeg, cholesterol), dat de cellen gemakkelijker binnendringt en injecteerden de gebonden moleculen in muizen. De behandeling verlaagde 'slechte' cholesterolgehalten met meer dan 40 procent en vervolgtests wezen uit dat siRNA in de cellen was doorgedrongen en dat de productie van apolipoproteïne B was gestopt.

WAAROM HET VAN BELANG IS: De momenteel verkrijgbare medicijnen werken maar op enkele manieren. De meeste ervan binden zich aan een proteïne en beïnvloeden de functie. Andere vervangen een proteïne. RNAi-medicijnen zouden iets totaal anders doen: ze zouden gewoon verhinderen dat er een proteïne wordt gemaakt, en op deze manier ziekten behandelen die met andere technieken niet kunnen worden behandeld. Door te laten zien dat RNAi-medicijnen via het bloed kunnen worden afgeleverd, pareert dit onderzoek de scherpste kritiek op de techniek. Er zijn echter nog meer hindernissen: bij mensen moet siRNA in de bloedbaan een langere weg afleggen dan in muizen, de benodigde hoeveelheden van het middel liggen nog steeds boven de toegestane hoeveelheid,

en langdurige behandelingen met cholesterolgebonden siRNA kan bijwerkingen tot gevolg hebben die schadelijker zijn dan de ziekte zelf. Desondanks zullen deze resultaten de sceptici de mond snoeren.

Bron: Soutschek, J. et al. 2004. Therapeutic silencing of an endogenous gene by systematic administration of modified siRNAs. *Nature* 432:175-178.

NANOTECHNOLOGIE

Waterstof-opslag

Nanospons werkt op moleculair niveau

CONTEXT: Waterstof kan de brandstof van de toekomst zijn, maar er zijn belangrijke hindernissen die verhinderen dat het net zo vluchtig is als olie. Een van de problemen is de opslag van waterstof, met name bij auto's en mobiele apparatuur; samengeperst waterstofgas moet worden opgeslagen in dikwandige tanks en neemt daardoor veel meer ruimte in dan zijn energie-equivalent in benzine. Onderzoekers op het gebied van alternatieve energie hebben gezocht naar materialen die als spons kunnen fungeren, die het waterstof opzuigen en vasthouden tot het nodig is, maar tot dusver is er geen enkel materiaal dat bij geschikte temperaturen en drukken de benodigde waterstofcapaciteit bleek te hebben. Onderzoekers van de Universiteit van Newcastle upon Tyne en de Universiteit van Liverpool hebben voor opschudding binnen het waterstofonderzoek gezorgd door een nieuwe klasse materialen te ontdekken die het probleem aanpakt op het moleculaire niveau.

METHODEN EN RESULTATEN: De materialen die door Xuebo Zhao en zijn collega's zijn vervaardigd, zijn samengesteld uit lange koolstofketens verbonden door metaal-atomen. Wanneer ze worden gekristalliseerd, vormen deze moleculen holtes met een doorsnee van minder dan een nanometer, verbonden door 'ramen' die nog kleiner zijn dan een waterstofmolecuul. Terwijl de holtes worden ge-

vuld, kan waterstof zich door deze ramen heen wriemelen, omdat de koolstofketens flexibel zijn. Als de holtes eenmaal gevuld zijn, verliezen de ketens hun vermogen om te buigen, waardoor de ramen gesloten blijven. Als gevolg hiervan kan het materiaal worden gevuld met waterstofgas onder hoge druk, maar laat 't het gas niet ontsnappen als de druk afneemt naar normaal, zodat het in wezen een drukzegel met de afmetingen van een molecuul vormt.

WAAROM HET VAN BELANG IS: Brandstofcellen die op waterstof lopen, zouden voor veel meer doeleinden kunnen worden gebruikt dan alleen voor auto's; ze zouden kunnen worden toegepast in draagbare elektronische apparaten zoals laptops, handcomputers en mobiele telefoons. Hoewel de materialen die door Zhao en zijn collega's zijn ontwikkeld voor de meeste commerciële toepassingen niet genoeg waterstof bevatten en alleen bij temperaturen ver onder kamertemperatuur goed werken, wijzen ze de weg naar een totaal nieuwe aanpak van waterstofopslag.

Bron: Zhao, X. et al. 2004. Hysteric adsorption and desorption of hydrogen by nanoporous metalorganic frameworks. *Science* 306: 1012-1015.

Ultragevoelige test

Betere virusdetectie door nanodraden

CONTEXT: Ziekenhuizen zouden zeer veel baat hebben bij een eenvoudige, goedkope methode om te bepalen of de loopneus of buikpijn van een patiënt duidt op een virus of op iets anders. Een medisch laboratorium kan een infectie vaststellen aan de hand van een uitstrijkje, maar uitsluitend na het tijdrovende en kostbare proces van prepareren en analyseren. Het zou veel beter zijn als er een apparaat was dat onmiddellijk op cellulair niveau op een virus kan reageren en een elektrisch signaal produceren dat is te interpreteren door computerchips en andere elektronica. Een dergelijk systeem zou, althans in theorie, goedkoper zijn dan bestaande diagnostische technologieën; het zou mogelijk ook op een

groot aantal virussen tegelijkertijd kunnen controleren en de aan- of afwezigheid van elk ervan vrijwel meteen kunnen vaststellen. Voor deze detectietechnologie zijn silicium nanodraden een veelbelovende kandidaat, omdat ze ongeveer dezelfde afmeting hebben als biologische deeltjes en met grote gevoeligheid op de aanwezigheid daarvan kunnen reageren. Recentelijk heeft vruchtbaar onderzoek in de laboratoria van Charles Lieber en Xiaowei Zhuang van Harvard University aangetoond dat een dergelijk nanodradensysteem gebouwd kan worden en losse virusdeeltjes kan opsporen.

METHODEN EN RESULTATEN: Silicium nanodraden werden 'opgetuigd' met virus-specifieke antilichamen. Wanneer een virus zich bond aan een van de antilichamen, veranderden de geladen proteïnen op het oppervlak van een virus het geleidingsvermogen van de nanodraad, op ongeveer dezelfde manier als een elektrische lading een transistor aan of uit kan zetten. Virussen zouden in seconden of minuten kunnen worden gedetecteerd, en een bepaald type virus zou zelfs in aanwezigheid van een ander duidelijk naar voren komen.

WAAROM HET VAN BELANG IS: Het werk is een doorbraak in de toepassing van nanotechnologie bij de verbetering van biosensoren. Het eerste gebruik van een dergelijk virusdetectiesysteem zou waarschijnlijk in een farmaceutisch laboratorium zijn: het vervangen van de antilichamen door potentieel geneeskrachtige moleculen kan bijdragen tot de ontwikkeling van antivirale medicijnen. Een dergelijk systeem kan het ontdekken van medicijnen sneller en efficiënter maken. Buiten het laboratorium zou de techniek een simpele biochiptest kunnen opleveren, die in elke spreekkamer, polikliniek of thuis is uit te voeren. Natuurlijk zijn nanodraden niet het enige middel om dergelijke chips te bouwen. Maar het idee om telkens als een peuter niest, een biochip te kunnen verkopen, is voldoende om ervoor te zorgen dat ergens een investeerder al begint te glunderen.

Bron: Patolsky, F. et al. 2004. Electrical detection of single viruses. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:14017-14022.

Technology Review is een uitgave van Veen Magazines BV, onderdeel van Veen Bosch en Keuning Uitgevers, in samenwerking met Technology Review Inc. Technology Review verschijnt onder auspiciën van het Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston, VS.

Een jaarabonnement kost € 60,-.

Surf naar: www.technologyreview.nl of bel 0031 (0)23 518 33 45

Adres in Nederland: Postbus 119, 4150 EC Vianen. In België: Postbus 102, 2910 Essen.

HOOFDREDACTEUR:

Erwin van den Brink

EINDREDACTIE: Jan Verberne

REDACTIESECRETARIAAT: Niqui Cuhfus

MEDEWERKERS: Herbert Blankesteyn, Marcel Crok, Karin Schwandt, Monya Baker, Herb Brody, Robert Buder, Freeman Dyson, David Ewing Duncan, Maryann Jones Thompson, Erika Jonietz, Dennis Kleiman, Joel Lardner, Andrew P. Madden, Wade Roush, Michael Scrage, Roger Scruton, Jonathan Skolnick, David Talbot, Joe Toren, Peter Wayner, Sam Williams

VERTALERS: Hella Breedveld, Jaap Faber, dr.ir. Marianne Kerkhof, Maria Postema, Petra Ringenaldus

VORMGEVING: Twin Design bv, Culemborg

ART DIRECTION: Twin Design bv, Culemborg

REDACTIEADRES: Wildenborch 5, Postbus 256, 1110 AG Diemen.
Tel. (020) 531 09 19. E-mail: redactie@technologyreview.nl
Website : www.technologyreview.nl

UITGEVER: Hans van Vloten

MARKETING & SALES: Leo Schaap, lschaap@vug.nl

BLADMANAGER: Dorien Schuijt, dshuijt@vug.nl

ADVERTENTIEVERKOOP: Veen Magazines. Accountmanagers: Alex Sieval, (020) 531 09 38, asieval@vug.nl, en Patrick van den Bosch, (020) 531 09 40, pvandenbosch@vug.nl.

DRUK: Tijl Offset, Zwolle

OPLAGE: 31 000

ISSN: 1573-4269

Veen Magazines legt gegevens vast voor de uitvoering van de (abonnement)overeenkomst. Deze data kunnen worden gebruikt om u te informeren over relevante diensten en producten. Indien u op deze informatie geen prijs stelt, dan kunt u een briefje sturen naar:

Veen Magazines, afdeling logistiek, postbus 256, NL 1110 AG Diemen.

www.overnamepartners.nl

Vooruitgang in het technologische budget

TECHNOLOGISCHE PRODUCTEN SPELEN een grote rol in het leven van consumenten – en hun portemonnee. Er zijn tegenwoordig meer technologische producten dan in voorgaande decennia, maar de prijzen van veel van de producten zijn in de loop der tijd drastisch omlaag gegaan. *Technology Review* ging op onderzoek uit om te zien wat de uiteindelijke invloed van deze factoren is op de Amerikaanse huishoudportemonnee.

De database van de Consumer Price Index is de enige bron van informatie die de uitgavenkosten van alle huishoudens volgt gedurende een langere periode. Sommige technologische producten zijn pas in de jaren negentig aan het onderzoek toegevoegd; 1995 is het eerste jaar waarvan informatie over het huishoudbudget voor technologische producten beschikbaar is. De meeste recente informatie stamt uit 2002.

Een interessante kwestie is de vraag wat de definitie is van een 'technologisch product'. Hoewel men zou kunnen zeggen dat een sojaboon net zo technologisch tot stand gekomen is als een nieuwe draadloze telefoon, hebben we toch alleen maar productcategorieën meegerekend die afhankelijk zijn van high-tech R&D: elektronica voor de particuliere markt, computers, telecommunicatie en geneesmiddelen. Ons onderzoek wees uit dat tussen 1995 en 2002 de uitgaven aan technologische producten in Amerikaanse huishoudens met 9 procent toenamen. De grootste toename was te zien bij computerproducten en mobiele diensten. Elk jaar spenderen Amerikaanse huishoudens nu gemiddeld ruim 1200 dollar aan elektronica, 1868 dollar aan geneesmiddelen, en bijna 1000 dollar aan telefoondiensten.

MARYANN JONES THOMPSON

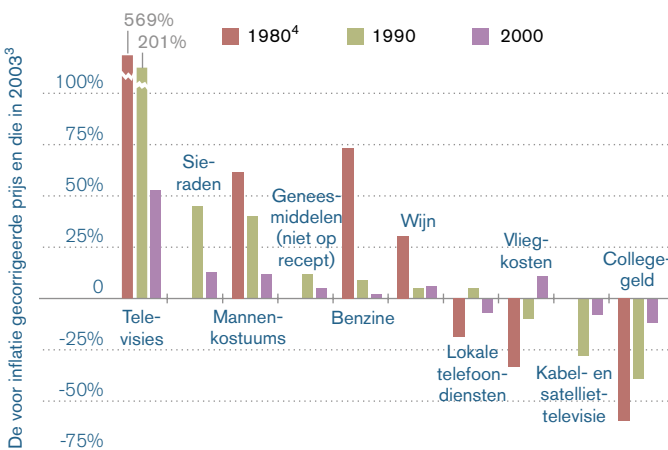
Gemiddeld uitgavenpatroon voor technologie

Toename van uitgaven aan computers en geneesmiddelen compenseert afname voor elektronica en telefoondiensten.

	Percentage van Amerikaanse huishouduitgaven ¹		
	1995	2002	Procentuele verandering
Totaal	5.56%	6.04%	9%
Farmaceutische producten	1.09%	1.37%	26%
Elektronica – producten en diensten	1.76%	1.74%	-2%
Telefoondiensten	2.36%	2.32%	-2%
Computerproducten en -diensten	0.35%	0.61%	74%

Vroegere prijzen vergeleken met die van 2003

Deze tabel vergelijkt de prijs van dingen in voorgaande jaren met wat ze kostten in 2003, rekening houdend met de inflatie. In 1980 kostte een televisie bijvoorbeeld 569 procent meer dan in 2003.

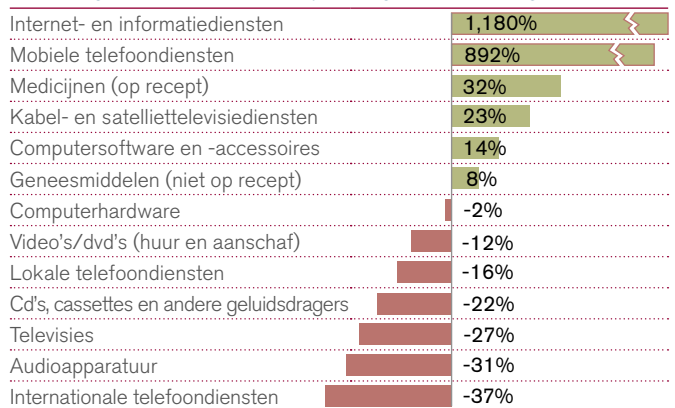


¹ DE GEGEVENS VOOR 1995 ZIJN VERZAMELD TUSSEN 1993 EN 1995 EN GEPUBLICEERD IN 1997. DE GEGEVENS VOOR 2002 ZIJN VERZAMELD IN 2001 EN 2002 EN GEPUBLICEERD IN 2003. BRON: TECHNOLOGY REVIEW, GEBASEERD OP GEGEVENS UIT DE CONSUMER PRICE INDEX VAN HET BUREAU OF LABOR STATISTICS. ² PRIJZEN GECORRIGEERD VOOR INFLATIE NAAR DE DOLLAR VAN 2004. DE BEREKENINGEN VOOR GENEESMIDDELEN OP RECEPT VOOR 2003 EN 2004 ZIJN SCHATTINGEN. BEREKENING VAN UITGAVEN AAN GENEESMIDDELEN IN 2004 IS GEBASEERD OP HUISHOUDTELLING VAN 2003. BRON: TECHNOLOGY REVIEW, GEBASEERD OP GEGEVENS VAN DE CONSUMER ELECTRONICS ASSOCIATION, DE CENTERS FOR MEDICARE AND MEDICAID, FCC, EN HET BUREAU OF LABOR STATISTICS. ³ PRIJZEN ZIJN GECORRIGEERD VOOR INFLATIE NAAR DE DOLLAR VAN 2003. BRON: TECHNOLOGY REVIEW, GEBASEERD OP GEGEVENS UIT DE CONSUMER PRICE INDEX VAN HET BUREAU OF LABOR STATISTICS. ⁴ INDIEN BESCHIKBAAR.

Uitgavenpatroon voor technologische producten

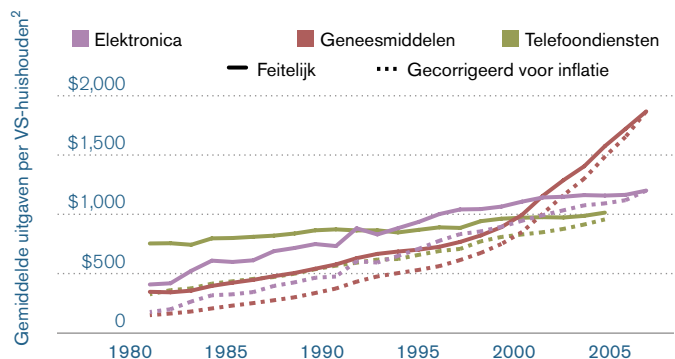
De uitgaven aan internetdiensten werden bijna twaalf keer zo hoog, tot 0,25 procent per huishoudinkomen – dat is meer dan uitgegeven wordt aan kranten en tijdschriften.

Verandering tussen 1995 en 2002 als percentage van huishouduitgaven in Amerika¹



Uitgavenpatroon in het verleden

In 1980 gaven Amerikanen meer uit aan telefoondiensten dan aan geneesmiddelen. Tegenwoordig geldt het omgekeerde.





Portrettist van de aarde

Arthur Robinson combineerde kunst en wetenschap om een van de grootste problemen in de cartografie te overwinnen.

ANDREW P. MADDEN

ARTHUR ROBINSON, de cartograaf en geograaf die bekendheid verwierf met zijn elegante oplossing voor een ingewikkelde cartografische kwestie, is 10 oktober jongstleden op 89-jarige leeftijd overleden. Hij combineerde een gevoel voor esthetische zuiverheid met wiskundige, wetenschappelijke nauwkeurigheid om de mercatorprojectie, een manier die bijna vier eeuwen lang algemeen gebruikt werd om de ronde aarde op een plat oppervlak weer te geven, opnieuw te verbeelden.

In 1569 ontwierp de Vlaamse cartograaf Gerard Mercator een kaart van de wereld op een plat oppervlak, in tegenstelling tot een wereldbol. Zo'n kaart zou met name bijzonder praktisch zijn voor zeevaarders. In de loop van het proces werd Mercator echter geconfronteerd met het bekende probleem: hoe kan een rond oppervlak correct worden weergegeven op een plat vlak?

Mercator kwam met een degelijke oplossing, die meer gestoeld was op wiskundige overwegingen dan op esthetische. Uiteindelijk stelden zijn aanpassingen cartografen in staat om kaarten te maken waarmee zeevaarders uitstekend konden navigeren. De optische vertekeningen die Mercators projectie met

zich mee bracht waren echter een bron van ontsteltenis voor zowel cartografen als estheten: zijn methode had als gevolg dat Groenland groter leek dan Zuid-Amerika, terwijl het in werkelijkheid ongeveer net zo groot is als Mexico.

Tijdens een interview met de *Chicago Tribune* in 1989 legde Arthur Robinson het probleem als volgt uit: "Je neemt een sinaasappel en tekent er iets op, laten we zeggen een gezicht. Dan pel je voorzichtig de schil eraf, waarbij je je best doet hem heel te houden, en legt hem plat op de keukentafel. Je zult zien dat als je een tweedimensionaal object maakt van iets ronds, er iets zal moeten veranderen. Of het gezicht wordt vervormd en ziet er helemaal platgeslagen uit, of de schil breekt in stukken bij het platleggen, waarbij het gezicht ook in verschillende onderdelen uiteenvalt. Een cartograaf moet uit een aantal van dit soort mogelijkheden de minst slechte kiezen."

In 1963 ontwierp Robinson in opdracht van uitgeverij Rand McNally zijn eigen projectie, een taak waar hij het artistieke inzicht van een kunstenaar in verwerkte. Hij begon met het schetsen van een kaart die zowel in vorm als in grootte de wereld correcter weergaf dan bij de methode van Mercator het geval was. Daarna rekende hij een wiskundige versie van deze kaart uit. Het eindresultaat was een beeldende weergave van de wereld die bij de polen minder vervormd was. De projectie van Robinson werd gebruikt in een aantal atlassen van Rand McNally en werd ook door de National Geographic Society gekozen tot hun voornaamste wereldkaart.

Zowel voor Robinson als voor Mercator bestond cartografie uit veel meer dan het aanbrenge van wiskundige correcties. Robinson beweerde zelfs dat cartografie een belangrijke vorm van intellectuele en symbolische expressie was. In zijn boek *Early Thematic Mapping in the History of Cartography* schreef hij dat "de kunst van cartografie net zulk diepgaand werk was als het uitvinden van een getallensysteem... De afname van de realiteit in combinatie met het ontwerpen van een overeenkomstige ruimte vereist werkelijk een prestatie in abstract denkwerk van het allerhoogste niveau..."

Robinson begon met het ontwerpen van kaarten voor aardrijkskundeboeken toen hij doceerde aan de universiteit van Wisconsin. In 1941 werd hij gerekruteerd door het Amerikaanse Office of Strategic Services (OSS), een voorloper van de CIA, om bij de cartografische afdeling te komen werken. In de loop van de Tweede Wereldoorlog werd Robinson hoofd van de cartografische afdeling van de OSS, waar hij leiding gaf aan vijftig professionele cartografen en bijna 5000 kaarten ontwikkelde ten dienste van de oorlogsvoering.

In 1945 werd Robinson aangenomen als docent aan de afdeling geografie van de universiteit van Wisconsin. Gedurende 35 jaar ontwikkelde daar hij het beste onderwijsprogramma in zijn vakgebied en gaf colleges over cartografie en fysische geografie, tot aan zijn pensioen in 1980. Volgens een van de beschrijvingen van de Amerikaanse cartografie heeft hij in deze periode "de positie verworven van onofficiële voorzitter van de Amerikaanse wetenschappelijke cartografen".

Naast zijn status als leermeester en de verbeterde positie van cartografie aan de Amerikaanse universiteiten zal Robinsons nalatenschap waarschijnlijk voor een groot deel bestaan uit de nadruk die hij heeft gelegd op de visuele pracht die kaarten eigen is. Cartografie wordt immers, zoals Robinson graag benadrukte, vaak beschouwd als "de oudste der grafische kunsten"; en hij was van mening dat een elegante kaart "altijd net zo veel recht heeft op een plek aan de muur als een schilderij". ■