

Het Dossier  
**FOTONICA**

Schakelen  
met licht

*Duitse kerncentrales Osama-proof  
Wonderchip met hersens  
Hoogbouw na 11 september*

# De Ingenieur

Officieel orgaan van KIVI en NIRIA

**TECHNOLOGIETIJDSCRIFT**

Het Ontwerp

Elektronische  
contrabas



## De lichtcomputer



*Amerikaanse  
droomtechniek*



14 DECEMBER 2001 • NUMMER 22-23  
fl 9,90 / Bfr 185 • € 4,50





# Nieuws

## De Ingenieur

ONDER REDACTIE VAN  
MARCEL CROK  
REDACTIE@INGENIEUR.NL  
M.M.V. ERWIN VAN DEN BRINK,  
ROY KEERIS EN YVONNE LUIK



PAGINA

82

*Balgstuwkering beschadigd  
Robots lichten Ehime Maru  
Shell gaat boren bij Sakhalin*

MEER NIEUWS: [WWW.INGENIEUR.NL](http://WWW.INGENIEUR.NL)

### TRANSPORT

## NIEUWE AANDRIJVING TREINEN

Of de magneet zweeftrein realiteit wordt in Nederland is te bezien, maar Arcadis komt nu met een idee om de huidige treinen te verbeteren met een extra magneetaandrijving. Hiermee kunnen treinen sneller accelereren en de bestaande rails en treinen hoeven enkel aangepast te worden.

In testberekeningen van Arcadis boekte een stoptrein met dit systeem tussen Amersfoort en Zwolle een tijdswinst van zeven á acht minuten. Omdat de stoptrein een hogere gemiddelde snelheid krijgt, wordt de capaciteit per spoor groter. Een sneltrein hoeft namelijk niet meer op de stoptrein te wachten of deze in te halen via een ander spoor.

Een lineaire motor levert het extra vermogen bij het versnellen, net als bij de magneet zweeftrein. Deze motor bestaat uit een rotor die in het bestaande draaistel van de trein is opgenomen en een stator die in de spoorbaan is ingebouwd. Het magneetveld in de rotor wordt steeds opgepoold. Hierdoor wordt de stator die een vast magnetische veld heeft, afwisselend afgestoten of aangetrokken waardoor de trein versnelt.

*Sondeerstang met daarboven de pers die de stang de grond in moet drukken. De meetkabel komt aan de bovenzijde uit de sondeerstang. Aan de zijkant de hydraulische slang waardoor de bentonietspoeling wordt aangevoerd.*

### GEOTECHNIEK

## SONDERING REIKT TOT 103 M DIEPTE

*GeoDelft is erin geslaagd een sondering uit te voeren tot een diepte van ruim 103 m. Het Delftse onderzoeksinstituut deed de metingen op de Hondsrug in Drenthe voor een waterwinningsbedrijf. Het geheim is een verbeterd bentonietmengsel.*

Bodemmetingen op grote diepte worden steeds belangrijker. Bouwprojecten gaan steeds verder de grond in en ook voor bijvoorbeeld warmteopslag is kennis van de bodem van belang. Ing. Hans van de Velde van GeoDelft: 'Onder Amsterdam CS gaan ze een nieuw station bouwen voor de Noord-zuidlijn. De funderingspalen komen tot een diepte van 70 m. De bodemgesteldheid daaronder wil je ook graag kennen. Soms kan ook vervuiling op



FOTO GEODELFT

grote diepte zitten.'

Sonderen is een van de technieken waarmee de ondergrond in kaart gebracht kan worden. De punt van de sondeerstang bestaat uit een conus van 36 mm doorsnede. De apparatuur in de conus meet de druk op de conuspunt, de waterspanning en de wrijving tussen de conus en de grond. 'Bij het penetreren van de grond drukt de conus de grond weg. Als de conus voorbij is, veert de grond terug. Dat levert wrijving op. Tot voor kort konden we met een sondering niet verder komen dan 50 m diepte vanwege die wrijvingskrachten. Inmiddels hebben we echter een verbeterd bentonietmengsel ontwikkeld dat als smeermiddel precies de goede eigenschappen heeft: goede smerende werking, goed te verpompen en het mengsel dicht de poriën in de grond goed af, zodat het bentoniet niet te snel wegvloeit. Dit is met name van belang voor poreuze zandlagen.'

Begin november bereikte GeoDelft op een zandlaag in Drenthe een diepte van 103 m en 21 cm. Een nieuw Nederlands record. 'In de laatste ijstijd, 20 000 jaar geleden, zijn geologische formaties in dit gebied opgestuwd, waardoor scheve structuren zijn ontstaan. We hebben die scheefte kunnen bepalen. Om de sonde weg te drukken was slechts een kracht van 12 ton nodig. Aangezien de meeste sondeerwagens een kracht kunnen leveren van 20 ton verwachten we dat nog grotere sondeerdieptes mogelijk moeten zijn.'

[www.geodelft.nl](http://www.geodelft.nl)

# BOLLEBOZEN ZITTEN BIJ TECHNISCHE NATUURKUNDE

De studenten Technische Natuurkunde hebben de wetenschapsquiz van de Universiteit Twente gewonnen. Klvl AJL Oost had in samenwerking met Studium Generale de quiz ter gelegenheid van het achtste lustrum van de UT georganiseerd. Elke UT-opleiding leverde een team en een vraag voor de quiz. Daarnaast was er ook een VIP-panel, bestaande uit vijf personen, dat geregeld toelichting mocht geven op de antwoorden van de teams. Presentatoren van de quiz waren prof.dr. Frans van Vught, rector magnificus van de UT en dr.ir. Peter van der Hoogt, universitair docent werktuigbouwkunde. De vragen wer-

den aangekleed met in rook opgaande proefopstellingen, filmfragmenten en verhelderende demonstraties. Opvallend was dat de studenten Toegepaste Onderwijskunde in de eerste tussenstand met glans bovenaan stonden. Uiteindelijk verloren ze toch van de meer technische disciplines. Technische natuurkunde mocht zich na de quiz de 'slimste opleiding' noemen. Elektrotechniek en Toegepaste Wiskunde deelden de tweede plaats. Lutger Kunst, student informatica, was



Demonstratie bij een van de quizvragen, die luidde: bij een neutralisatiereactie ontstaat een neutrale oplossing. Antwoord: a) altijd, b) nooit of c) soms. Het correcte antwoord staat op zijn kop onder aan dit kader.

de beste individuele speler. Theo Last, docent van het jaar 2001, werd benoemd tot het slimste VIP-panellid. Van Vught was zeer tevreden over de quiz en heeft het Klvl en Studium Generale opgeroepen om komend jaar opnieuw een wetenschapsquiz te organiseren.

[www.utwente.nl/kivi/wetenschapsquiz/](http://www.utwente.nl/kivi/wetenschapsquiz/)

Antwoord: c

# BALGSTUWKERING IS BESCHADIGD

*De balgstuwkering bij Ramspol, een waterkering die alleen zichtbaar wordt bij extreem hoog water, is beschadigd. Dit is gebleken bij een test waarbij de drie opblaasbare balgen, die West-Overijssel moeten beschermen tegen mogelijke overstromingen, werden gevuld met lucht. De beschadigingen zitten aan de binnenzijde van het doek.*

Het Ketelmeer ligt in een soort trechter van het IJsselmeer. Als de IJssel en de Vecht veel water aanvoeren en er bovendien een noordwesterstorm staat, wordt het water in het meer opgestuwd. Hierbij ontstaat overstromingsgevaar in West-Overijssel. De balgstuwkering moet in zulke gevallen het Zwarte Water afsluiten van het Ketelmeer. De drie balgen die op de bodem liggen, worden dan 'opgeblazen' door er water en lucht in te pompen. Wat de beschadiging precies heeft veroorzaakt, is nog niet duidelijk, maar HBG Civiel gaat dit onderzoeken. Hiertoe zal de aannemer de balgen eerst testen in een droge kuip. Er worden dan twee dammen

aan weerskanten van de balg geplaatst en het water ertussen weggepompt. De balgstuw is ontwikkeld volgens de *design and construct*-methode. Gewoonlijk maakt de opdrachtgever een ontwerp voordat de aannemer een offerte maakt. Bij de balgstuw echter draagt de aannemer de zorg voor de ontwikkeling, uitvoering en het onderhoud. [www.hbgciviel.nl](http://www.hbgciviel.nl)  
[www.wgs.nl](http://www.wgs.nl)



De balgstuw in een afgesloten kuip, gevormd door twee dammen, in de zomer van 2001.

# AIRBUS CRASH

De Airbus van American Airlines die op 12 november neerstortte bij Belle Harbor (New York), verloor eerst zijn staartvin en daarna beide motoren. Het vliegtuig is dus niet verongelukt door het bezwijken van de motorophanging, zoals in *De Ingenieur* nr. 21 (23-II-2001) stond.

Het toestel vertrok 105 s na een Japanse jumbojet van dezelfde startbaan en is vermoedelijk terechtgekomen in het kielzog van dit vliegtuig, waarin gewoonlijk sterke turbulentie heerst. De A-300-600 werd eerst heen en weer geslingerd met een kracht van 0,1 G, daarna nog tweemaal met 0,3 G en 0,4 G naar rechts en tenslotte met 0,3 G naar links. Dat kan worden opgemaakt uit de teruggevonden zwarte doos. De turbulentie is vermoedelijk de oorzaak van het afbreken van de staart. Mogelijk heeft ook de besturing niet goed gewerkt. Het neergestorte vliegtuig was in 1994 ook betrokken bij een turbulentie-incident. Inspectie bracht toen geen schade aan het licht.

Een andere Airbus van America Airlines had in 1999 soortgelijke besturingsproblemen als waarvoor nu aanwijzingen zijn gevonden. Een onderhoudsmonteur bleek nadien kabels verkeerd te hebben verbonden. De National Transport Safety Board (NTSB) denkt dat het onderzoek een jaar kost.

[www.nts.gov](http://www.nts.gov)

KENGETALLEN	
PER BALG	
LIGGING	4,65 m onder NAP
HOOGTE	8 m
LENGTE BENEDEN	60 m
BOVEN	80 m
LENGTE DOEK	24,3 m
INHOUD	3,5 miljoen liter water en 3,5 miljoen liter lucht
DIKTE DOEK	1,6 cm
MATERIAAL	Rubber versterkt met nylonvezels
GEWICHT BALG	33 ton
OPBLAASTIJD	60 min.
LEEGLOOPTIJD	180 min.

## PRIJSVRAAG JAPAN

De Japanse tekst in *De Ingenieur* nr. 19 (26-10-2001) betekent zowel 'Japanse bouwkunst' als 'Japanse architectuur'. De jury heeft onder de vele goede inzendingen vijf boeken verlost. De winnaars zijn: Jochem Hilberink (Geldrop), A.J. Vermeulen (Voorburg), L.F. Willems (Eindhoven), dr.ir. A. Ketelaars (Zaltbommel) en ir. Peter Stutvoet (Eindhoven).

Zij ontvangen het boek *Bouwen in Japan* thuis.



DUURZAME ENERGIE

# FORSE GROEI WINDMOLENPARK

Het aandeel duurzame energie is de afgelopen tien jaar verdubbeld van 0,6 tot 1,2 % van de Nederlandse energievoorziening. Dat blijkt uit cijfers van het CBS en Novem, de Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu. Windenergie is de grote winnaar onder de duurzame energiebronnen, ondanks de grote weerstand die er de laatste jaren in de samenleving bestaat tegen windmolens. In 2000 droeg wind voor 18 %

bij aan de totale productie van duurzame energie. In 1990 was dat slechts 2,8 %. Het opgestelde vermogen aan windmolens is

opgelopen tot 442 MW. De doelstelling van de overheid, 1000 MW in 2000, is echter lang niet gehaald. Het aantal zonnepanelen systemen is gestegen van 2000 in 1990 tot 50 000 in 2000. Het geïnstalleerde vermogen aan fotovoltaïsche zonnecellen werd zestien maal zo groot, maar levert met 1,3 % nog altijd een bescheiden bijdrage aan het totaal. Duurzame energiebronnen moeten het nog altijd afleggen tegen bio-energie. Driekwart van de duurzame energie is afkomstig van afvalverbranding, biomassa-afvalverbranding en -vergisting. Met name het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales neemt de laatste jaren toe.

[www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)

Duurzame Energiebronnen	1990	2000
Waterkracht	22,2	37,3
Windenergie	14,6	216,8
Zonne-energie (fotovoltaïsch)	0,1	2,1
Zonne-energie (thermisch)	2,4	13,1
Warmtepompen	0,0	19,8
Warmte/Koude opslag	0,4	14,9
<b>Bio-energie</b>		
Afvalverbranding	199,4	366,4
Biomassa-afvalverbranding	204,6	337,2
Biomassa-afvergisting	82,7	174,1
<b>Totaal</b>	<b>526,4</b>	<b>1181,6</b>
<b>Aandeel in de totale energievoorziening</b>	<b>0,6%</b>	<b>1,2%</b>

Uitgespaarde fossiele brandstof door winning van duurzame energie, uitgedrukt in miljoenen m<sup>3</sup> aardgasequivalenten.

PRIJSVRAAG

## BETONPRIJS VOOR BIEB

De stadsbibliotheek in Roermond heeft in de categorie utiliteitsbouw de Betonprijs 2001 gewonnen. De jury kwam tot deze keuze door de brede toepassing van beton in het gebouw en het prachtige gebruik van zij- en bovenlicht. De brug over de Zuid Willemsvaart bij Veghel is in de categorie bruggen en viaducten de winnaar. De jury noemt het



Brug over de Zuid Willemsvaart.

samengaan van staal met beton erg bijzonder. In de categorie constructies in de waterbouw is de prijs toegekend aan de IJsselkade in Doesburg. Tevens heeft de jury aan het bedrijf Hurks Beton BV een speciale vermelding toegekend vanwege de ontwikkeling van hoogwaardig geprefabriceerd beton.

[www.betonvereniging.nl](http://www.betonvereniging.nl)

VISSERIJ

# ZOMERSTORMEN ZITTEN MOSSELKWEKERS DWARS

De eerste oogst van een nieuwe broedmethode van TNO en het Helderse bedrijf West 6 om mosselbroed in te vangen en op te kweken tot mosselzaad valt tegen. Zomerstormen hebben roet in het eten gooid.

'We zijn blij met de zomerstormen van dit jaar, want daardoor is onze constructie blootgesteld aan extreme condities', zegt ir. Ron Oorschot van TNO MEP in Den Helder. TNO en West 6 willen op een klein oppervlak mosselbroed – mossels van enkele millimeters grootte – invangen met netten en opkweken tot mosselzaad, de mosseltjes van 1 à 2 cm die worden gekocht door de Zeeuwse kwekers. Oorschot: 'Mosselbroed zakt normaal naar mosselzaadbanken en nestelt zich daar. In slechte jaren eten garnalen en krabbetjes het broed op en zitten kwekers, die miljoenen investeren in hun bedrijf, met de handen in het haar. Met de nieuwe broedmethode willen we een vastere opbrengst aan mosselzaad creëren.' Op het Malzwin, niet ver van de Helderse haven en buiten de vaargeul, is een gebied ter grootte van een voetbalveld afgezet met boeien. De boeien zijn met staalkabels aan elkaar

verbonden en vormen een rechthoek in het water. 'Dwars op de staaldraden zijn houten balken bevestigd met daaraan netten van 5 bij 3 m, die de mosselbroed moeten invangen. Met 224 netten heb je een theoretisch oppervlakte beschikbaar van 3000 m<sup>2</sup>. Een stalen kabel aan de onderkant moet het net recht houden. Dat is helaas niet gelukt. Tijdens de stormen ging het zo tekeer dat de onderkant van het net soms boven water kwam. Ook gingen de boeien ten opzichte van elkaar bewegen, zodat de netten in elkaar verstrikt raakten. Voor volgend jaar zullen we een oplossing moeten vinden voor dit probleem.'



Mosselzaad hangt boven de borstelmachine van machinefabriek Bakker. De opbrengst is niet gelijkmatig verdeeld, omdat het net niet altijd strak heeft gehangen.

Niettemin ziet de oogst er indrukwekkend uit. Een kraan haalt de balken een voor een boven water en dropt ze in de borstelmachine die in korte tijd is ontworpen en gebouwd bij machinefabriek Bakker uit Yerseke, een bedrijf dat dergelijke machines ook ontwikkeld voor Noorse bedrijven. Ontwerper ing. Maarten Dieleman van Bakker: 'De mossel in de Waddenzee heeft te maken met sterkere stroming dan diertjes in Noorse fjorden en hecht zich daarom sterker aan de netten. Daar moet je in het ontwerp rekening mee houden. In de praktijk blijkt dat de borstels 1 cm in elkaar moeten draaien om de mossels los te krijgen.'

BOUWKUNDE

## SPAGHETTIBRUG STERKER DAN OOI

Voor de tweede keer organiseerden studenten en medewerkers van de faculteit Civiele Techniek aan de TU Delft de Spaghetti Bruggenbouw Wedstrijd. De winnaars haalden een record met een brug die 145 keer zijn eigen gewicht kon dragen. Zij mogen door naar de negentiende internationale World Open Spaghetti Bridge Building Contest in Canada. Deelnemers mochten één pak spaghetti, lasagne en lijm gebruiken die in de winkel verkrijgbaar zijn. De brug moest een overspanning hebben van 65 cm en een massa



Meer dan 57,1 kg werd zelfs de winnende spaghettibrug net iets te veel.

tussen de 250 en 550 gram. Het wegdek moet bestaan uit lasagne. De brug werd vooraf aan de wedstrijd gebouwd. 'De brug die het grootste aantal keren zijn gewicht kan dragen is de winnaar', vertelt Ruben Jongejan. De Delftse student won vorig jaar de internationale wedstrijd. Sjaak Bloemberg en Paddy Milford bouwden dit jaar de winnen-

de brug van 391 gram. Deze brug droeg 57,1 kg voordat hij krakend ineenzakte. Nieuw dit jaar was de Teambouwwedstrijd, waarbij de deelnemende teams ter plekke binnen drie uur een bouwwerk moeten maken. Ze weten van tevoren nog niet wat voor gebouw ze in elkaar moeten zetten. De opdracht was het maken van een zo licht mogelijke toren van 75 cm hoog en met een draagkracht van twee kilo. De toren van het winnende team bleek zelfs vier kilo aan te kunnen.

OFF-SHORE

# SMIT BERGT SCHIP OP 600 M DIEPTE

Smit Internationale heeft voor de Amerikaanse marine de Japanse vissersboot Ehime Maru van de zeebodem gebaald. De boot lag op 600 m diepte. Robots deden het werk op de zeebodem.

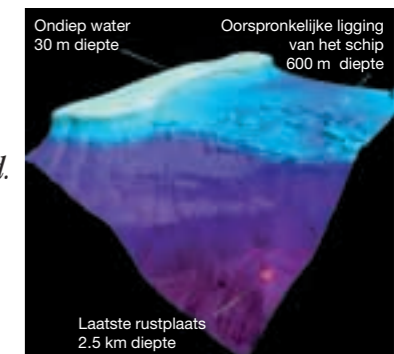
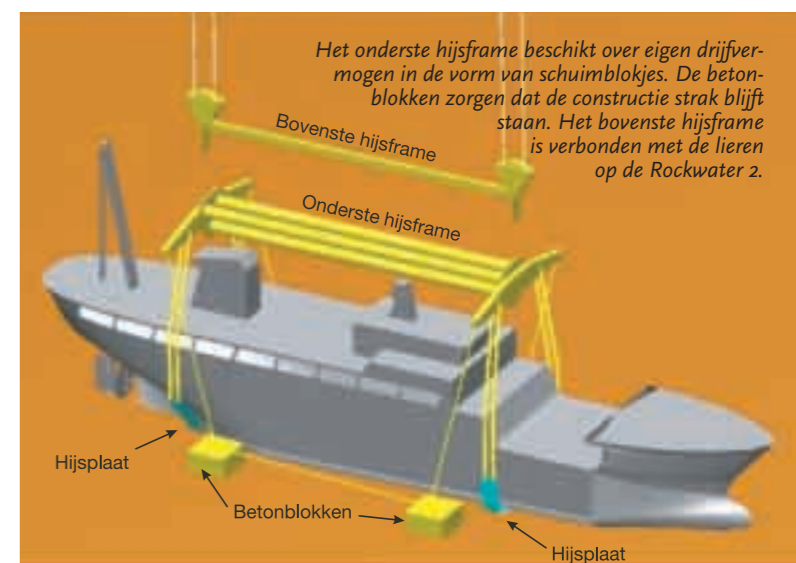


Duiker aan boord van de Ehime Maru na de berging door Smit.

onderzeeboot. Negen mensen kwamen om. Als zoenoffer aan Japan besloot de Amerikaanse regering het schip te bergen. Daarna verliep alles volgens plan. De hijsplaten zaten gekoppeld aan een hijsframe met eigen drijfvermogen. Dat werd door de Amerikaanse marine heeft weinig ruchtbaarheid gegeven aan het project en bovendien vond de berging plaats in dezelfde periode als het ruimen van de Koersk. Aanvankelijk wilden de Amerikanen twee kabels onder de boot door trekken. 'Met hoge waterdruk probeerden we metalen buizen onder het schip door te boren. Dit is op land een beproefde methode die we ook uitgebreid in de Verenigde Staten getest hadden. De bodem bleek echter zo hard dat we er niet doorheen kwamen.'

De bergers gingen over op een andere techniek, de eigenlijke Smit-Tak-methode. 'Eerst hebben we het achterste deel van het schip iets gelicht en brachten we een metalen hijsplaat aan. De voorkant van het schip zakte daarbij helaas in de bodem weg, die omgewoeld was door het vele boren. We zijn enkele weken bezig geweest met baggeren om het schip weer vrij te krijgen. Uiteindelijk hebben we tijdelijke hijskabels aan de

ankerkluisen bevestigd om de voorkant iets te tillen en de hijsplaat eronder te krijgen. Dat was kritisch want er zat een knik in het schip. Daarna verliep alles volgens plan. De hijsplaten zaten gekoppeld aan een hijsframe met eigen drijfvermogen. Dat werd door de ROV's vastgemaakt aan het bovenste hijsframe dat verbonden is met de hijsinstallatie op ons bergingsschip de Rockwater 2.'



Linksboven de plek waar de lijk zijn geborgen, rechtsboven de ligging van het gezonken schip en rechtsonder het zeegrav.

ondiep water en daar overgedragen aan de Amerikanen. Na de berging van acht van de negen vermiste lichamen en bezittingen is het schip afgezonken op ongeveer 2,5 km diepte. [www.cpf.navy.mil/greenville.html](http://www.cpf.navy.mil/greenville.html) [www.smit-tak.com](http://www.smit-tak.com)

(ADVERTENTIE)

## Keramiek

Van baksteen tot synthetisch bot

Paul Bormans

Prijs f 82,50 / 1510 Bfr. 216 pagina's in kleur

Bestellen met de bestelbon achter in dit nummer, of bel 0(031)76-5733781



Een multidisciplinair team van de Indiana University in Indianapolis is bezig met het digitaal archiveren van archeologische vindplaatsen die gevaar lopen te verdwijnen. Iedereen kan straks op internet een virtuele tour maken, beelden van de plek bekijken en naar bijpassende geluiden luisteren.

Het project dat bekend staat als Clloh (Cultural digital Library Indexing Our Heritage) is vernoemd naar de Griekse godin van de geschiedenis. Het doel van het project is om archeologische plaatsen te bewaren voor komende generaties. Deze zijn namelijk niet altijd veilig voor het weer, oorlogen en nieuwe ontwikkelingen.

INFORMATIETECHNOLOGIE

TEPELS DIGITAAL BEWAREN

Een voorbeeld hiervan zijn de twee gigantische boeddha-beelden in Afghanistan die de Taliban eerder dit jaar vernietigde. Deze beelden, waarvan een ruim 50 meter hoog, zijn in de derde en vijfde eeuw uit een berg beeldhouwd.

'We willen eigenlijk twee dingen beschikbaar maken voor educatieve



Een tempelcomplex van de Maya's in Uxmal.

doeleinden', vertelt prof. Palakal van het Department of Computer and Information Science aan de Indiana University. 'Energijds willen we de data online zetten en anderzijds applicaties waarmee deze bekeken kunnen worden.' De medewerkers van het project zijn zelfs in staat om ruïnes digitaal te repareren zodat het er uit ziet zoals vroeger. Onder leiding van Susan Tennant heeft een team van professoren en studenten inmiddels twee Maya-plaatsen in Mexico bezocht, namelijk Chichen Itza en Uxmal. Het team maakte duizend foto's en meer dan tien uur aan film van de vervallen tempels. Onlangs werd Clloh beloond met 250 000 dollar aan subsidie van het Institute of Museum and Library Services.

BEVEILIGING

TUNNELS VAAK ZWART GAT

Ontwerpers moeten bij het ontwerpen van tunnels meer rekening houden met de belichting. Dat kwam naar voren op het symposium Veiligheid en gedrag, dat onlangs bij TNO Technische Menskunde in Soesterberg is gehouden. 'Vooral overdag hebben automobilisten het gevoel een zwart gat in te rijden als ze een tunnel ingaan', zegt drs. Marieke Martens, onderzoeker verkeersgedrag bij TNO. 'Bovendien hebben de meeste tunnels geen vluchtstroken waardoor ze smal lijken. Veel automobilisten reageren hierop door vaart te minderen en naar het midden van de weg te trekken.'

Vooraf aan belichting is volgens Martens iets te doen. Tegenwoordig wordt veel gebruik gemaakt van tegenstraalverlichting bij de tunnelingang, waarbij licht als het ware tegen de verkeersrichting in wordt gestraald, waardoor contrasten in de tunnel beter te zien zijn. 'Je zou het kun-



nen vergelijken met het kijken naar een object in een donkere kamer. De contouren zijn dan niet duidelijk zichtbaar. Plaats je echter een lichtje achter het object, dan zijn de contouren ineens stukken duidelijker', aldus Martens.

Het aanbrengen van een lichte kleur op de wanden maakt de overgang van buiten naar binnen ook een stuk makkelijker. 'Wat overigens ook helpt is het omlaag brengen van het lichtniveau buiten de tunnel. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan beplanting.'

Info: Marieke Martens, [martens@tm.tno.nl](mailto:martens@tm.tno.nl)

Een lichte kleur op de tunnelwanden maakt de overgang van buiten naar binnen makkelijker.

KENNISECONOMIE

WALES OPENT EERSTE SCIENCE PARK

De opening van het eerste Technium-centrum in Wales betekent een stap op weg naar een kenniseconomie. Het in elkaar zetten van auto's en televisies levert niet genoeg meer op.

De kolenmijnen in Wales waren aan het begin van de 20ste eeuw de motor van het Britse Rijk. Ruim 270 000 mensen werkten in het topjaar 1927 in de kolenindustrie. Nu is nog één kolenmijn open en werken er 2000 mensen. Daarna was het de beurt aan de verwerkende industrie. Wales telt momenteel meer dan vijfhonderd buitenlandse fabrikanten van auto's, vliegtuigen en consumentenelektronica. Samen zijn ze goed voor 11 % van het bruto nationaal product van Wales. Econoom Steve Hill, hoogleraar aan de Universiteit van Wales in de hoofdstad Cardiff, vindt echter dat de verwerkende industrie weinig perspectief meer biedt. 'De verwerkende industrie zal snel inkrimpen in Wales en Engeland, omdat grond en personeel duur zijn. Landen in Oost-Europa nemen het stokje over. Het heeft geen zin die structurele ontwikkeling, vergelijkbaar met de inkrimping van de kolenindustrie, tegen te gaan. Beter is om te investeren in kennisgebaseerde sectoren, zoals ICT, financiële dienstverlening, biotechnologie, auto- en luchtvaartindustrie en elektronica.'

De Welsh Development Agency (WDA) ofwel de Awdurdod Datblygu Cymru in mooi Welsh, dat in 1976 door de overheid is opgericht om de economie uit het slop te trekken, denkt evenals Hill dat kenniseconomie de toekomst heeft. Onlangs opende het Technium-centrum, het eerste Science Park van Wales, haar deuren in Swansea. WDA investeert in totaal 170 miljoen gulden in zes



Cardiff Bay, het centrum voor de nieuwe technologie-bedrijven in Wales.



van deze centra. Brian Docherty van Technium: 'We hebben genoeg talent op de universiteiten, maar er komen weinig octrooien uit voort. De meeste studenten in Wales kiezen een baan bij een groot concern in Londen of elders in Zuidoost-Engeland boven het beginnen van een eigen bedrijf. Technium moet die trend keren. De bedoeling is dat bedrijfjes starten op de universiteit en vervolgens twee jaar gebruik kunnen maken van de infrastructuur en de expertise van Technium. Daarna moeten ze op eigen benen kunnen staan. Het eerste Technium-centrum is al vol. Behalve jonge startende ondernemingen zijn ook gerenommeerde bedrijven als Agilent Technologies en ICN Pharmaceuticals er met nieuwe R&D-afdelingen gaan zitten.'

Er komen volgend jaar ook vier Technium-centra met één centraal kennisthema: het AutoTechnium, BioTechnium, DigitalTech-

niium en OpticTechnium. De universiteiten in Wales proberen op hun beurt de kloof tussen het bedrijfsleven en de academische wereld te overbruggen met Centres of Excellence, Canolfannau Rhagoriaeth. De faculteit Informatica van de universiteit Swansea participeert ook in zo'n kennisinstituut. Betty Williams: 'In de omgeving van Swansea behoort 95 % van de bedrijven tot het mkb. Ze beschikken doorgaans niet over academische kennis. Via het IT Network Wales komen de bedrijven met ons en elkaar in contact. Studenten kunnen zomers drie maanden stage lopen bij een mkb. Een derde van de studenten blijft bij het bedrijf na afronding van de studie, 52 % van onze studenten blijft nu in Wales. Voorheen ging liefst 70 % naar Londen en omgeving.' Wales heeft een zeer goede energie- en IT-

infrastructuur. Het grote aantal elektriciteitscentrales is een overblijfsel van de kolenindustrie en het wijdverbreide glasvezelnet, dat tot diep in de bergen reikt, is in de jaren tachtig uit strategische overwegingen door het leger aangelegd. Een walhalla voor internetbedrijven, zoals de International Management Development Academy (IMDA), een online managementopleiding die drie uur per dag streaming video gaat uitzenden. David Brook: 'Dankzij internettechnologie kost een uur televisie maken nu 500 in plaats van 40 000 pond. Kantoorruimte in Cardiff is vier keer goedkoper dan kantoren in Londen. Met duizend managers die 50 pond per maand betalen spelen we in een jaar al quitte.'

- [www.wda.co.uk](http://www.wda.co.uk)
- [www.technium.co.uk](http://www.technium.co.uk)
- [www.ceticwales.com](http://www.ceticwales.com)
- [www.spinoutwales.co.uk](http://www.spinoutwales.co.uk)
- [www.imda.ac](http://www.imda.ac)

GASWINNING

ENERGIE UIT METHAANIJS

In het noorden van Canada onderzoeken wetenschappers de mogelijkheid om energie te halen uit methaanijs. Deze methaanhydraten bestaan uit bevroren methaan omgeven door watermoleculen en komen voor in diepe oceaanafzettingen en in de arctische permafrost. Het Pacific Northwest National Laboratory en het Environmental Laboratory doen hier momenteel onderzoek naar. Ondernemingen uit Duitsland, Canada, India, Japan en de VS zijn bij het project betrokken.

Het US Geological Survey schat dat de waarde van de gashydraten in de VS te vergelijken is met negen biljard kubieke meter aan aardgas. Dit is tweehonderd maal zo veel als het gas uit de conventionele aardgasbronnen en reserves van de VS. Het grootste probleem bij deze gaswinning is het wegvloeiën van energie naar de omgeving tijdens de ontdooiing van de hydraten. Onderzoekers zoeken naar een injectiestof die het gas vrijmaakt. Een ander probleem is het zacht worden van de grond door het ontdooien. Hierdoor kan de zware apparatuur wegzakken. (AP)

- [www.pnl.gov](http://www.pnl.gov)
- [www.oceandrilling.org](http://www.oceandrilling.org)

OPTICA

RÖNTGENFOTO'S DOOR KERNFUSIE

Energieproductie uit kernfusie is misschien nog onzeker, maar voor röntgenfoto's heeft de fusie van waterstofatomen zijn nut al bewezen. Onderzoekers van het plasmalab aan de Cornell University van Ithaca in de staat New York maken bogen-resolutie-röntgenfoto's van kleine objecten met een apparaat bedoeld voor kernfusie. Door de korte belichtingstijd van een nanoseconde kunnen foto's gemaakt worden van snel veranderende objecten.



25 µm wolframdraden 1 mm

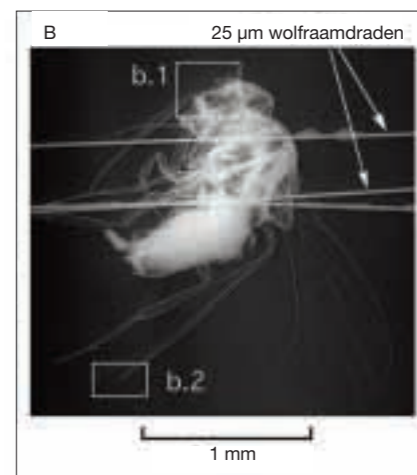
De machine die de foto's maakt stuurt 110 000 Ampère aan stroom door

een vacuümkamer met daarin twee gekruiste draden, gemaakt van molybdeen, wolfram of titanium. De spanning in de draden loopt hierbij op tot 400 000 Volt. Door de sterke stroom exploderen de draden waardoor een plasma gevormd wordt. Een plasma is een gas dat zo heet is dat de atomen uit elkaar vallen.

Het plasma implodeert vervolgens en vormt een of twee plasmapunten van minder dan een micrometer groot, met een dichtheid vergelijkbaar met die van een vaste stof. Gedurende een nanoseconde bedraagt de temperatuur van het plasma tien miljoen graden Celsius. Het plasma zendt daarbij röntgenpulsen uit waarmee de film wordt belicht. De grootte van de röntgenbron bepaalt de resolutie van de uiteindelijke foto's. De onderzoekers haalden een resolutie van 1,5 µm. Een foto van een dode vlieg laat duidelijk structuren zien, zoals kleine haartjes. Binnenkort gaat het Cornell-plasmalab samen met het

Cornell College of Veterinary Medicine bekijken wat voor hulp dit systeem kan bieden aan geneeskunde en biologie.

[www.news.cornell.edu](http://www.news.cornell.edu)



A en B: Röntgenfoto van een fruitvlieg.

Waarom dik doen?



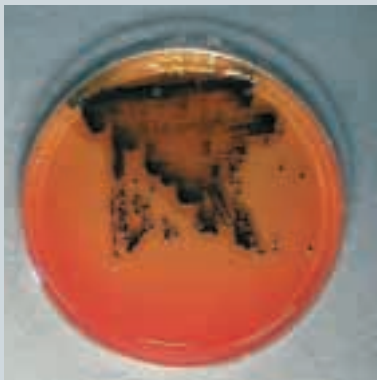
De Grote van Dale op cd-rom

Deze cd-rom bevat de volledige tekst van de laatste editie van de Grote Van Dale. En nog veel meer....

Prijs van f 339 / 6500 Bfr. voor f 269,- / 5380 Bfr.

Bestellen met de bestelkaart achter in dit nummer, of bel 0(031)76-5733781

## SNELLERE DETECTIE SALMONELLA



Het aantonen van salmonella in eieren duurt normaal dagen, zo niet weken. Onderzoekers van het Lawrence Livermore National Laboratory in Californië ontwikkelden een techniek waarmee salmonella straks in een paar uur vastgesteld kan worden.

Onschadelijke vormen van salmonella lijken sterk op de ziekteverwekker, de *enteritidis*-variant. Dit geldt ook voor het DNA van de bacteriën. Door het genetisch materiaal van de goedaardige met die van de kwaadaardige bacillen te vergelijken, hebben de onderzoekers een uniek stukje DNA gevonden in salmonella enteritidis. Deze 'handtekening' vormt de basis van hun detectiemethode. Peter Agron en Gary Anderson van het Lawrence Livermore National Laboratory ontwierpen een complementaire kopie van dit uniek stukje DNA, een *primer*, die graag

Momenteel moet eerst een kweek van de bacterie gemaakt worden om salmonella enteritidis aan te tonen.

bindt met het DNA van de ziekteverwekker. Deze primer wordt in een Polymerase Chain Reaction (PCR)-machine gebracht, gevolgd door een monster. Is dit monster besmet met salmonella enteritidis, dan zullen de primers zich aan het DNA hechten. De primer initieert dan een aanmaak van miljoenen DNA-kopieën die vervolgens aangetoond kunnen worden. Volgens onderzoekers kan deze detectiemethode in minder dan twee uur plaatsvinden.

De huidige methode bestaat uit het maken van een kweek, wat twee dagen duurt. Het testen van deze kweek op de bacterie kost vervolgens nog een paar dagen.

Volgens een schatting is een op de tienduizend eieren in supermarkten besmet met de bacterie salmonella enteritidis. (AP)

[www.llnl.gov](http://www.llnl.gov)

[www.cdffa.ca.gov/ahfss](http://www.cdffa.ca.gov/ahfss)

[www.cdc.gov](http://www.cdc.gov)

### OLIE- EN GASWINNING

# GROOT SHELL-PROJECT OP EILAND SAKHALIN

Op het eiland Sakhalin werkt een consortium van Shell en twee Japanse bedrijven aan de winning van olie en gas uit twee grote offshore-velden in de Zee van Okhotsk. Er komt een pijplijn van 800 km. Bovendien krijgt Rusland haar eerste LNG-fabriek.

Dat er grote olie- en gasreservoirs in de zee van Okhotsk liggen, wisten de Russen al in de jaren tachtig. Echter door een gebrek aan kennis is er nooit iets mee gedaan. Pas na het uit elkaar vallen van de Sovjet-Unie

mocht het buitenland zich erover buigen. Sinds 1999 is de olieproductie uit het Piltun-Astokhskoye-veld, gelegen in het noorden van het eiland, een feit. Het Sakhalin Energy-consortium hoopt vanaf 2006 ook gas te winnen uit het iets zuidelijker gelegen Lunskoye-veld. Shell is met 55% de grootste aandeelhouder in het project. Daarnaast nemen de Japanse bedrijven Mitsui en Mitsubishi deel aan het consortium, met respectievelijk 25% en 20%.

Voor de export van de producten koos het consortium voor een ijsvrije haven in het zuiden van het eiland bij Prigorodnoye. Voor het transport van het gas en de olie over het land naar de havenplaats leggen de bedrijven een pijpleiding van bijna 800 km aan. Ook zal Sakhalin Energy bij Prigorodnoye een LNG-fabriek bouwen. LNG staat voor Liquefied Natural Gas. Het is aard-

gas dat vloeibaar is gemaakt door koeling. LNG neemt minder ruimte in dan gewoon aardgas en is bovendien zuiverder. Deze LNG-fabriek wordt Ruslands eerste.

Bijzonder is het boor- en productieplatform op het Piltun-Astokhskoye veld. Dit deed ooit dienst in de Canadese polaire wateren. Om het geschikt te maken voor de Zee van Okhotsk is een 14 200 ton zware stalen 'boeiwerk' gebouwd, dat de constructie moet beschermen tegen stormen, golven en ijs. Van Oord uit Utrecht baggerde een funderingsvlak, stortte dat vol steen en

perste later 200 000 m<sup>3</sup> zand in de kern van het platform, zodat het nu staat als een rots. Het totale project kost ongeveer tien miljard dollar. De bronnen in de Zee van Okhotsk zijn goed voor vier miljard vaten ruwe olie en 550 miljard kubieke meter aardgas.



BROUJEFF JONES PHOTOGRAPHY

Het productie-eiland Molikpaq boven het Astokhskoye-veld.

# De ziel van een nieuwe machine

## Licht gaat elektronen in transistoren vervangen

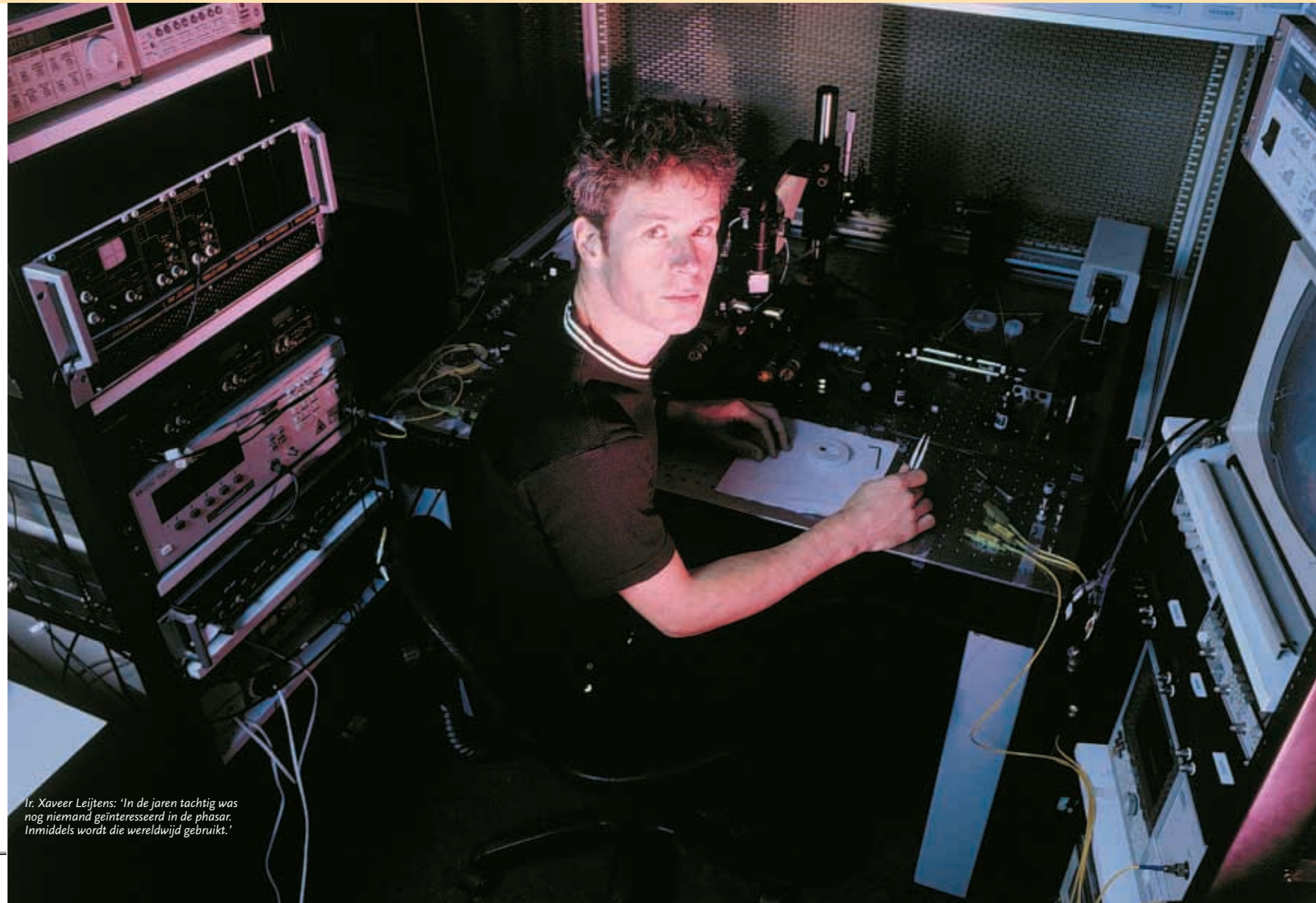
*Het versturen van data in netwerken en het schakelen in transistoren stuit op fundamentele grenzen. Het nog sneller rondpompen van steeds meer elektronen kost enorm veel weerstand. Wie er in slaagt een lichtpuls stil te zetten in een fotonisch kristal, legt de basis voor een schakeltechniek, waarmee een rekentuing is te bouwen, dat een miljoen maal krachtiger is dan de snelste elektronische chip. Licht: de ziel van een nieuwe machine.*

**'DIT IS ER EEN', ZEGT IR. XAVEER LEIJTENS, 'EEN optische chip.'** Op zichzelf lijkt het plaatje halfgeleidermateriaal van 1 cm<sup>2</sup> met daarop een handvol schakelementen niets bijzonders, maar op de chip die Leijtens laat zien, doet rondschijnend licht al het werk in plaats van elektronen. Leijtens werkt voor een onderzoeksgroep van de TU Delft die samen met een aantal wetenschappers van de TU Eindhoven de onderzoeksgroep Opto-Electronic Devices vormen. Binnenkort vestigt het researchteam zich in zijn geheel in de lichtstad.

Leijtens laat ook de voorganger van de chip zien: een forse schoenendoos vol optische elementen. Samen vormden die een *crossconnect*, een kruiswissel, een onderdeel dat twee glasvezelnetwerken met elkaar verbindt. Een verre opvolger van deze chip zou wel eens de optische computer kunnen zijn: een razendsnelle machine die zijn gegevens alleen nog maar in optische vorm verwerkt. Niet alle wetenschappers geloven erin maar ontgenezeggelijk rukt het licht op in de informatietechnologie.

### GLAS

Optische vezels, van glas of plastic, zijn vrijwel transparant voor het infrarode licht met een golflengte van rond de 1550 nm. De golflengten van licht bepalen de kleur (zie kader 'Kabbelende velden'). In de vezel buigt het licht mee met de bochten die de vezel maakt. De wanden van de vezel zijn reflecterend en kaat-



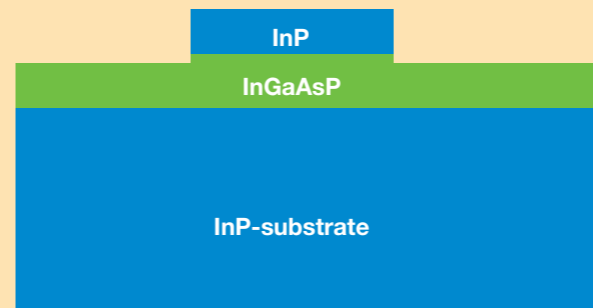
*Ir. Xaveer Leijtens: 'In de jaren tachtig was nog niemand geïnteresseerd in de phasar. Inmiddels wordt die wereldwijd gebruikt.'*

Licht blijft gevangen in golfgeleiders en glasvezels, omdat het medium een hogere brekingsindex heeft dan de buitenwereld. Als het licht maar vlak genoeg

langs het grensvlak scheert, wordt het weerkaatst en komt het niet naar buiten. Hetzelfde zie je als je langs een ruit kijkt: de ruit spiegelt dan, terwijl als je er recht voor

staat, hij het licht doorlaat. Het basismateriaal van de chip is een laagje van extreem zuiver indiumgalliumarsenicumfosfide. Dat is een halfgeleider met als

ingrediënten de metalen indium en gallium plus arsenicum en fosfor. Het laagje 'ingaasp', zoals de Delftse onderzoeker ir. Xaveer Leijtens zegt (naar de chemische formule InGaAsP), is ook transparant voor het gebruikte infrarode licht. Het laagje is 0,6  $\mu$  dik en ligt op een ondergrond van indiumfosfide, InP, dat een lagere brekingsindex heeft (zie afbeelding 7). Door die lagere brekingsindex wordt licht dat onderin de InGaAsP-laag dreigt te ontsnap-



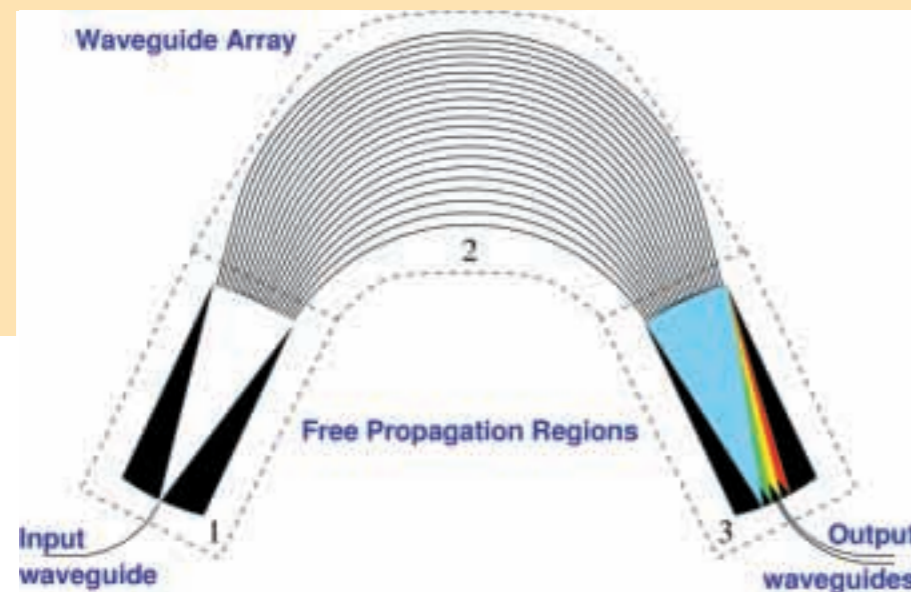
Afbeelding 7: het laagje 'ingaasp' ligt op een ondergrond van indiumfosfide.

pen, teruggespiegeld. Boven de chip zit niets dan lucht, met een brekingsindex van één, zodat

het licht ook in die richting niet weg kan. De golfgeleider wordt gevormd

door een simpel dijke van indiumfosfide dat met conventionele opstechnieken voor halfgeleiders op de chip is aangebracht. Het dijke is 0,2  $\mu$  hoog en 2  $\mu$  breed. Dat is vijftig maal smaller dan een menselijke haar. Ook het dijke heeft een lagere brekingsindex dan het InGaAsP, dus naar boven kan het licht niet ontsnappen. Zijdellings wordt het licht opgesloten doordat het dijke altijd nog een hogere index heeft dan de lucht ernaast. Zijdellings

'ziet' het licht daarom een gemiddeld lagere brekingsindex. Het infraroodlicht ziet de gemiddelde brekingsindex van het 0,6  $\mu$  dikke laagje en de lucht erboven, omdat het geen details kan onderscheiden die kleiner zijn dan de eigen golflengte van ongeveer 1,5  $\mu$ . Hierdoor ontstaat aan de zijkanten een soort virtuele spiegelwand. Het licht verspreidt zich niet in de breedte. Het licht volgt het dijke keurig langs niet al te scherpe bochten.



Afbeelding 2: de phasar. Met de phased array is het mogelijk licht in verschillende golflengten te splitsen.

sen vrijwel al het licht dat wil ontsnappen terug: de vezel werkt als een buis voor licht. En door die buizen kunnen grote hoeveelheden data: 10 Gb/s is inmiddels de standaardnelheid. Dat is duizend lijvige romans of twee speelfilms van twee uur. In laboratoria werken ze aan systemen met 40 Gb/s tot de extreme capaciteit van Tb/s, dat is dus een biljoen enen en nullen per seconde.

Elektrische stroompulsen in elektrische signaalgeleiders kunnen daar niet tegenop. Koperdraden hebben bij dit soort hoeveelheden te veel stroomverlies en te veel ruis. Een in de jaren negentig opgekomen methode is lichtpulsen met verschillende golflengten te versturen.

In de glasvezel wordt een reeks van golflengten gebruikt voor afzonderlijke signalen, die gezamenlijk door de vezel lopen. Dit proces heet Wavelength Division Multiplexing (WDM). Leijtens: 'Ook WDM wordt op steeds lagere takken in de netwerken geïnstalleerd.' In de smalle golflengteband van zo'n

30 nm infraroodlicht passen met de huidige techniek zo'n veertig kanalen, zodat de capaciteit van de vezel met diezelfde factor wordt vermenigvuldigd.

Voor WDM zijn wel golflengte-vaste lichtbronnen nodig, liefst lasers, en methoden om de verschillende kanalen op één vezel te zetten. Daarnaast moet apparatuur de kanalen na aankomst weer scheiden. Die componenten zijn peperduur. 'Een beetje geschikte laser kost tienduizenden guldens', aldus Leijtens. Bovendien zijn ze

groot, en combinaties van verschillende losse onderdelen zijn gevoelig voor storingen. Allemaal redenen waarom de race voor optische chips in volle gang is. Eenmaal in massaproductie zouden die goedkoper zijn, minder ruimte innemen, minder onderhoud vergen en uiteindelijk nog complexere

combinaties van apparatuur mogelijk maken.

Bij de optische crossconnect (zie afbeelding 1) bijvoorbeeld loopt het signaal van het ene naar het andere spoor en vice versa, waarbij de voortplantingsrichting altijd dezelfde is. Die is in staat twee ringleidingen van glasvezels, waaruit optische netwerken bestaan, met elkaar te verbinden. Er zijn twee ingangen en twee uitgangen. Per golflengtekanaal kan met elektronische aansturing worden bepaald of het licht doorgaat op dezelfde ring of overstapt op de naburige vezelring.

## GOLFGELEIDER

Leijtens somt de moeilijkheden op van de onderdelen die nodig zijn voor de optische chip. Die chip is doorzichtig, zodat licht er in alle kanten op schiet. Het eerste probleem is een manier om het licht in vaste banen te leiden: als het ware het stroomdraadje van de optische signaalverwerking. Licht verspreidt zich sferisch, zoals kringen in het water, maar de bedoeling is dat het licht zich lineair voortplant. Daarvoor is de 'optische golfgeleider' ontwikkeld, die het licht in een route dwingt door de optische eigenschappen van verschillende materialen van de chip slim te combineren (zie kader 'Paadjes voor licht').

Als het licht de gewenste banen volgt, doemt het volgende probleem op: de splitsing in verschillende kleuren ofwel golflengten. Elke specifieke kleur is namelijk een kanaal waardoor een signaal kan. De Delftse wetenschappers gebruiken voor dit opsplitsen een vinding die de onderzoeksleider, prof.dr.ir. Meint Smit, in de jaren tachtig al introduceerde: de phasar (zie afbeelding 2), acroniem van *phased array*, gefaseerde rij. 'Er is toen geprobeerd de vinding te octrooieren', zegt Leijtens, 'maar niemand was er in geïnteresseerd. Inmiddels wordt het wereldwijd gebruikt.'

Het licht dat via een golfgeleider binnenkomt, mag in de phasar eerst uitwaaiëren in een driehoekige golfgeleider (1). Aan het eind van de driehoek gaan de lichtgolven een groot aantal golfgeleiders (2) in, die allemaal een iets verschillende lengte hebben. Een lichtgolffront dat bestaat uit verschillende

kleuren licht, dat de golfgeleiders op hetzelfde moment ingaat, komt aan het einde niet helemaal synchroon tevoorschijn. Langs de kortste golfgeleider verschijnt de golf iets eerder, langs de langere golfgeleiders duurt dat wat langer. Het golffront is wat gedraaid.

Het draaieffect pakt voor de verschillende kleuren licht verschillend uit: het golffront voor bijvoorbeeld het rode licht verdraait minder dan die van het blauwe licht. Dat betekent dat rood onder een andere hoek zichtbaar is. Het is gefocust op een punt dat iets meer naar rechts ligt dan het focuspunt van het blauwe: op die manier is het licht in zijn afzonderlijke kleuren gescheiden. In de phasar-uitgang (3) zijn op vier van die punten vier golfgeleiders aangesloten, die het golflengte-gescheiden licht afzonderlijk vervoeren. In omgekeerde richting gebruikt kan de phasar ook dienen om licht van verschillende golflengten samen te voegen.

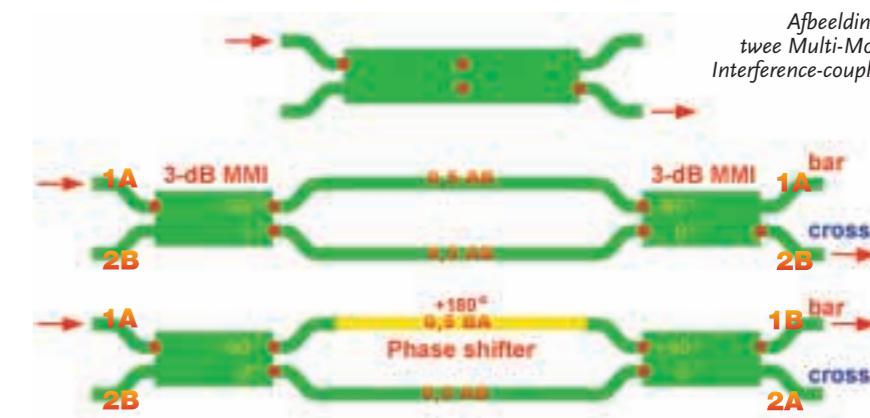
## SCHAKELN

Na de splitsing in kleuren is het licht schakelen de volgende stap. Daarvoor begonnen de Delftenaren met een overbekend optisch effect: interferentie. Bekend was hoe licht dat uit een smalle golfgeleider losgelaten wordt in een brede rechthoekige geleider, uitwaaiert. De lichtgolven in zo'n Multi-Mode-Interference-koppelaar (MMI-coupler) kaatsen tegen de wanden en versterken en verzwakken volgens een stilstaand patroon het interferentiepatroon (zie afbeelding 3 en 4). Dit is te vergelijken met staande golfpatronen op het strand als een bij vloed gevormd meertje tijdens eb in zee leegloopt via een mini-monding. Met de juiste afmetingen kan een MMI-coupler licht van twee golfgeleiders met elkaar combineren en de optelsom van beide signalen verdelen over twee golfgeleiders.

De schakelaar voor licht bestaat uit twee van zulke MMI-couplers (zie afbeelding 5). Het licht van de twee kanalen A en B wordt via de ingangen 1 en 2 in een coupler gelaten. Die voegt ze samen tot een combinatie AB van beide signalen. Het uitgangssignaal AB loopt door twee golfgeleiders naar een tweede MMI-coupler. Daar wordt de combinatie door interferentie weer gesplitst in een signaal A voor uitgang 1 en een signaal B voor uitgang 2. Schakelen doen we echter pas



Afbeelding 5: twee Multi-Mode-Interference-couplers.

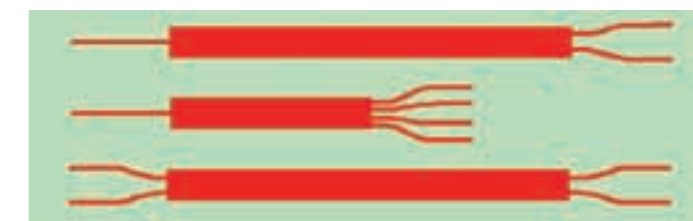


als we signaal A desgewenst over uitgang 2 kunnen sturen en signaal B over uitgang 1.

Daartoe zijn de golfgeleiders tussen de twee couplers voorzien van elektroden. Wanneer we over de bovenste golfgeleider een elektrische spanning aanbrengen, verandert de brekingsindex een beetje. In die golfgeleider heeft het licht een iets hogere snelheid dan in de andere geleider. Die verschuiving is zo in te stellen dat de lichtgolven in de bovenste golfgeleider een halve golflengte achterlopen bij die in de onderste. Bij de recombinatie in de volgende coupler heeft de interferentie nu het effect dat het signaal dat binnenkwam in ingang 1, doorgestuurd wordt naar uitgang 2. Andersom gaat het licht van ingang 2 door naar uitgang 1. Het licht van dit specifieke kanaal wordt nu kruislings doorgeschakeld. De crossconnect kan zo per kanaal licht op de andere ring zetten of op dezelfde ring houden.

## ZENDERCHIPS

Na het sturen, splitsen en schakelen moeten we het licht ook nog opwekken. Daarvoor bestaan zenderchips, laat Leijtens zien, die elektrische signalen omzetten in licht. De Delfts-



Afbeelding 3 en 4: het versterken en verzwakken van het interferentiepatroon.



## KABELLENDE VELDEN

Licht is één van de meest fundamentele natuurkundige verschijnselen. Zichtbaar licht speelt een grote rol in de menselijke waarneming, maar ook veel onzichtbare soorten straling zijn eigenlijk hetzelfde fenomeen. Radiogolven, microgolven, infrarood licht, ultraviolet licht, röntgen- en gammastraling zijn eigenlijk allemaal licht: een zich voortplantende trilling in het elektromagnetisch veld. Het elektrische veld en het magnetische veld hebben in elk punt in de ruimte een richting en een sterkte. De Maxwell-vergelijkingen beschrijven hoe de beide velden met elkaar samenhangen. De Britse natuurkundige James Clerk Maxwell (1831-1879) stelde ze in de negentiende eeuw op en hij bracht daarmee de waarnemingen van eerdere experimenten met de vergelijkingen onder één noemer. Maxwell poneerde dat een verandering in het elektrische veld een magnetisch veld veroorzaakt,

en een verandering in het magnetische veld een elektrisch veld. Een voortdurend veranderend elektrisch veld heeft zo een continu veranderend magnetisch veld tot gevolg, dat weer een veranderend elektrisch veld oproept. De richtingen van beide velden staan hierbij loodrecht op elkaar. Uit de Maxwell-vergelijkingen volgt verder dat de trilling zich als een golf voortplant in de ruimte, ongeveer zoals een golf in het water. Deze elektro-magnetische golf is licht. De voortplantingsrichting is de derde mogelijke richting loodrecht op beide trillende velden. De snelheid is de beroemde lichtsnelheid: 299 792 500 m/s. Hoe groter de trilsnelheid of frequentie, hoe kleiner de afstand tussen twee naburige golftoppen. Dit is de golflengte van het licht. Zichtbaar licht is licht met een golflengte tussen 400 nm en 800 nm. Infrarood licht, micro- en radiogolven hebben langere

golflengten; ultraviolet licht, röntgenstraling en gammastraling kortere. De felheid van het licht, ofwel de intensiteit, hangt af van de hoogte van de golven: de maximale uitslag van het elektromagnetische veld. De theorie van Maxwell geldt voor licht in vacuüm, maar in aangepaste vorm gaat hij ook op binnen transparante stoffen als glas of halfgeleidermaterialen, alleen is de lichtsnelheid daar lager. De factor waarmee de lichtsnelheid afneemt, is de brekingsindex. Bij de overgang tussen twee materialen met verschillende brekingsindices 'breekt' het licht: het verandert van richting. Dit is bijvoorbeeld te zien aan de schijnbare knik in een stok die in het water steekt. Ook kaatst bij een dergelijke overgang een deel van of al het licht. Dit verschijnsel wordt aangewend in glasvezels, golfgeleiders en veel andere optische componenten.

Eindhovenese groep werkt hiervoor aan batterijen minieme lasers die pulsen van verschillende golflengten uit kunnen zenden.

Een speciaal halfgeleidermateriaal, de Semiconductor Optical Amplifier, wekt onder invloed van een elektrische spanning licht op. Een deel van dit licht wordt tussen twee spiegeloppervlakken aan de uiteinden van het kanaal heen en weer gekaatst en onderweg steeds versterkt. Door één van de spiegels kan wat licht weglekken voor gebruik in het netwerk. Dit is het principe van een laser.

De toevoeging van de Delftse groep is het gebruik van een phasar in een kanaal waarin het licht heen en weer wordt gekaatst. Die selecteert de gewenste golflengte precies. 'Dit is nog experimenteel', waarschuwt Leijtens, terwijl hij de zenderchip laat zien. 'Dingen die hier op lijken beginnen net op de markt te komen. Nu worden voor dit soort dingen nog losse componenten gebruikt.'

Ontvangers maken, nadat de golflengten met een phasar van elkaar gescheiden zijn, gebruik van fotodiodes als detectoren. Die zetten de lichtpulsen om in elektrische pulsen. Met elementen als zenders, versterkers, ontvangers, schakelaars en phasars zijn vrijwel alle mogelijke bewerkingen te doen die nodig zijn in glasvezelnetwerken.

### ARGO

Enkele Delftse onderzoekers zijn een bedrijfje begonnen, dat binnenkort een optische chip op de markt wil brengen. Bij Threefivephotonics in Delft werkt een aantal wetenschappers die bij de Delftse onderzoeksgroep zijn gepromoveerd. Argo heet de chip, die over enkele maanden moet uitkomen. 'We willen nog niet in de krant hebben wat de chip precies doet', zegt bedrijfsleider Wouter Deelman, die wel kwijt wil dat de chip is bedoeld voor optische netwerken en minstens duizenden gulden per stuk zal gaan kosten.

Onlangs haalde Threefivephotonics, een van de weinige optische start-ups in Nederland, ruim vijftien miljoen gulden beginkapitaal binnen, waarmee het bedrijf cleanrooms wil

gaan bouwen. 'We zijn nu nog bezig met prototypes maken', zegt Deelman. Wereldwijd zijn er inmiddels veel meer van dergelijke start-ups opgebloeid in deze miljardenmarkt: jonge bedrijven die aan universiteiten gedane opto-elektronische vindingen willen gaan exploiteren.

### OPTISCHE TRANSISTOR

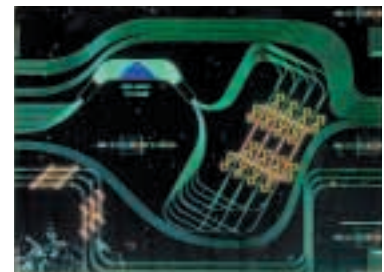
Een groot voordeel van volledig optische chips is het omzeilen van de elektronische fase in de signaalverwerking. In de huidige netwerken is voor bewerking en verzending meestal een omzetting van een optisch in een elektronisch signaal noodzakelijk. Om het signaal vervolgens weer via de glasvezel te versturen moet de elektronische vorm opnieuw worden vertaald in een optische. Deze optisch-elektronisch-optische overstap vereist de nodige apparatuur, kost veel geld en beperkt de verwerkingssnelheid.

Maar chips als die van de groep Opto-Electrical Devices of Threefivephotonics worden altijd nog elektronisch aangestuurd. De datapakketjes waaruit al het netwerkverkeer bestaat, inclusief het internetverkeer, bevatten informatie over hun uiteindelijke bestemming in de vorm van de header, een soort adressticker, gecodeerd in lichtpulsen die aan de werkelijke inhoud van de hoeveelheid data voorafgaat. Een pakketje geeft aan bij welk internetadres het uiteindelijk wil uitkomen en waar het vandaan komt.

Routers, die de data de goede kant op willen sturen, moeten dus eerst de header decoderen om het pakketje door te zenden. Tot nog toe gebeurt dat elektronisch, wat de datasnelheid beperkt.

### FLIP-FLOPS

Een andere heilige graal van de optische netwerkwereld is daarom optische routing, waarbij niet alleen de elektronische



Een optische chip omzeilt de elektronische fase in de signaalverwerking.

*Een groot voordeel van volledig optische chips is het omzeilen van de elektronische fase in de signaalverwerking*

## Kooien voor licht

Eli Yablonovitch, destijds werkzaam bij Bell Communications, en Sajeev John, Princeton University, bedachten in 1987 vrijwel gelijktijdig het fotonisch kristal. Zij waren geïnspireerd door halfgeleiderkristallen die in de elektronica gebruikt worden. Volgens de quantummechanica zijn de elektronen binnenin de halfgeleidermaterialen eigenlijk ook golven. De golflengte van de elektronen is vergelijkbaar met de afstanden tussen de atomen van het halfgeleiderkristal, die in een vast rooster hun eigen plaatsen hebben. De overeenkomst tussen de golflengte van de

elektronen met de roosterafstanden heeft een merkwaardig effect: elektronen met een bepaalde golflengte kunnen zich in het rooster niet voortbewegen. Zo'n bewegingsverbod heet in de halfgeleider natuurkunde een **bandgap**, omdat het verbod vaak geldt voor een hele band van elektrongolflengten. De bijzondere elektronische eigenschappen van halfgeleiders hangen voor een groot deel van de bandgap af. Yablonovitch kwam op het idee dat er ook voor lichtgolven misschien materialen te bedenken waren met een bandgap: fotonische kristallen. Het eerste probleem daarbij was dat de golf-

lengte van licht (honderden nanometers) veel groter is dan de afstanden tussen de atomen in een kristalrooster (hoogstens enkele nanometers). Een fotonisch kristal zou een ordening op een veel grotere schaal moeten hebben dan een echt kristal. Yablonovitch besloot het idee eerst te testen met radiogolven met een golflengte van ongeveer 1 cm. In een stuk materiaal met een hoge brekingsindex voor deze golven boorde hij een 'kristalrooster' met tussen de gaten afstanden van ongeveer 1 cm. Hij kreeg gelijk: de radiogolven drongen niet in het kristal door, en het stuk plastic was het eerste fotonische kristal.

Het principe van een fotonisch kristal is in één richting gemakkelijk uit te leggen: een stapeling van laagjes van materiaal met een wisselende brekingsindex kan al als een simpel fotonische kristal werken. Zo'n opstelling staat bekend als een diëlektrische spiegel: *the poor man's photonic crystal*. Binnenkomende golven reflecteren gedeeltelijk bij elke overgang in brekingsindex. Als de laagjes een kwart van de golflengte dik zijn, pakt het reflecteren van alle overgangen zo uit, dat de teruggekaatste lichtgolven bij elkaar worden

opgeteld. Er is positieve interferentie: de teruggekaatste golven versterken elkaar; er vindt vrijwel volledige reflectie plaats. Ook bij een licht afwijkende golflengte heeft de interferentie nog effect, met het gevolg dat de spiegel voor een bepaalde band aan golflengten volledig reflecterend is (in tegenstelling tot metalen spiegels die een groot deel van het invallende licht absorberen.) Zo'n volledig teruggekaatste band aan golflengten heet een **stopband**. Fotonisch-kristal-onderzoekers gaan pas op het puntje van hun stoel zitten als het reflecteren in meer richtingen gebeurt en als de stop-banden

voor die verschillende richtingen combineren tot een **bandgap**: een bepaalde band aan golflengten die het kristal niet binnenkomen, uit welke richting ze ook komen. Quasi-tweedimensionale fotonische kristallen doen dat al in het platte vlak. De jacht is nu geopend op het driedimensionale fotonische kristal: de ware kooi voor licht (zie ook het kader 'Parelmoeren honingraat').

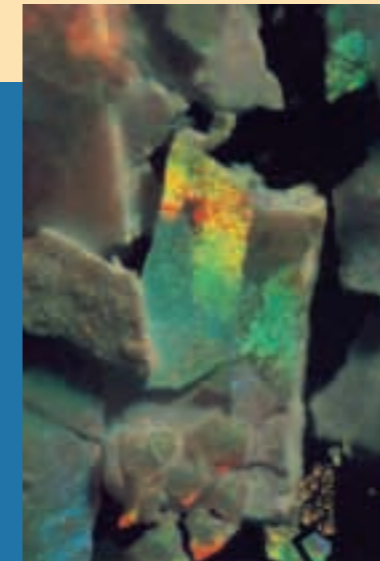
## PARELMOEREN HONINGRAAT

Dr. Willem Vos en collega's van het Van der Waals-Zeemaninstituut in Amsterdam kregen een paar jaar geleden het idee een kunstmatig kristal te maken dat behoorlijk leek op de heilige graal van hun vakgebied: het fotonische kristal. Dat is een kunstmatig kristal met roosterafstanden in de orde van grootte van zichtbaar licht. Het effect is dat het kristal licht van een bepaalde golflengte-band uit alle richtingen reflecteert. Veel onderzoekers hadden het geprobeerd om er een te maken met de etstechnieken en de materialen die de chipindustrie ook gebruikt. Maar Vos gooide latexbolletjes in een wateroplossing en centrifugeerde het geheel tot de bolletjes

strak op elkaar stonden, als sinaasappels in een fruitkist. Zo vormden ze een rooster dat op zich al bijzondere optische eigenschappen heeft: licht van bepaalde golflengten en in bepaalde richtingen wordt door het kristalrooster gereflecteerd. Vos laat een glaasje met een wittige oplossing zien, dat inderdaad zachte groene en rode flikkeringen geeft. Maar de brekingsindex van latex is te laag voor een echte fotonische bandgap: reflectie van licht uit alle richtingen. De ingenieuze stap was om de gestapelde plasticbolletjes in te drogen en de holtes ertussen te vullen met titaniumoxide (titania) dat een hoge brekingsindex heeft. Vervolgens verbrandde Vos de

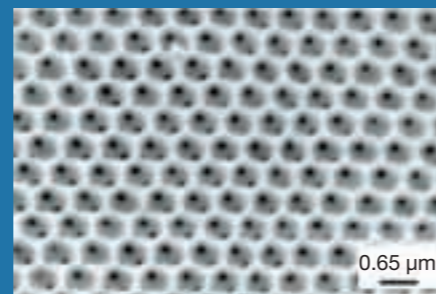
latexbolletjes, zodat er een soort honingraatachtige structuur van titania en lucht overbleef: een inverse opaal. De natuurlijke halfedelsteen opaal ontleent namelijk zijn paarlemerachtige groene en rode schitteringen aan een stapeling van siliciumoxide-bolletjes. De inverse opaal is in zekere zin het omgekeerde: een stapeling van bolvormige gaatjes in een rooster

van titaniumoxide. Het hoge contrast tussen de brekingsindex van titania (ongeveer 2,7) en lucht veroorzaakt stopbanden die een brede band aan licht tegenhouden. De combinatie van alle stopbanden voor alle richtingen levert echter nog net geen bandgap op. Bij metingen met een lichtbron in het kristal bleek het kristal voor

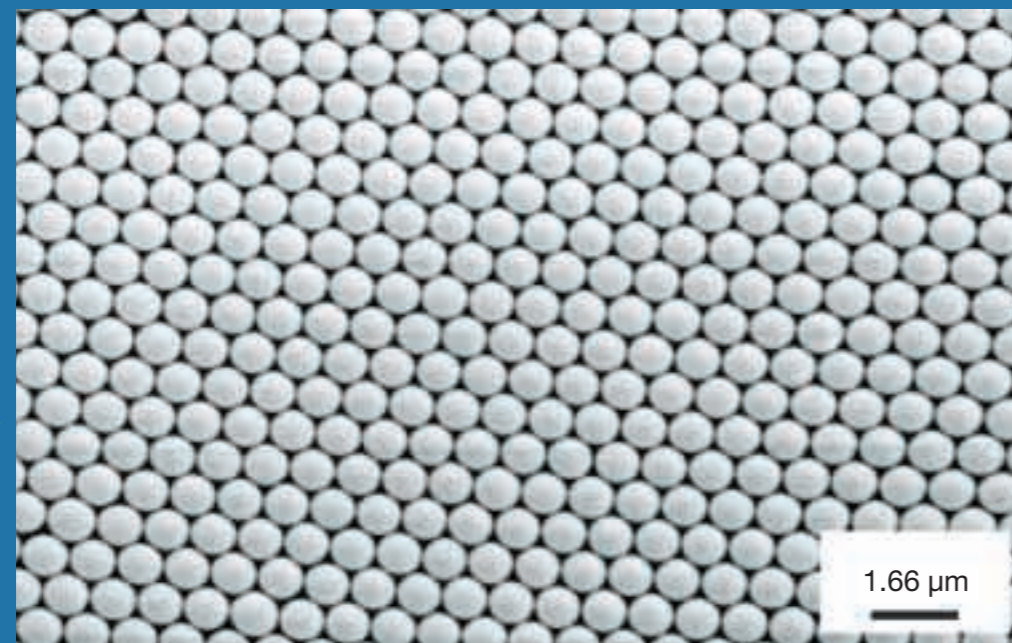


Een optische foto van een zogenoemd inverse opaal of kristal met luchtkamertjes in titania. De gekleurde gebieden zijn optische Bragg diffracties.

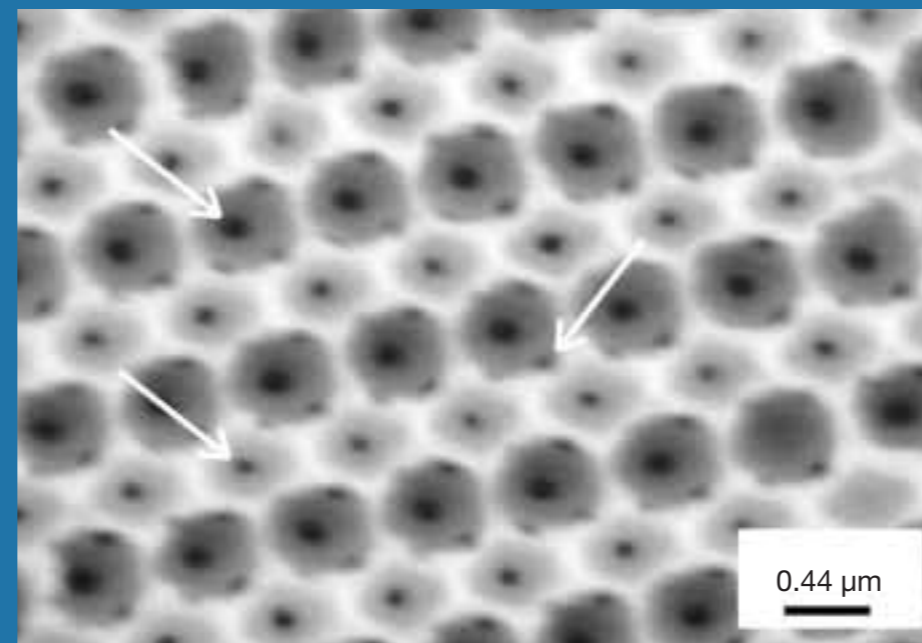
licht in bepaalde richtingen vrijwel ondoorzichtig, een beetje als een uit een suikerbiet gesneden lampion. En ook ziet de inverse opaal er letterlijk schitterend uit, met fel rode en groene weerkaatsingen die aan paarlemer doen denken, maar veel en veel sterker zijn.



Een elektronenmicroscopieopname van een inverse opaal.



Een elektronenmicroscopieopname van een opaal, in dit geval de moederstructuur die wordt gebruikt om inverse opalen te maken. De kleine bolletjes zijn colloïdale deeltjes die spontaan een kristal vormen in een vloeistofoplossing en die vervolgens werden.



Een inverse opaal: de pijltjes wijzen naar 'raampjes', dat wil zeggen openingen die naburige luchtkamertjes verbinden en die het resultaat zijn van direct contact tussen de kamertjes in het opaal.

fase van de dataverzending wordt overgeslagen maar ook de elektronische decodering door de header. Promovendus Harm Dorren van het interuniversitair onderzoeksinstituut Cobra, waarin ook de Opto-Electrical Devices Group uit Delft/Eindhoven deelneemt, heeft met zijn onderzoeksgroep een experimentele versie van een optische router ontwikkeld, die pakketjes twee kanten op kan sturen, afhankelijk van hun header. Daarvoor gebruiken ze een schakelaar die licht met licht kan aansturen, een soort optische transistor, en een reeks optische flip-flops: een schakeling die een lichtpuls even kan onthouden.

Maar voor een beetje optimist smeekt deze bescheiden vorm van signaalverwerking van zo'n optische schakeling om meer: zou het niet mogelijk zijn om signalen optisch te bewerken zoals computers dat doen? Optisch optellen, aftrekken, geheugenopslag en conditionele beslissingen, zoals die in de processor van iedere pc miljoenen keren per seconde plaatsvinden, in combinatie met de enorme dataverwerkende capaciteit van optische vezels. Een supersnelle optische computer, kortom?

### FUNDAMENTELE GRENZEN

'Een volledig optische computer, ik denk niet dat die er zal komen', zegt prof.dr. Alfred Driessen van de groep Light Wave Devices Group van het elektronica- en fotonica-onderzoeksinstituut Mesaplas aan de Universiteit Twente. Driessens' groep houdt zich bezig met het onderzoek aan golfgeleiders in de materialen siliciumoxide, siliciumnitride en mengsels tussen die twee: siliciumoxide-nitride ofwel SiON. 'Om de optische computer is een paar jaar geleden behoorlijk wat te doen geweest', zegt Driessen, 'maar uiteindelijk zijn de beloften nog niet waargemaakt.'

De sterkte van optische technieken zit hem, aldus Driessen, veel meer in het datatransport. In glasvezelnetwerken, maar uiteindelijk ook tussen en binnen computeronderdelen. 'Moderne computers schakelen inmiddels met snelheden boven de miljard keer per seconde. Dan gaan stroomgeleiders, stroomdraden bijvoorbeeld, zelf elektromagnetische straling uitzenden: hoe hoger de trilsnelheid hoe sneller. Dat levert verliezen op en overspraak: signalen lekken van het ene kanaal naar het andere.' Het opvoeren van de kloksnelheid en miniaturisatie in elektronica stuit tegen fundamentele grenzen.

*Optische routing is een andere heilige graal van de optische wereld*

# DE TOEKOMST: BEVROREN LICHT

De Deense natuurkundige dr. Lene Vestergaard Hau en de Amerikaan dr. Ron Walsworth van de Amerikaanse universiteit Harvard schrikten begin dit jaar de natuurkundige wereld op door aan te kondigen dat hun onderzoeksgroepen licht hadden stilgezet. Al eerder had Hau voor opschudding gezorgd door lichtpulsen af te remmen tot wandeltempo. 'Licht krijgt in die situatie iets menselijks', zei ze bij die gelegenheid. In een verre toekomst zou de afgeremde lichtpuls eventueel bruikbaar zijn in optische computers als geheugenelement of voor het schakelen van licht. In vacuüm plant licht zich voort met een snelheid van bijna 300 000 km/s (zie ook het kader 'Kabelende velden'). Die snelheid is weliswaar lager in transparante materialen – tot 125 000 km/s in diamant – maar er zijn nogal wat kunstgrepen nodig voor de vele miljoenvoudige malen vertraging die nodig is om licht af te remmen tot wandeltempo. De onderzoeksgroep van Hau deed de proeven in een immense laborato-

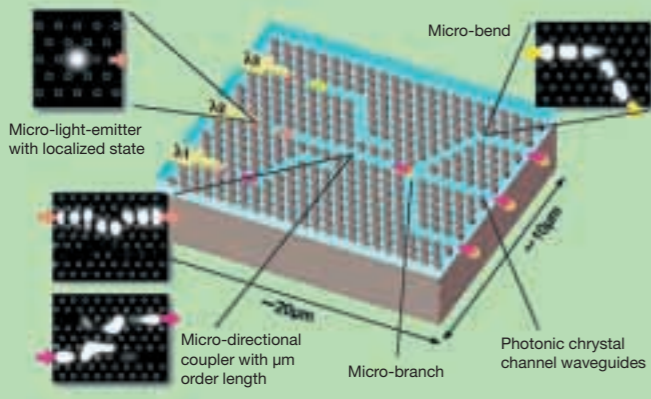
riumopstelling onder hoog vacuüm, waarin ze een miniem sigaarvormig wolkje van tien miljard natriumatomen inving in een enorm magneetveld. Met nog meer kunstgrepen koelden de onderzoekers het wolkje af tot een temperatuur van 50 miljardsten van een graad boven het absolute nulpunt van  $-273,15$  °C, de laagst mogelijke temperatuur. Door deze diepvriesbehandeling ging het zwevende wolkje gasatomen over in een uitzonderlijke toestand: het Bose-Einstein-Condensaat (BEC). Deze toestand, die in zekere zin uit te leggen is als het samensmelten van alle natriumatomen tot één groot collectief atoom, werd begin vorige eeuw voorspeld en in 1995 echt gemaakt door de Amerikaanse onderzoekers Eric Cornell en Carl Wieman. Zij deelden dit jaar de Nobelprijs voor natuurkunde met een andere BEC-pionier. Door het sigaarvormige wolkje van 0,1 bij 0,05 mm met een speciale koppellingslaser van de zijkant te beschijnen wordt het doorzichtig. Zo kan de puls die even later in de lengte door het wolkje schiet er door-

heen. Wel wordt die daarbij afgeremd. De koppellingslaser veroorzaakt namelijk een extreme snelle variatie van de brekingsindex rond één, afhankelijk van de golflengte van het doorgaande licht. De lichtpuls is te ontleden in een verzameling van lichtgolven met verschillende golflengten, die door de bijzondere behandeling met de koppel-laser allemaal een andere snelheid hebben in het BEC. Elke afzonderlijke component van de puls wordt nauwelijks afgeremd door het BEC, maar het resultaat van de uitzonderlijke brekingsindex-slingering geeft een uitzonderlijk resultaat: de vorm van de puls verandert op zo'n manier dat het uitpakt als een extreme vertraging. Het effect is een beetje te vergelijken met een langzaam rijdende file op een snelweg. Terwijl de auto's redelijk snel door rijden, beweegt de file als geheel tergend langzaam. Net zoals de componenten van de lichtpuls veel sneller zijn dan de pulsvorm zelf, zijn de auto's sneller dan de trage file.

Hau wist de snelheid van de puls terug te brengen tot 60 km/h, later tot minder dan 2 km/h. Toen Hau de koppel-laser uitzette op het moment dat de puls in het BEC zat, verdween de puls zelfs, maar kwam weer tevoorschijn bij het aanzetten van de koppel-laser. Het 'superatoom' van het BEC had onthouden hoe de puls eruit zag op het moment dat de koppel-laser uitging en kon het flitsje bij aanschakelen weer reconstrueren. Tot een volle milliseconde lang bleef de vorm van de puls goed in het BEC. Hau denkt dat het BEC is te gebruiken in een 1-bit-geheugencel voor een optische computer of voor een *delay line*, die data even in de wacht kan zetten tot een lokaal capaciteitsprobleem is verholpen. Ook is het BEC toe te passen als een optische schakelaar, die licht schakelt met licht. Hau zelf heeft al plannen gelanceerd om de techniek te miniaturiseren en zo bruikbaar te maken. In oktober berichtte het wetenschappelijk tijdschrift *Nature* dat het Duitse natuurkundigen gelukt was om een BEC op een chip zetten.

## Photonic Crystal Circuit

T. Baba (YNU), IEICE 81 (1998) 1067  
J. Yonekura, T. Baba, et al. (YNU) IEEE JLT 17 (1999) 1500



Afbeelding 6: tweedimensionale fotonische kristallen zien er onder een elektronen-microscop uit als een stel siliciumpaaltes.

bestaan. 'Ik geloof er niet zo in', zegt hij. De elementen op de Delftse chips moeten bepaalde afmetingen hebben die samenhangen met de golflengte van het licht. Miniaturiseren stuit op die fundamentele beperking.

### BEVROREN LICHT

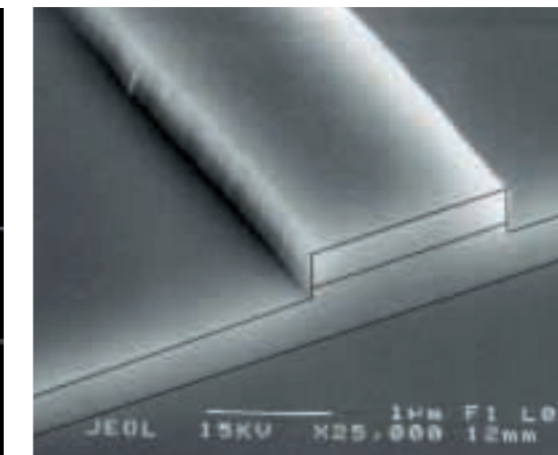
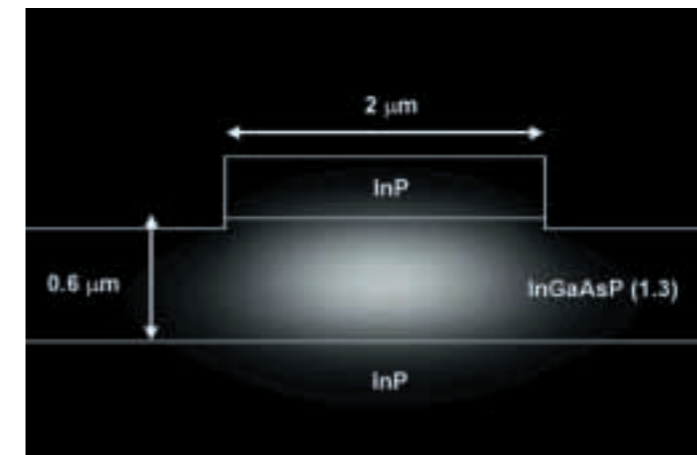
Voor het schakelen met licht moeten we het licht tijdelijk kunnen stilzetten, invangen, net als stroom in een condensator. Die ultieme technologie is pas haalbaar door licht perfect op te sluiten in een volmaakt reflecterend kristal. Fotonische kristallen zijn bijzondere materialen die licht van bepaalde golflengten in alle richtingen volledig reflecteren. Dat houdt ook in dat licht binnenin het kristal er ook niet uit kan, maar rond blijft schieten als een opgesloten stuijterbal. Door op een selectieve manier gaten in een fotonisch kristal te maken kan het licht bovendien langs vooraf bepaalde banen worden geleid.

De onderzoeksgroep van fysicus prof.dr. Albert Polman van het instituut Amolf in Amsterdam en René de Ridder, die bij Driessen aan de UT onderzoek doet, hebben tweedimensionale fotonisch kristallen gemaakt. De Amsterdamse 2D-kristallen zien er onder een elektronenmicroscop uit als een woud van paaltjes van silicium (zie afbeelding 6). In Twente lijken ze meer op een geminiaturiseerde zeef. Beide kristallen zijn gefabriceerd met de etsmethoden van de chip-industrie.

De afstand tussen de paaltjes of gaten is ongeveer even groot als de golflengte van het licht dat niet in het kristal kan doordringen. Door langs een laantje paaltjes uit te sparen is een pad te maken voor licht, vergelijkbaar met de golfgeleiders. Zo'n pad kan ook een rechte hoek maken met een veel scherpere draaihoek dan in de conventionele golfgeleiders mogelijk is.

Strikt genomen zijn de kristallen niet tweedimensionaal, omdat ze ook een minimumhoogte hebben, bovendien is het voor licht nog altijd mogelijk om in de hoogte of in de diepte te verdwijnen. Daarom worden zulke kristallen 'quasi-tweedimensionaal' genoemd.

Onderzoekers hopen dat zulke kristallen de miniaturisatie vergroten, zodat hiermee ook de optische schakelaars zijn te maken die het werkpaard van de optische computer zullen vormen. Leijtens laat een aantal ontwerpen van optische componenten in quasi-2D-kristallen zien, bedacht door Japanse onderzoekers, maar nog niet uitgevoerd.



Golfgeleider in indiumfosfide. Hiermee wordt het licht in vaste banen gedwongen.

### BANDGAP

Nog futuristischer is het gebruik van driedimensionale fotonische kristallen voor optische computers. 'Een 3D-fotonische bandgap bestaat nog niet', zegt dr. Willem Vos, natuurkundige aan de Universiteit van Amsterdam. 'Er is een aantal claims op dat gebied gelegd, waar ik mijn twijfels bij heb.' Vos is lid van de onderzoeksgroep Waves in Complex Media van de natuurkundige Ad Lagendijk en werkt aan fotonische kristallen, een vakgebied met veel concurrentie. Zij verrasten de natuurkundige wereld in 1998 met een zeer ingenieus bijna-fotonisch kristal (zie kader 'Parelmoeren honingraat').

'Als je een materiaal met een echte bandgap hebt', zegt Vos, 'reflecteert het licht van bepaalde golflengten in alle en niet alleen in bepaalde richtingen. Het zal er vermoedelijk wat metaalachtig uitzien. Maar je weet dat pas zeker als je er een lichtbron in plaatst en kunt bewijzen dat de bron niet kan uitzenden terwijl het licht niet wordt geabsorbeerd.' Het licht blijft ronddraaien en is als het ware ingevangen. Elke keer dat de bron probeert te vervallen onder het spontaan uitzenden van een foton, wordt het licht weggeïnterfereerd door het rooster.

'Heb je eenmaal die fotonische bandgap, dan kun je licht door hoepels laten springen', legt Vos uit. In een lege plaats in het rooster kun je licht opsluiten, zodat je een soort geheugencel krijgt. Ook zou je gemakkelijk licht met licht kunnen schakelen. Plannen voor een optische computer laten dan niet lang op zich wachten.

Vos en collega's hebben net een wetenschappelijk artikel geschreven over de mogelijkheid om fotonische kristallen, als ze eenmaal bestaan, te gebruiken als schakelement of

geheugencel. 'Je kunt licht erin opsluiten en schakelen, razendsnel, en na een korte tijd met een druk op de knop er weer uit laten.' Hoe lang die tijd is? 'Vraag liever hoe kort: voor een snelle computer heb je een aansturing nodig van picoseconden, miljoenste van een miljoenste van een seconde.' Alleen met zulke responstijden in combinatie met de grote bandbreedtes voor licht kun je de huidige Gigahertz-processoren overklassen.

Hoe het idee precies werkt, gaat hij de verslaggever niet wijsmaken. Voor je het weet weigert de wetenschappelijke pers het artikel. 'De precieze details houd ik nog even onder de pet. We zijn er al verder mee, maar tot nu toe is het alleen maar een idee.' ●

*'Heb je eenmaal die fotonische bandgap dan kun je licht door hoepels laten springen'*

*Voor het schakelen van licht moeten we het licht tijdelijk kunnen stilzetten*

De TU-onderzoeker ziet meer in toepassing van licht voor datacommunicatie en zeer gespecialiseerde niches in de elektronica: het in- en uitvoeren van data naar en van supersnelle supergeleidende computers bijvoorbeeld, waar zijn onderzoeksgroep mee bezig is.

Ook Leijtens is sceptisch over volledig optische computers, die uit extreem veel zeer kleine optische schakelaars zal moeten

### INTERNETBRONNEN

- [www.threefivephotonics.com/](http://www.threefivephotonics.com/)
- [www.science.uva.nl/research/scm/dutch/eggen/ingenieur.htm](http://www.science.uva.nl/research/scm/dutch/eggen/ingenieur.htm)
- [www.science.uva.nl/research/scm/sprk/pbs.htm](http://www.science.uva.nl/research/scm/sprk/pbs.htm)
- Site van de onderzoeksgroep Waves in Complex Media van Ad Lagendijk.
- [www.el.utwente.nl/tdm/ldg/research/pc\\_dev/pc\\_dev.htm](http://www.el.utwente.nl/tdm/ldg/research/pc_dev/pc_dev.htm)
- [www.ee.ucla.edu/labs/photon/homepage.html](http://www.ee.ucla.edu/labs/photon/homepage.html)
- Site van Eli Yablonovitch.
- [www.neci.nj.nec.com/homepages/vlasov/photonic.html](http://www.neci.nj.nec.com/homepages/vlasov/photonic.html)
- The Ultimate Collection of Photonic Band Gap Research Links.
- [www.amolf.nl/research/opto\\_electronic\\_materials/index.html](http://www.amolf.nl/research/opto_electronic_materials/index.html)
- Site van het instituut Amolf.

**Het Dossier**  
**FOTONICA**  
Schakelen met licht

## HET HOE EN WAAROM VAN HET INSTORTEN VAN DE TWIN TOWERS

# Vitaal voor de veiligheid



*Wat gebeurde er precies met de Twin Towers van het World Trade Center in New York na de aanslag op 11 september? En wat zijn de gevolgen voor de veiligheidseisen van hoogbouw? 'De uitdaging is te bouwen zonder dat een gebouw een bunker wordt.'*

LESLIE ROBERTSON, INDERTIJD ÉÉN VAN DE CONSTRUCTIEF ontwerpers van de Twin Towers, was op 11 september in Hong Kong. In een eerste reactie liet hij onder meer weten: 'De torens zijn door brand bezwaken. Maar de samenhang (*structural integrity*) die de ontwerpers aan de draagconstructie gaven, stelde misschien nog duizenden mensen in de gelegenheid de gebouwen te verlaten, voordat ze instortten.'

Met deze opvatting zijn alle geraadpleegde commentatoren het eens. Geen enkel normaal gebouw is tegen zo'n aanslag bestand. Dankzij het constructieve concept, met de robuuste stalen gevelbuis,

bleven de constructies nog tamelijk lang staan, nadat de vliegtuigen zich erin hadden geboord. De vluchttrappen bleven grotendeels bruikbaar, naar verluidt zelfs vanaf verdiepingen boven de inslagen.

Ook over het instorten van de torens lopen de opvattingen in hoofdlijn weinig uiteen. Beide draagcon-

structies moeten zijn bezwaken aan de uitzonderlijk felle en omvangrijke (kerosine)brand, nadat een aantal vloeren en kolommen

op de getroffen verdiepingen al was beschadigd door de botsing en de explosie die daarop volgde. Daarbij waren ook de brandwerende voorzieningen waarschijnlijk al aangetast. Doordat de draagconstructie op de getroffen verdiepingen het begaf, is de constructie op de verdiepingen eronder overbelast, waardoor ook die bezweek. Zo ontstond een voortschrijdende instorting.

### BOTSING

Een Boeing 767 treft de zuidelijke toren (WTC 2) tussen de 87ste en 93ste verdieping. Eenzelfde type vliegtuig boort zich in de noordelijke toren (WTC 1) tussen de 96ste en 103de verdieping. Op en rond de getroffen verdiepingen ontstaat grote schade, maar de stabiliteit van de torens als geheel loopt door de botsing zelf geen gevaar. Een eenvoudige berekening van een massa die tegen een verende constructie botst, bevestigt dat: de spanningen in de hoofdconstructie door de botsing niet groter zijn dan die bij maximale windbelasting. Dit strookt met getuigen die verklaarden dat de botsing niet bijzonder sterk voelbaar was.

Hoeveel schade de botsingen plaatselijk hebben veroorzaakt, is moeilijk te beoordelen. De gevel van de noordelijke toren laat een gat zien waarin de contour van het vliegtuig zelfs is te herkennen. Som-

mige kolommen lijken doorgesneden. Achter het gat zijn geen vloeren zichtbaar. Over de schade verder naar binnen is het raden, net als naar het effect van de explosie.

Eerst raakt het vliegtuig de gevel, met zware, zeer dicht op elkaar staande kolommen. Die gevel werd horizontaal gesteund door de vloervelden. Mogelijk klappt bij de botsing een aantal gevelementen naar binnen, waarbij de betrekkelijk slanke en lichte vloerelementen erachter uitknikken en naar boven en beneden worden weggedrukt.

Brokstukken van het vliegtuig en de inmiddels vrijgekomen kerosine boren zich door het gebouw heen en komen deels door de tegenoverliggende gevel weer naar buiten. Een deel blijft in het gebouw achter. De kerosine explodeert.

Ook al is rond de inslag een aantal dragende gevelkolommen, vloerelementen en mogelijk een aantal kolommen rond de liftschachten beschadigd, ontzet of weggeslagen, de gebouwen blijven nog wel staan.

Blijkbaar worden de verticale krachten in de gevel nu om het gat heen geleid. De belastingafdracht loopt dus via een 'tweede draagweg'. Deze functioneert uitzonderlijk goed: normaal wordt gesproken van een 'tweede draagweg' als één kolom ontbreekt, maar hier zijn alleen al in de getroffen gevel dertig tot veertig kolommen naast elkaar onklaar geraakt. Dat is meer dan de helft van die gevel.

Deze adequate werking van de tweede draagweg is te verklaren doordat de gevel is opgebouwd als een fijnmazig net van buigstijf aan elkaar verbonden liggers en kolommen. De kolommen naast het gat bezwijken door deze extra belasting niet, doordat ze zijn gedimensioneerd op onder meer windbelasting die er op dat moment niet is. Van deze overcapaciteit wordt nu gebruikgemaakt.

### KEROSINE

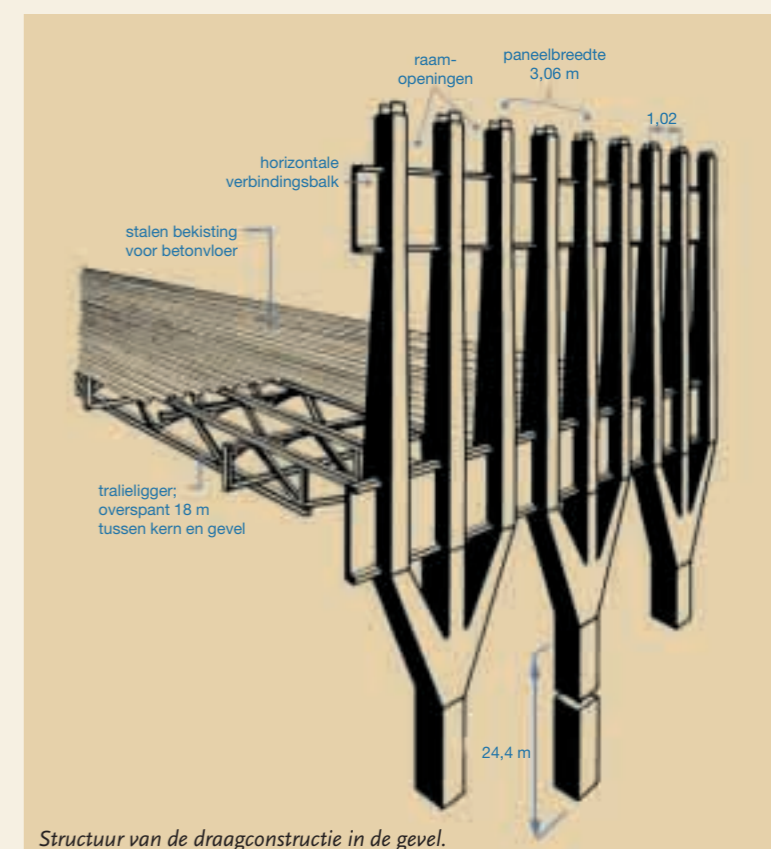
Direct na de botsing ontbrandt binnen de gebouwen een enorme hoeveelheid kerosine. De temperatuur loopt daarbij veel sneller en hoger op dan bij het ontwerp is voorzien. Normaal gesproken wordt een draagconstructie zo ontworpen dat deze gedurende een bepaalde tijd bestand is tegen een brand die verloopt volgens de standaardbrandkromme. Deze kromme beschrijft de ontwikkeling van de temperatuur tijdens een min of meer normale brand. De standaardbrandkromme is vastgelegd in een internationale norm (ISO) en dus in principe wereldwijd geldig. De vereiste brandwerendheid hangt onder meer af van de hoogte; in Nederland zou voor de hoofdconstructie van een 400 m hoog gebouw in principe 120 minuten gelden. Bij hoogten boven 70 m is in ons land een sprinklerinstallatie verplicht. Overigens wordt de brandwerendheid in de VS anders gemeten dan hier, zodat de waarden niet direct vergelijkbaar zijn.

Het temperatuurverloop van de brand in de Twin Towers wordt waarschijnlijk beter beschreven door de zogeheten Rijkswaterstaats-

brand. Die wordt in Nederland gebruikt voor tunnels, waarin LPG-branden zeer hoge temperaturen kunnen veroorzaken. Daarbij telt mee dat de gevolgen van een bezwijkende tunnel groot kunnen zijn. Overigens is voor bepaalde toepassingen nog een andere brandkromme vastgelegd; die beschrijft een koolwaterstofbrand.

De temperatuur van een Rijkswaterstaatsbrand ligt zo'n 300 °C boven die van een standaardbrand. Dat lijkt niet extreem veel, maar een hogere temperatuur heeft een onevenredig grote invloed op de temperatuur van de constructie. De temperatuur van de brand zit namelijk tot de vierde macht in de formule voor de opwarming van de constructie. Om precies te zijn: in de term voor de bijdrage door warmtestraling, en die straling heeft de grootste invloed op die opwarming. Een brand van 1350 °C bijvoorbeeld levert bijna driemaal zoveel straling als een brand van 1000 °C.

*Wellicht moeten de eisen aan de tweede draagweg beter worden gespecificeerd*



# KOLOMMEN EN PREFAB-ELEMENTEN

Kenmerkend aan de architectuur en de draagconstructie van de Twin Towers zijn de gevels met zeer dicht op elkaar staande stalen kolommen; de dagmaat van de ramen is slechts 0,48 m breed. De kolommen vormen samen met de borstweringen een vierkante gevelbuis (*framed tube system*), die in de fundering is ingeklemd en de horizontale windbelastingen afvoert. Een stabiliteitskern ontbreekt; de vloeren rusten in de middenzone op 44 kokerkolommen die alleen verticale belastingen opnemen. Tussen middengebied en gevel zijn de kantoorverdiepingen kolomvrij. De gevels zijn samengesteld uit prefab-elementen, bestaande uit drie kolommen van drie verdiepingen hoog, waaraan regels buigstijf zijn verbonden. De onderlinge verbinding, met voorspanbouten, verspringt telkens één verdieping. De plaatdikte en staalkwaliteit van de stalen kolommen verlopen met de hoogte van het gebouw.

Op zo'n hete en zich snel ontwikkelende brand is een brandwerende bekleding, die de staalconstructie moet isoleren, bij normale gebouwen als de Twin Towers niet berekend. Daarbij komt dat het brandwerende materiaal door de botsing plaatselijk zal zijn beschadigd of van de constructie afgedrukt. Zo loopt de temperatuur van het staal door de brand sneller op dan waarmee in het ontwerp rekening is gehouden, en neemt de sterkte van de constructie af. En dat terwijl de spanningen plaatselijk al hoger zijn dan normaal door de overbelasting en door de beschadigingen door botsing en explosie.

## UITKNIKKEN

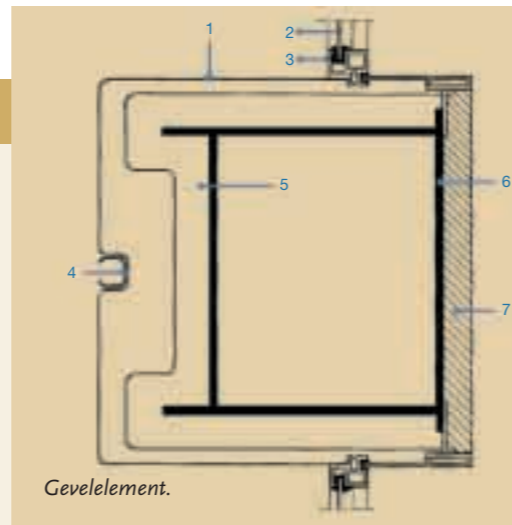
WTC 2 bezwijkt 53 minuten na de botsing, WTC 1 na 100 minuten. De instorting begint vrijwel zeker doordat delen van de constructie rond de getroffen verdiepingen bezwijken aan de brand die volgt. Over de volgorde zijn verschillend vermoedens te horen. Zo kunnen de verbindingen

tussen vloeren en gevelelementen als eerste bezwijken. Die vloeren worden immers extra hoog belast door resten van het vliegtuig en ingestorte delen van vloeren erboven. Door het bezwijken van de verbinding raken de gevelkolommen rond de inslag hun horizontale steun kwijt, waardoor deze uitknikken. Tegelijk stort een vloer omlaag.

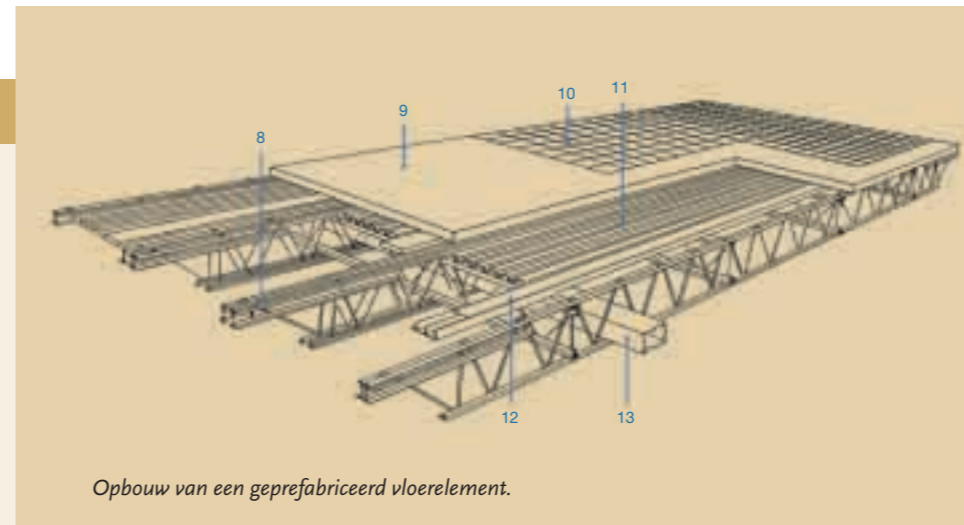
Een andere geopperde mogelijkheid is dat juist de middenkolommen op de getroffen verdiepingen als eerste bezwijken. De spanning in die kolommen was namelijk al relatief hoog, omdat ze alleen de verticale belastingen uit de vloeren hoefden op te nemen. De temperatuur in het staal in deze kolommen loopt hoger op dan in de gevel, doordat ze niet worden gekoeld door de buitenlucht. Doordat delen van de vloeren zijn weggeslagen, worden deze kolommen niet of minder effectief zijdelings gesteund tegen uitknikken. Met het bezwijken van de middenkolommen zakken ook de resterende vloeren van de getroffen verdiepingen weg, waardoor de gevelkolommen hun horizontale steun kwijtraken en uitknikken. Waarschijnlijk worden ze door de vloeren zelfs naar binnen getrokken. Tenslotte is het mogelijk dat de instorting begint door het bezwijken van de gevelkolommen. De oplopende temperatuur vermindert hun draagkracht, maar door het stijve gevelvlak kunnen de verticale krachten zich herverdelen naar naastgelegen kolommen die nog wel voldoende draagkracht hebben. Pas als de laatste kolommen het begeven, komt het bovenliggende gebouwdeel omlaag.

De instorting zet zich voort, mogelijk doordat een vloer naar beneden komt en de vloer daaronder overbelast door de bewegingsenergie en het gewicht, zodat ook die vloer bezwijkt, enzovoort. Als gevolg daarvan verliezen de gevelkolommen en middenkolommen hun horizontale steun zodat die uitknikken. Als het bovenste deel van het gebouw eenmaal in beweging is, kan de instorting zich ook voortzetten doordat de onderliggende kolommen hoge, excentrische en/of dynamische belastingen moeten opnemen waardoor deze uitknikken.

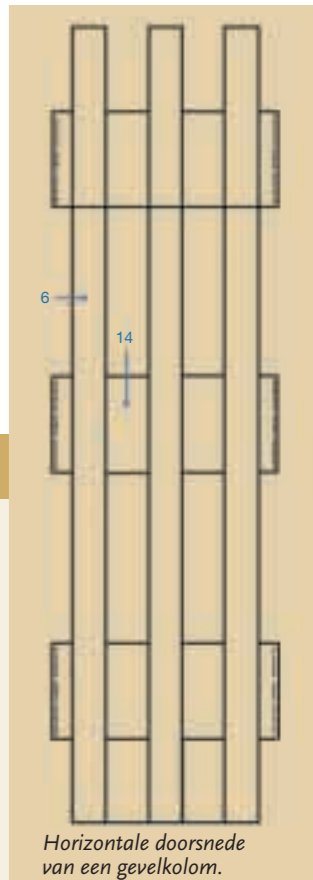
*Een brand van 1350 °C levert bijna driemaal zoveel straling als een brand van 1000 °C*



Gevelelement.



Opbouw van een geprefabriceerd vloerelement.



Horizontale doorsnede van een gevelkolom.

- 1 aluminium omkleiding
- 2 bronskleurig glas
- 3 aluminium raam
- 4 geleiderail roestvast staal
- 5 vermiculiet pleisterlaag
- 6 gevelkolom koker 450x450 mm
- 7 brandwerende pleisterlaag
- 8 tralieligger
- 9 in het werk gestort beton
- 10 vloerbedekking
- 11 geprofileerde staalplaat
- 12 leidingkanaal
- 13 kanaal voor airconditioning
- 14 regel; staalplaat 1,38 m hoog

## CALAMITEITEN

Ir. G.L.H.M. Henkens, directeur van Aronsohn raadgevende ingenieurs, ir. J.G. Kraus: directeur van D3BN civiel ingenieurs, en ing. J.P. van der Windt, directeur van Ingenieursbureau Zonneveld, alle drie constructief ontwerpers die voor dit artikel zijn geïnterviewd, achten het nog te vroeg om de gevolgen van '11 september' voor het bouwen te kunnen overzien. In het algemeen verwachten ze niet dat de veiligheidseisen sterk moeten worden aangescherpt. De huidige scenario's lijken voor 'gewone' gebouwen in principe voldoende streng, ook voor hoogbouw. Ten eerste omdat de kans op dergelijke calamiteiten uitzonderlijk klein is. Ten tweede omdat kwaadwillenden altijd een zwakke plek zullen zoeken – en vinden.

Wel verwachten ze dat het belang van veiligheid in het ontwerpen zal toenemen. Henkens denkt dat deze ramp heeft laten zien hoe kwetsbaar gebouwen zijn, vooral vanuit de lucht. 'Dat moet goed worden onderzocht, zeker als het gaat om objecten die vitaal zijn voor een land.' Volgens Kraus zijn discussies over veiligheid bijzonder lastig: 'We kunnen wel een bepaald risiconiveau afspreken, maar als het fout gaat, accepteert niemand dat. Een lastige discussie. Onbepaalde veiligheid kan de techniek niet bieden.' Van der Windt voegt daaraan toe: 'Je weet niet tegen welke toekomstige calamiteiten je je moet wapenen. Hoe ver je gaat is heel moeilijk te bepalen.'

Eén van de veiligheidseisen betreft de ontruimingstijd. Constructief ontwerpers zorgen voor een hoofdconstructie en vluchtwegen die een bepaalde tijd bruikbaar blijven, bouwkundigen voor voldoende capaciteit van vluchtwegen en bouwfysici voor rookafvoer en dergelijke, maar werkt zo'n systeem in de praktijk naar behoren? Henkens: 'Er moet goed worden nagegaan of er altijd wel voldoende veiligheidsmarge in zit. Of een gebouw inderdaad binnen één uur ontruimd kan zijn. Zeker bij zeer hoge gebouwen.'

Een andere vraag is of de standaardbrandkromme het uitgangspunt moet blijven voor het bepalen van de brandwerendheid. Kraus pleit voor een ruimere toepassing van de 'natuurlijke brand', waarbij het

feitelijk verloop van de temperatuur specifiek voor een situatie wordt berekend. 'Vaak is de standaardbrandkromme te zwaar, maar soms ook te licht. Waar het om gaat is dat je de realiteit met berekeningen beter benadert.'

Tenslotte verwachten de drie ontwerpers dat ook de 'tweede draagweg', die waarschijnlijk voorkwam dat de Twin Towers direct na de botsing instortten, een belangrijker ontwerpcriterium wordt. Eenvoudig gezegd betekent een 'tweede draagweg' dat een of meer onderdelen van de draagconstructie moeten kunnen bezwijken zonder dat het gebouw instort. Dit geeft een gebouw incasseringvermogen tegen allerlei calamiteiten. Misschien moeten de eisen aan de tweede draagweg beter worden gespecificeerd of worden uitgebreid. Het vinden van een goed evenwicht tussen het verwachte risico en extra voorzieningen is nu nog vooral een zaak van de individuele ontwerper. Van der Windt: 'Extra draagwegen zijn vitaal voor de veiligheid. De uitdaging is die zonder extra kosten in te bouwen zonder dat een gebouw een bunker wordt.'

*'Onbepaalde veiligheid kan de techniek niet bieden'*

## BRONNEN

- F. Hart, W. Henn en H. Sontag: *Staalbouvatlas*  
Amsterdam/Brussel 1975, p. 162-164.  
J. Koolhaas: *World Trade Center New York*  
Polytechnisch Tijdschrift 16-2-1972, p. 107-115.  
Polytechnisch Tijdschrift B (1969) 25, p. 1020-1024.  
L.S. Feld: *'Superstructure for 1,350-ft World Trade Center'*  
Civil Engineering, volume 41, nr. 6, p. 66-70.  
Hoogbouw: *staal of beton?*  
Rotterdam 1988.

KENGETALLEN	
TWIN TOWERS	
HOOFDAFMETINGEN	
HOOGTE	411 m
BRUTO VLOEROPPERVLAK	418 000 m <sup>2</sup> per toren
NUTTIG OPPERVLAK	319 000 m <sup>2</sup> per toren
AANTAL VERDIEPINGEN	110
BRUTO OPPERVLAK	63,5x63,5 m
NUTTIG OPPERVLAK	2900 m <sup>2</sup>
BRUTO VERDIEPINGHOOGTE	3,66 m
VRIJE VERDIEPINGHOOGTE	2,62 m
GEVELELEMENTEN	
GEWICHT	22,3 ton (onderin) 6 ton (bovenin)
KOLOMMEN	59 per gevel, h.o.h. 1,02 m
STALEN KOKERS	450x450 mm
WANDDIKTE	12,5 mm (onderin) 7,5 mm (bovenin)
STAALKWALITEIT VLOEIGRENS	690 N/mm <sup>2</sup> (onderin) 290 N/mm <sup>2</sup> (bovenin)
REGELS	1,38 m hoog, staalplaat
KOKERKOLommen	
AANTAL	44
HOEKKOLommen	0,55x1,32 m naar boven verjongend
STAALSOORT	ASTM A 36
VLOEIGRENS	240 N/mm <sup>2</sup>
VLOERELEMENTEN	
AANTAL	32 per verdieping
	18,3x6 m (aan lange zijde) 10,7x4 m (aan korte zijde)
GEWICHT	0,5 kN/m <sup>2</sup>
NUTTIGE BELASTING	4,88 kN/m <sup>2</sup>
STALEN TRALIELIGGERS	900 mm hoog, h.o.h. 2,04 m
OVERSPANNING	11 en 18 m
SECUNDAIRE LIGGERS IN DWARSRICHTING	h.o.h. 4,06 m
STAALVERBRUIK	circa 80 000 ton per toren
FUNDERING	stroken en poeren op rotsbodemp 22,5 m diep
TOELAATBARE GRONDDRUK	3,9 N/mm <sup>2</sup>
OPPERVLAKTE BOUWPUT	440 000 m <sup>2</sup>
WAND BOUWPUT	0,9 m beton



AMSTERDAMS ONTWERPBUREAU LEVERT OOK PRODUCTEN

# Hoogvliegende in design

EEN MODULAIR KOFFIEZETAPPARAAT, KANTOORMEUBILAIR, EEN ALTERNATIEF VOOR KABELGOTEN, STOELN, EEN NIEUW VLIEGTUIGINTERIEUR, KLEINE RADIO'S EN ZONNEBANKEN. PILOTS PRODUCT DESIGN UIT AMSTERDAM BEPERKT ZICH NIET, ZOALS DE MEESTE ONTWERPBUREAUS, TOT HET MAKEN VAN CONCEPTSTUDIES MAAR LEVERT COMPLETE PRODUCTEN AF. TERUG NAAR DE INTEGRATIE VAN VORMGEVING EN TECHNIEK. 'VANAF DE EERSTE SCHETS IS HET ONS DOEL OM EEN ECHT PRODUCT TE MAKEN.'



Op deze reclamezuil zijn video's af te spelen.

DE NAAM IS NOG GEEN JAAR OUD, maar Pilots Product Design, dat zich richt op productvormgeving en engineering, bestaat al sinds 1998. Het bureau, met inmiddels acht werknemers, is gevestigd in een monumentaal pand aan de Oude Schans in Amsterdam in een nauwelijks gebruikte kantoorruimte van spelletjesgigant Jumbo, waaraan Pilots regelmatig kunststofonderdelen levert.

Hans de Gooijer is creatief directeur van Pilots Product Design en zette het ontwerpbureau samen met directeur ir. Wolter Prinsen en designer Jurriaan Borstlap op. 'Wij begonnen met projecten voor de fabrikant van koffiezetapparaten Bravilor Bonamat en het kantoorartikelenbedrijf Aspa', vertelt De Gooijer. Na zijn studie aan de Rietveld Academie werkte hij zelf als vormgever voor Bravilor Bonamat. Nog steeds werkt het bureau vaak samen met de ontwikkelingsafdeling van Bravilor en presenteerde in september nog de nieuwe serie RLX koffiezetters, die in zijn geheel is samengesteld uit modules.

'Door de modulaire bouwwijze is het mogelijk met een beperkt aantal kunststofonderdelen vijftien verschillende apparaten te bouwen. Dit kunnen modules zijn voor het zetten van koffie in containers, modules voor het zetten van koffie in kannen of modules voor het maken van stoom of heet water. Vervolgens worden deze modules laat in de productie afgebouwd tot enkele, dubbele of driedubbele koffiezetmachines', aldus De Gooijer.

## CASPER

Voor Aspa ontwikkelde het bureau een complete lijn kantoormeubilair. Prinsen, die na zijn studie Industrieel Ontwerpen aan de TU Delft als manager op de R&D-afdeling van de fabrikant van kantoormeubilair werkte, leidde dit project. 'De nieuwe lijn kantoormeubilair was vooral gericht op flexwerk en dynamische werkvormen. Aspa vond het ontwerp eerst te complex en de fabriek was bang voor een te hoge kostprijs. De beslissingsfase bij Aspa duurde daardoor negen maanden, tot de directeur van Aspa bij het zien van een nieuw klein kastje uit de serie uitriep 'Dat wil ik ook!'. Toen besloten ze meteen de hele lijn



voor aan het plafond of tegen de muur, maar het bedrijf wilde een totaaloplossing vanaf de wand tot aan de werkplekken zonder losse kabels', vertelt Prinsen. 'Van Geel werkte zelf altijd vanuit extrusieprofielen. Dit werkt bijzonder praktisch tegen de muur, maar een rechthoekige bak uit extrusieprofiel staat niet bepaald aantrekkelijk op je bureau. Wij kwamen met Casper.'

Casper met aansluitingen voor elektriciteit en datatransport.



in productie te nemen. Dat kastje in die maat was namelijk volledig nieuw voor het toenmalige assortiment aan kantoormeubilair.'

Aspa presenteerde de nieuwe serie onder de naam E-Motion op de Duitse beurs voor kantoormeubilair Orgatec in Keulen en ontving een Good Industrial Design Award 2000. Op de bureaubladen zaten ook weer enkele tientallen prototypes van een ander Pilots-product: Casper, een kleine kunststof module die is ontwikkeld voor Van Geel Systems, een toonaangevend producent op het gebied van kabelmanagement. 'Van Geel had al een groot assortiment aan kabelgoten

port met de uitgaande kabels uit het zicht onderaan de module. Om de kogelgewrichten heen is ook overtollig snoer te wikkelen.

## VIDEOZUIL

De klantenkring van Pilots Product Design is behoorlijk divers. Behalve voor veel MKB-bedrijven werkt het bureau voor enkele grote multinationals en individuele uitvinders. Zo kwam Pilots in 1999 in contact met Antonio Perra van het bedrijf Cyprotec. De Italiaanse uitvinder had een procédé bedacht voor een videoprojectie van 360 graden voor reclamedoeleinden. Pilots ontwierp de uiterlijke



Door een modulaire opbouw zijn vijftien verschillende koffiezetapparaten te bouwen.

vormgeving van de zuil evenals delen van de constructie. Cyprotec heeft de zuil deze herfst officieel gepresenteerd.

Voor stoelenfabrikant Artifort ontwierp Pilots een stoel met een kniphoog naar stoelen uit de jaren zestig. 'Artifort herintroduceerde onlangs veel klassiekers en wil nu met ontwerpen van verschillende jonge ontwerpers het assortiment verder uitbreiden. We zijn voor dit project echt bezig geweest als de stoelenontwerpers uit de jaren zestig met mallen van MDF waar we met glasvezelmatten versterkt polyester overheen lamineerden tot we de juiste zitvorm hadden. Op deze stoel kun je op drie verschillende manieren comfortabel zitten, gewoon met je rug tegen de leuning, negentig graden gedraaid en met de rugleuning in je buik', zegt De Gooijer.

## VLIEGTUIGINTERIEUR

Pilots Product Design werkt echter niet alleen voor externe opdrachtgevers, maar voert ook zelf op basis van eigen ideeën en productvisies interne bureauprojecten uit die ze later voorleggen aan potentieel geïnteres-

'Wij willen altijd zo snel mogelijk in de ontwerpfase van een 3D CAD-pakket werken'



De apparatuur voor de lampen en de overige elektronica is in deze zonnebank makkelijk toegankelijk.



seerde bedrijven. Eén van die studies is een serie schetsen en tekeningen voor vliegtuiginterieurs. 'We

probeerden door onder meer ander materiaalgebruik de stoel beter te

betrekken in het complete interieurontwerp. Ook hadden we verschillende ideeën over vloerverlaging om de ruimte bij het plafond beter te kunnen benutten. We dachten daarbij aan afzonderlijke bergruimtes voor koffers en andere handbagage en een voedselkar voor de catering. In ons ontwerp hangt de voedselkar met een voorraad gestapelde dienbladen aan het plafond. Als de steward of stewardess het onderste dienblad uit de kar trekt schuift de voorraad simpelweg door de zwaartekracht één plek door naar beneden. Het te pakken dienblad staat daarvoor altijd op dezelfde hoogte zodat het bedienend personeel niet steeds hoeft te bukken

*'Het introduceren van nieuwe ideeën in de vliegtuigindustrie is erg moeilijk'*

in de nauwe gangpaden', aldus De Gooijer. 'We hebben deze ideeën wel voorgesteld aan verschillende vliegtuigbouwers en cateringbedrijven. Binnen de vliegtuigindustrie heb je echter te maken met veel verschillende partijen waardoor het introduceren van afwijkende nieuwe ideeën erg moeilijk is. Onze voorgestelde vloerverlaging was bijvoorbeeld al onmogelijk, omdat de postcontainer van FedEx achterin het vliegtuig moet passen en alles aan het interieurontwerp is daarop afgestemd. De extra ruimte aan het plafond valt daardoor ook weg en boven-

dien willen de cateringbedrijven ondanks de ergonomische voordelen geen nieuw karretje.'

### VIRTUAL ENGINEERING

Pilots voerde de schetsen uit de interieurstudie allemaal uit met behulp van een 3D CAD-pakket. 'Wij willen altijd zo snel mogelijk in de ontwerpfase met 3D CAD werken. Het grote voordeel daarvan is dat je de eerste schetsen makkelijk en snel kunt omzetten naar een fotorealistische rendering. Voor de opdrachtgever geeft een rendering ook een beter gevoel van hoe een idee eruit zal zien als een echt product dan wanneer je alleen een platte handschets kunt laten zien', vertelt Prinsen.

Met een digitale pen en tekenblok laat designer Borstlap zien hoe alle schetsbewegingen direct worden omgezet in een digitale schets. 'Wij gebruiken daarvoor het softwarepakket Painter. Painter is in feite een digitalisering van het canvas waarbinnen je alle teken- en schildermogelijkheden volledig kunt benutten, van pen- en potloodtekenen tot bijvoorbeeld airbrush, krijt en verf. Vanaf de eerste schets is het ook ons doel om een echt product te maken. Door deze werkwijze worden we op een gegeven moment ook gedwongen keuzes te maken in plaats van te lang vaag te blijven. Pilots doorloopt meestal ook de hele productontwikkelingscyclus en levert niet alleen maar ideeënstudies en concepten af', vertelt Borstlap. Evenals de Gooijer studeerde Borstlap aan de Rietveld Academie en werkte voordat hij bij Pilots begon bij een ander ontwerp bureau.

Op zijn bureau liggen de eerste kunststof-spuitsgietdelen van het prototype van een kleine radio. Pilots laat een deel van het spuitgietwerk in West-Europa doen en een deel in China, waar De Gooijer net is geweest. 'Om zaken te doen in China is het erg belangrijk zowel de markt als de cultuur goed te kennen. De Chinezen werken heel snel, maar je moet er wel een beetje naast blijven staan. Ze hebben

vaak weinig eigen inbreng en zijn al erg trots als ze een goede kopie van een bepaald product kunnen maken', zegt De Gooijer.

Behalve de radio introduceerde Pilots op de beurs Solaria 2001 in Keulen in oktober ook de Sun Vision 400 serie zonnebanken van Alisun Europe. Pilots restylde de zonnebanken samen met het ontwikkelteam van opdrachtgever Alisun. De Gooijer: 'De belangrijkste ontwerpuitdaging

binnen dit project was om de zonnebanken naar de wens van Alisun een professioneel uiterlijk te geven. Daarnaast moesten de apparaten ook beter toegankelijk zijn voor servicedoeleinden. De voorschakelapparatuur voor de lampen is daarom ordelijk samen met de overige elektronica bij elkaar geplaatst en is makkelijk bereikbaar door het servicepaneel te verwijderen.'

[www.pilotsdesign.nl](http://www.pilotsdesign.nl)

*'Chinezen zijn al erg trots als ze een goede kopie van een product kunnen maken'*



Op deze vliegtuigstoel kun je op drie verschillende manieren comfortabel zitten.

# Altijd een vaste hand

CHIRURGEN GRIJPEN STEEDS VAKER NAAR DE ROBOT. DE METALEN ASSISTENTEN ZIJN AL IN HONDERDEN ZIEKENHUIZEN IN GEBRUIK. MAAR NOG STEEDS ZIJN ER GEEN HULPROBOTS VOOR OPERATIES AAN DE RUGGENGRAAT. DUITSE ONDERZOEKERS PRESENTEERDEN ONLANGS HET PROTOTYPE VAN ZO'N ROBOT.

IN DE KLINIEK VOOR NEUROCHIRURGIE in het Duitse Erlangen is sinds enige tijd het nieuwe robotsysteem URS Evolution 1 in gebruik. Het apparaat is vooral geschikt voor operaties aan de hersenen. 'De robot is een assistent waarmee artsen preciezer kunnen werken. De hoge nauwkeurigheid van de robot maakt het de neurochirurg mogelijk om de plek van de operatie te bereiken, terwijl hij er zeker van kan zijn dat schade aan het kwetsbare hersenweefsel zo klein mogelijk blijft', zegt dr. Volker Urban over het belangrijkste medische voordeel van het robotsysteem. De bewegingen van de robot zijn altijd rustig en op een honderdste van een millimeter nauwkeurig. 'Dat moet ook', legt de chirurg uit, 'want onze hersenen zijn een zeer gecompliceerd systeem van bloedvaten en neurologische structuren. Bijna iedere vierkante millimeter van het weefsel heeft een bepaalde functie.'

Urban is niet alleen wetenschappelijk leider van het bedrijf Universal Robot Systems, dat de URS Evolution 1 produceert, maar ook neurochirurg aan de Emma Kliniek voor operatieve geneeskunde. Met zijn kennis ondersteunt hij

tevens het nieuw opgerichte robotbedrijf, dat voortkomt uit het befaamde Fraunhofer Instituut voor productietechniek en automatisering, kortweg IPA. Het bedrijf

Zonder robot komen de schroefjes in 20 tot 25 % van de gevallen niet op de juiste plek terecht

ontwikkelt momenteel een van de door IPA-wetenschappers ontworpen prototype verder, zodat er een voor de markt interessant product uit komt. Inmiddels zijn de eerste robots al verkocht: in Erlangen en Frankfurt am Main wordt er succesvol gebruik van gemaakt.

De IPA-wetenschappers weten dat hun operatie-robot bij Universal Robot Systems in



De arts kijkt naar het beeldscherm, waarop een klein gedeelte van de hersenen van de patiënt is te zien die met een vastgezet hoofd op de operatietafel ligt. Zodra de chirurg heel voorzichtig de joystick beweegt begint de robot zacht te zoemen en beweegt de endoscoop een fractie van een millimeter naar links. De neurochirurg controleert de beweging op het scherm. Daarna pakt hij weer de joystick en beweegt hij de robot verder.

goede handen is. Ze zijn daarom nu al bezig met het ontwikkelen van een volgend operatiesysteem: een robot waarmee in de ruggengraat geopereerd kan worden. Alleen al in Duitsland hebben meer dan 20 miljoen mensen rugklachten. Bij ernstige gevallen, zoals versleten kraakbeen of letsels van de ruggengraat zelf, helpt alleen een speciale operatie: Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF). Hierbij worden twee of meer wervels met twee vaste pennen aan elkaar geschroefd. Daarbij boort de arts door de dunne buis waarin het ruggenmerg zit kleine schroefjes in de wervelkolom. Deze extreem moeilijke operatie kan alleen door experts worden

verricht: de schroefjes moeten extreem nauwkeurig geplaatst worden om niet het ruggenmerg, de zenuwen of de centrale bloedbanen te raken. Er bestaan tot nu toe nog geen robotsystemen die hierbij kunnen helpen.

## HEXAPOD

Twee jaar geleden heeft het IPA samen met drie andere Fraunhofer-instituten een nieuwe werkgroep opgericht onder de naam Robots en Manipulatoren voor medische toepassingen (RoMed). RoMed heeft als belangrijkste doelstelling de ontwikkeling van een robot voor operaties aan de ruggengraat. Nu is er een eerste prototype. 'We hebben een

robotsysteem ontwikkeld waarmee de chirurg precies en nauwkeurig gaatjes kan boren en die helpt bij het aanbrengen van de schroefjes', zegt IPA-deskundige Jan Stallkamp. Hoe zinvol de inzet van de rustige en exacte hand van de robot bij operaties aan de ruggengraat is, wordt in nieuw wetenschappelijk onderzoek aangetoond: volgens de cijfers komen in 20 tot 25 % van alle gevallen waar nog zonder robot wordt geopereerd, de schroefjes niet op de juiste plek terecht - met als gevolg dat er tal van complicaties ontstaan en het gevaar bestaat dat er ernstige schade aan de zenuwen optreedt. Dit kan met de nieuwe robot worden voorkomen.

Het systeem maakt gebruik van een speci-

## ROBOT OPEREERT RUGGENGRAAT OP DE TIENDE MILLIMETER NAUWKEURIG

aal kinematisch concept, dat analoog aan de benen van vliegssimulatoren 'hexapod' is gedoopt. De hexapod is compleet vrij beweegbaar over zes vrije assen. 'De parallelle bewegingen van een hexapod zijn heel precies en tegelijk stijf en zijn dus uitstekend geschikt voor moeilijke toepassingen, zoals in de ruggengraatchirurgie', zegt projectleidster Andrea Hiller. De robot is rustiger en preciezer dan de hand van een chirurg en kan de schroefjes tot op een tiende millimeter nauwkeurig indraaien. De relatief kleine actieradius van de hexapod wordt door een voorpositioneringssysteem vergroot. Met dit systeem wordt de hexapod op een algemene beweegbare arm voor operaties gemonteerd. Tijdens de operatie worden de precisiebewegingen van de robot zelf gebruikt.

Speciaal voor operaties aan de ruggengraat hebben de Fraunhofer-onderzoekers een geautomatiseerde testomgeving ontwikkeld: een apparaat dat tijdens het boren en schroeven tegelijk het resultaat met allerlei sensoren controleert. Deze kleine sensoren meten bij het boren en schroeven de gebruikte kracht respectievelijk het draaimoment en kijken of de gemeten waarden binnen de tolerantiegrenzen liggen. Om de robot ook in de praktijk exact te laten werken is een nauwkeurige voorbereiding en controle tijdens de operatie vereist. Niet anders dan voor een handmatige operatie worden van tevoren in de computertomograaf foto's van het aangetaste gedeelte van de ruggengraat gemaakt. Een speciaal ontwikkeld grafisch systeem zet deze gegevens om in een driedimensionaal model, waarmee de chirurg de ingreep exact kan uittekenen. De zo gewonnen gegevens vormen de basis voor de besturing van het robotsysteem.

## NAVIGATIESYSTEEM

Tijdens de operatie maakt een met sonargeluid werkend navigatiesysteem actuele opnamen van de ruggengraat. Zo weet de robot steeds precies waar hij zich op elk moment bevindt en waar hij moet zijn om

de schroefjes op de goede plek aan te brengen. Op een speciale monitor kan de chirurg alles volgen en op ieder moment ingrijpen.

De constructie van het bedieningssysteem was een speciale uitdaging, omdat het apparaat in de steriele operatiekamer moet kunnen worden gebruikt. Het systeem moet in staat zijn een sterilisatieproces van vijf minuten bij 135 °C hete waterdamp bij te houden. Voor gevoelige elektronica is dat een vrijwel onhaalbare drempel. De IPA-wetenschappers hebben echter ook hiervoor een oplossing bedacht. Ze hebben de gevoelige elektronische onderdelen helemaal uit het bedieningspaneel gehaald en in plaats daarvan een speciaal projectieschijfje ontwikkeld dat als computerscherm en inputterminal kan worden gebruikt. Dit robuuste schijfje kan het sterilisatieproces wél aan. De beelden worden vanuit een projector, die buiten de steriele kamer staat opgesteld, op het beeldscherm geprojecteerd. Op die manier kan de arts het systeem met een grafische gebruikersinterface aansturen via een optische pointer. Met dit op een pen lijkend apparaat typt de arts zijn bevelen op het touchscreenscherm. Op deze manier kan de chirurg zelfs in een perfect steriele omgeving alle processen goed besturen.

Ervaren chirurgen zijn erg onder de indruk van het nieuwe prototype. 'Bij operaties aan de ruggengraat werden tot nu toe alleen maar geautomatiseerde navigatiesystemen ingezet. We hebben nu een robotsysteem waarmee in de ruggengraatchirurgie met een extreem grote precisie schroeven kunnen worden aangebracht', benadrukt prof.dr. Martin Borner, directeur van de Ongevallenkliniek in Frankfurt. Het zal echter nog wel enkele jaren duren voordat de robot is uitgegroeid tot een vaste assistent in de operatiekamer. ●

Sensoren meten tijdens het boren het resultaat



## DE KRACHT VAN WIND

De kosten voor energieopwekking uit windkracht zijn de afgelopen twintig jaar pijlsnel gedaald. Een kilowattuur (kWh) windstroom kost circa tien cent, de conventionele methode bruto acht cent. Met de milieubelasting meegeteld kost 'vuile' stroom tegenwoordig twaalf cent per kWh. Een 50-watt lamp brandt twintig uur op 1 kWh. Een commerciële windmolen levert, op 35 % van zijn capaciteit, voldoende elektriciteit voor 450 woningen. Daardoor belandt jaarlijks vier miljoen kilo CO<sub>2</sub> minder in de atmosfeer.

### Opwekkend

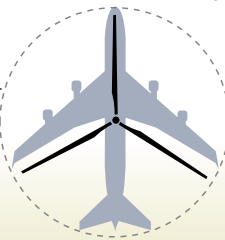
Het *wiekenstel* draait een lange as in de turbine.

De *tandwielkast* zorgt ervoor dat de as meer omwentelingen maakt, tot zo'n 1200 à 1800 per minuut, afhankelijk van de grootte.

In de *generator* bevinden zich ronddraaiende magneten die in de spoel stroom opwekken.

### Grote rotorbladen

De rotor of het wiekenstel van een windturbine van 1,5 megawatt (MW) heeft een ongeveer even grote diameter als de spanwijdte van een Boeing 747.



### Stroom in huis

1 De opgewekte elektriciteit gaat via een transformator naar een hoger voltage en verdwijnt dan op het netwerk van hoogspanningsleidingen.

#### Substation

2 In een transformatorstation bij de woningen gaat de hoogspanning terug naar huisspanning.

### Greep op stroom

Windmeter en windvaan geven de windsnelheid en de windrichting aan.

Controle-eenheid verzamelt gegevens over de wind, stuurt de turbine aan, zet de rotorbladen in de juiste stand en houdt de elektriciteitsproductie in het oog.

Generator

Tandwielkast

Rotor

Mast  
Is gewoonlijk  
15 tot 25  
verdiepingen  
hoog.

Kruimotor  
Draait de windturbine in of van de wind om de opbrengst op te voeren of juist te verminderen.

Stelsysteem plaatst de afzonderlijke rotorbladen in de gunstigste stand in of van de wind. De vorm van het blad zet energie in de langsstromende lucht om in een draaiende beweging, die door het stelsysteem wordt gecontroleerd.

Emily Brannan/AP

Bronnen: American Wind Energy Ass., Enron Wind Corp., National Renewable Energy Lab.

### WINDSTILTE VOORBIJ

De jaren van relatieve windstilte rond de bouw van windturbines in Nederland lijken voorbij. In 2000 groeide het arsenaal aan windturbines stormachtig met 30 % tot een totaalvermogen van 442 MW. Ook dit jaar worden veel turbines bijgeplaatst, terwijl de plannen voor grote windmolenparken op zee vaster vorm krijgen. Zo nam een milieueffectrapport begin november twijfels weg over de bouw van een windmolenpark bij de Afsluitdijk,

een investering van zo'n 900 miljoen gulden. Aan de Waddenzee komen volgens het voorstel 49 windturbines, in het IJsselmeer, onder een hoek met de dijk, nog eens zestig. Hoewel zich per jaar zo'n 14 000 vogels tijdens de trek in de rotors te pletter vliegen, wordt die milieuschade aanvaardbaar genoemd. De Waddenvereniging, Natuurmonumenten en Vogelbescherming denken daar heel anders over. Deze organisaties zullen alles doen om de bouw van het windmo-

lenpark te verhinderen. Dat krijgt iets Don Quichotterigs, omdat uit een onderzoek van Novem en CBS onder 1200 Nederlanders blijkt, dat het gros geen bezwaar heeft tegen de bouw van (veel) meer windmolens. Bedrijventerreinen, kust- of oevergebieden genieten de voorkeur van de ondervraagden. Zo maakt het rijk in april bekend welke van drie consortia het Near Shore Windpark in de Noordzee bij Egmond mag bouwen.

Inmiddels komt 1,5 % van het jaarlijkse stroomverbruik in Nederland van windturbines. Dat moet snel naar 5 %. Zo lang in Nederland nog te weinig bouwruimte voor windturbineparken beschikbaar is, kijkt energiebedrijf NUON veel over de grens. Afgelopen najaar haalde dit bedrijf 584 turbines in huis met de aankoop van Desa in het Spaanse Sevilla. De komende paar jaar zal Nuon in Spanje nog miljarden investeren om uiteindelijk 750 000 huishoudens van windstroom te kunnen voorzien.



# Het Ontwerp De Ingenieur

*De laatste producten en trends:  
De 1,5 liter auto, skisleeën als nieuwe  
wintersport, geheugen in een sleutelhanger*

**HEEFT U OOK EEN ROBOT IN HET HUISHOUDEN? STUUR UW TIPS NAAR: REDACTIE@INGENIEUR.NL**

## ZUIGROBO SCANT MUREN

's Werelds eerste automatische stofzuiger noemt Electrolux haar nieuwste product Trilobite. De Zweedse producent van huishoudelijke apparatuur (zie ook *Wereldmerken* op pagina 51) presenteerde de Trilobite vorige maand in thuisland Zweden en wil de robotstofzuiger begin volgend jaar ook naar andere landen exporteren. Het ronde apparaat bestaat behalve uit de behuizing en herbruikbare stofverzamelbak uit een sonarsysteem, geavanceerde elektronica, twee aandrijfwielen en vier elektromotoren. Een voor elk wiel, een voor de ventilator en een motor voor de roller die het stof en vuil verzamelt.

'De machine 'ziet' op dezelfde manier als een vlemuis', zegt projectleider Lars Dahl van Electrolux. 'Het akoestische signaal heeft een frequentie van 60 000 Hz en de halfronde vorm geeft de stofzuiger een blikveld van 180 graden. Met een maximumsnelheid van 0,4 m/s manoeuvreert de Trilobite door de kamer en vermijdt aanrijdingen met alles dat zijn pad kruist. Magnetische strippen bij deuren, trappen en andere openingen fungeren als een elektronische muur die de stofzuiger in de kamer houdt.'

Als de stofzuiger aan zijn taak begint volgt hij vanaf de eerste nabijgelegen wand eerst alle muren in de ruimte. Tijdens het zuigen van deze contour scant de Trilobite

alle muren om een beeld op te bouwen van de ruimte. Tijdens het zuigen van de open plekken detecteert de sonar alle obstakels en berekent de stofzuiger direct een nieuw pad om te volgen.

'De twee wielen met onafhankelijke vering worden aangedreven door twee aparte elektromotoren. Wij kozen voor deze technische oplossing zodat de stofzuiger makkelijk over bijvoorbeeld kabels en tapijtranden kan rijden. In combinatie met de ronde vorm en



de hoogte van slechts 13 cm rijdt de Trilobite makkelijk overal tussendoor, over kleine hobbels en onder lage meubels en bedden', zegt Dahl.

Als de batterijen leeg raken, keert de Trilobite automatisch terug naar zijn oplaadstation. Als dit gebeurt tijdens het zuigen dan gaat hij direct verder zodra de batterijen weer vol zijn. Op het LCD-scherm van de Trilobite kan de eigenaar kiezen voor drie verschillende zuigprogramma's voor normaal, snel en plaatselijk stofzuigen.

De stofzuiger ontleent zijn naam en zijn vorm aan de Trilobite, een prehistorisch dier dat 250 tot 560 miljoen jaar geleden de bodems van de oceanen schoonmaakte. De Trilobite doet met zijn ronde vorm en mogelijkheden echter ook wel denken aan de robot-

grasmaaier die het Amerikaanse bedrijf FriendlyRobotics al enkele jaren verkoopt (zie ook *De Ingenieur* nr. 7, 04-04-2001).

Of de Trilobite zich met recht 's werelds eerste automatische stofzuiger mag noemen valt ook nog te bezien, want het Amerikaanse bedrijf Probotics levert al twee jaar lang een stofzuigerunit bij haar Cye-sr 'persoonlijke robot'. De Cye-sr kan met zijn camera een huis in de gaten houden

als een soort beveiligingssysteem en met de draadloze stofzuigerunit kun je via de internetsite [www.web-bots.com](http://www.web-bots.com) het apparaat aan en uit schakelen en met wat muisklikken de Cye-sr bepaalde plekken laten stofzuigen. Een belangrijk verschil is natuurlijk wel dat de Trilobite alles automatisch doet en de Cye-sr alleen luistert naar opdrachten van zijn baasje via de internetaansluiting.

[trilobite.electrolux.se](http://trilobite.electrolux.se)

[www.personalrobots.com](http://www.personalrobots.com)

[www.web-bots.com](http://www.web-bots.com)

[www.friendlyrobotics.com](http://www.friendlyrobotics.com)

KENGETALLEN	
<b>MERK EN TYPE</b>	Electrolux Trilobite
<b>MAXIMUMSNELHEID</b>	0,4 m/s
<b>DIAMETER</b>	350 mm
<b>HOOGTE</b>	130 mm
<b>GEWICHT</b>	5 kg
<b>SONARFREQUENTIE</b>	60 000 Hz
<b>ZICHTVELD</b>	180 graden
<b>GELUIDSNIVEAU</b>	75 dBA
<b>BEDIJFTIJD</b>	1 uur
<b>OPLAADTIJD</b>	2 uur
<b>KLEUR</b>	Satijn Cayenne (koperrood)
<b>VERWACHTE PRIJS</b>	1500 Euro

Voor haar nieuwe achterbankconstructie van hoogsterkte staal ontving het Italiaanse bedrijf Lear Corporation uit Turijn vorige maand de Swedish Steel Prize 2001, bestaande uit een bedrag van SEK 10 000 en de Swedish Steel Prize trofee. Lear won de prijs vanwege de wijze waarop het bedrijf door efficiënt gebruik van extra- en ultrahoogsterkte staal in de vorm van een gelast raamwerk van geprefabriceerde buizen de rugsteun van een auto-achterbank ontwikkelde.

Het ontwerp van Lear is 25 % lichter vergeleken met andere soortgelijke frames en kan daarbij zonder problemen voldoen aan de zware veilig-

heidseisen die de auto-industrie stelt aan het absorberen van botsingsenergie. Verder combineerde Lear de hoge sterkte van de constructie met een kostenbesparende productiemethode. De nieuwe achterbank van Lear zit in de Alfa Romeo 147, waarbij de gewichtsverlaging ook bij moet dragen aan een lager brandstofverbruik.

## STAALPRIJS VOOR AUTOSTOEL



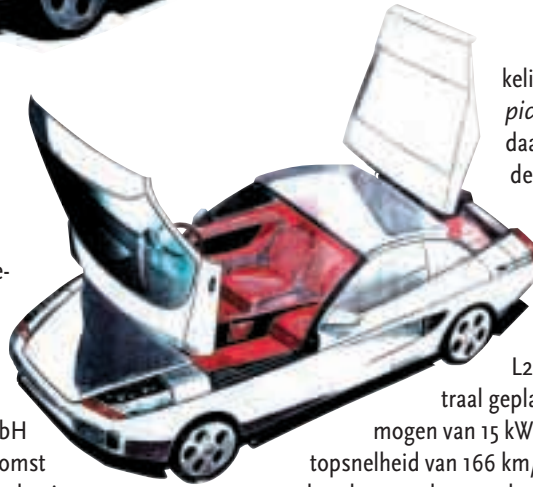
## SLECHTS 1,5 LITER VOOR 100 KM

Met een andere constructie van de carrosserie is het mogelijk door flinke gewichtsbesparing een auto te bouwen die slechts 1,5 liter brandstof op 100 km verbruikt. Dit zegt de Duitse autoconstructeur Uli Sommer die zo

zeker is van zijn autoconcept L22-Eco dat hij met het Duitse bedrijf Loremo Automotive GmbH werkt aan een prototype. Loremo wil in de toekomst de L22-Eco alsmede de L22-Sport ook zelf in productie nemen, een riskante stap in een wereld waar helaas slechts een klein groepje conventionele autogiganten heer en meester zijn. Sommer realiseert het extreem lage gewicht van 450 kg voor een vierpersoons auto door de sterkte van de carrosserie in de lengterichting te gebruiken. Normaal zitten daar de portieren die de zijkanten van de auto gigantisch verzwakken. Sommer tekende een auto waar de passagiers aan de voor- en achterkant instappen, net als bij de Janus dwergauto van Zündapp uit 1956 (zie het boek *Dwergauto's, De Ingenieur* nr. 13-14, 9-8-2001). De passagiers zitten twee aan twee met de rug naar elkaar toe waardoor het zwaartepunt bijzonder gunstig in het midden van de auto ligt.

Volgens Sommer is deze zitpositie ook veilig voor de inzittenden en is het chassis van de auto bijzonder stijf door het ontbreken van deuren in de zijkant. In de lengterichting zitten drie ononderbroken versterkingsbalken en de auto heeft voor en achter grote kreukelzones. Bij een zijbotsing is binnendringen van het interieur haast onmogelijk en bij een frontale botsing zal slechts een minimale vervorming van het passagierscompartiment optreden.

De Loremo L22 is door het vervangen van de achterdeur mak-



kelijk om te bouwen tot een cabriolet, pick-up of stationwagen. Bij de standaarduitvoering zorgt de gestroomlijnde carrosserie en de korte verhoging in de daklijn voor de hoofden van de passagiers voor een bijzonder lage Cw-waarde (luchtweerstandscoefficient) van 0,19 voor de L22-Eco en 0,20 voor de L22-Sport. De L22-Eco heeft een centraal geplaatste turbodieselmotor met een ver-

mogen van 15 kW of 20 pk die zorgt voor een topsnelheid van 166 km/h, vanwege milieu- en veiligheidseisen echter begrensd op 140 km/h. Sommer zegt dat de L22-Eco grote milieuvoordelen brengt door de hoge brandstofbesparing en doordat de L22 tijdens productie slechts een derde van het energieverbruik kost van een reguliere auto.

[www.loremo.com](http://www.loremo.com)

KENGETALLEN	
<b>MERK EN TYPE</b>	Loremo L22-Eco Loremo L22-Sport
<b>CW-WAARDE</b>	0,19 0,20
<b>FRONTAAL OPPERVLAK</b>	0,21 m <sup>2</sup> 0,23 m <sup>2</sup>
<b>VERMOGEN</b>	15 kW 35 kW
<b>ACCELERATIE</b>	0-100 KM/H 18 s 9 s
<b>MAXIMUMSNELHEID (BEGRENSD)</b>	140 km/h 200 km/h
<b>VERBRUIK DIESEL</b>	1,5 l/100 km 2,5 l/100 km
<b>BEREIK MET 38 LITERTANK</b>	2500 km 1500 km
<b>GEWICHT</b>	450 kg (maximaal) 450 kg (maximaal)
<b>PRIJS</b>	10 000 EURO 18 000 EURO

## FIETSEN ALS EEN SLANG



De Swedish Steel Prize is een jaarlijkse internationale industriële onderscheiding, ingesteld door de Zweedse staalproducent SSAB Tunnplåt, ter bevordering van innovatief construeren, waarbij de eigenschappen van hoogsterkte staal zoveel mogelijk worden uitgebuit. 'Met de Swedish Steel Prize willen we bekendheid geven aan het potentieel aan technische verbeteringen en verhoogde rentabiliteit die de industrie kan halen uit hoogsterkte staal', zegt Curt Johansson, directeur van SSAB Tunnplåt. 'Dit is het staal van de toekomst, met eigenschappen waarmee de fabrikant zelfs in tijden van zware recessie zijn concurrentiepositie kan verbeteren. De voordelen zijn groot. Hoogsterkte-staalsoorten zijn efficiënter te benutten, de constructies zijn meer rendabel, de producten zijn sterker en lichter en de milieubelasting

is lager in alle stappen van de levenscyclus, van fabricage tot recycling.'

[www.ssabtunnplat.com](http://www.ssabtunnplat.com)



## WERELDMERKEN

### KOELKAST OP KEROSINE

De ontstaansgeschiedenis van de Zweedse producent van huishoudelijke apparatuur Electrolux begint in feite met de Lux lamp, een kerosinelamp voor buitengebruik die wereldwijd in vuurtorens werd gebruikt. AB Lux, opgericht in 1901, bracht het product op de markt. Vanwege de concurrentie met elektrisch licht zoekt het bedrijf, dat zich in 1908 in Stockholm vestigde, echter naar nieuwe producten en gaat samenwerken met Axel Wenner-Gren, een marketeer uit Wenen, die zich aangetrokken voelt tot de lompe, zware en onhandelbare stofzuiger van het bedrijf Santo. Hij besluit voor dat



bedrijf te gaan werken en wanneer hij denkt genoeg geleerd te hebben keert hij terug naar zijn thuisstad

Stockholm. Daar treedt hij bij AB Lux in dienst dat in 1912 de Lux 1 presenteert, de eerste compacte elektrische huishoudelijke stofzuiger.

In 1919 gaan Svenska Elektron, dat twee jaar eerder het eveneens Zweedse bedrijf Elektromekaniska overnam, en AB Lux samen verder onder de naam AB Elektrolux, een koppeling van de namen Elektromekaniska en Lux. Het nieuwe bedrijf komt in 1925 met een koelkast die werkt op elektriciteit, gas of kerosine.

In de jaren vijftig introduceert Electrolux onder meer wasmachines, vaatwassers, koelkasten voor in caravans en de Z70 stofzuiger, een ontwerp van de Zweedse industrieel ontwerper Sixten Sason die eind jaren veertig ook de eerste Saab personenauto, de Saab 92, had ontworpen. Electrolux neemt sinds de jaren zeventig wereldwijd diverse bedrijven en daarmee merknamen over zoals Zanussi, Husqvarna, Frigidaire, Gibson en White Westinghouse. In 1997 presenteert Electrolux voor het eerst een prototype van een automatische stofzuiger die onlangs is geïntroduceerd (zie ook pag. 49).

[www.electrolux.com](http://www.electrolux.com)

# SKISLEEËN, NIEUWE WINTERSPORT

Wintersport zal nooit meer hetzelfde zijn met de nieuwe freestyle sport Hiplash. Het ontwerp bestaat uit een combinatie van ski's en een traditionele slee waarmee volgens ontwerper Bart van Gils spectaculaire afdalingen en stuurbewegingen mogelijk zijn op hoge, maar goed controleerbare snel-

heden. Van Gils studeerde eerder dit jaar af aan The Design Academy in Eindhoven op het concept van de Hiplash waarvan hij een werkend prototype en een presentatiemodel maakte. 'Je bestuurt de Hiplash door een combinatie van heupbewegingen en door verplaatsing van je lichaamsgewicht',

vertelt van Gils. 'Deze bewegingen worden door een mechanische overbrenging omgezet in een kantelbeweging van de ski's waardoor snelle bochten en spectaculaire stunts mogelijk zijn. Experimenteren met de Hiplash was echt stuntwerk omdat het prototype tijdens de eerste twintig testen op pistes in Frankrijk en Italië nog geen remmen had.' Van Gils probeert het concept van de Hiplash nu te commercialiseren en zoekt een bedrijf die de skislee in productie wil nemen.

[bartvangils@hotmail.com](mailto:bartvangils@hotmail.com)



WENNER OTTELIJANN

Fietsen verleer je niet, maar om op de Snike *snake-bike* te kunnen fietsen moet je jezelf een compleet nieuwe fietstechniek aanmeten. De Duitse fietsenproducent noemt haar 'slangenfiets' zelfs een complete fitnessstudio op twee wielen die door doktoren wordt aangeraden voor effectieve training van de rugspieren voor het genezen en voorkomen van rugklachten en het trainen van balans en concentratie. Snike is dan ook op meerdere manieren gebaseerd op de slang. Constructief gezien omdat het frame dat het voor- en het achterwiel verbindt in het midden scharniert en daardoor soepele slangachtige bewegingen naar beide kanten toelaat. Deze stuurbewegingen komen volgens Snike ten goede aan de rugspieren door grote mobiliteit te vragen van de ruggengraat, net zoals een slang beweegt.

Snike ontving dit jaar voor de *snake-bike* een Duitse Red Dot Award in de categorie Product Design. De 'slangenfiets' is op de website online te bestellen, waarbij de prijzen lopen van 807 euro voor de simpelste versie zonder versnellingen tot 1478 euro voor de Snike Classic.

[www.snike.com](http://www.snike.com)

[www.red-dot.de](http://www.red-dot.de)

[www.design-germany.de](http://www.design-germany.de)



#### KENGETALLEN

**MERK EN TYPE**  
Snike Classic

**FRAME CONSTRUCTIE**  
Ovalen buizen

**FRAME MATERIAAL**  
25CroMo4

**LENGTE BERIJDER**  
1,40 m tot 1,95 m

**GEWICHT**  
14 kg

**REMMEN**  
Magura HS 33

**WIELNAVEN +  
VERSNELLINGEN**  
Shimano Deore

**WIELEN**  
Alesa 'X-Plorer'

**PRIJS**  
1478 euro



## GEHEUGEN IN EEN SLEUTELHANGER

DiskOnKey is een mobiele en betrouwbare harddisk van 8, 16, 32, 64 of 128 Mb die je aan je sleutelhanger kunt vervoeren en simpelweg via de USB-poort van de computer aansluit. De computer herkent de DiskOnKey meteen als aanvullende harddisk met zijn eigen processor die verschillende toepassingen en applicaties ondersteunt.

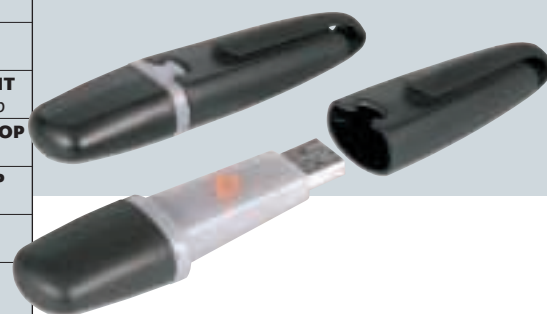
Met de DiskOnKey kun je bijvoorbeeld documenten of presentaties opslaan, muziek, video's en boeken downloaden en opslaan en makkelijker correspon-

deren tussen Windows- en Mac-programma's. DiskOnKey werkt ook onder de nieuwste Windows, Mac OS en Linux besturingssystemen.

[www.diskonkey.com](http://www.diskonkey.com)

[www.getronics.nl](http://www.getronics.nl)

KENGETALLEN	
<b>PRODUCTNAAM</b>	DiskOnKey
<b>SNELHEID</b>	12 Mb/s
<b>OPSLAGCAPACITEIT</b>	8, 16, 32, 64 of 128 Mb
<b>LENGTE ZONDER DOP</b>	85,5 mm
<b>LENGTE MET DOP</b>	98,5 mm
<b>BREEDTE</b>	15 mm
<b>BESTURINGS-SYSTEMEN</b>	Windows 98, Windows 2000, Windows ME, MacOS 9.0 & hoger, Linux 2.4.0



KENGETALLEN	
<b>MERK EN TYPE</b>	Roadrunner
<b>VLIEGSNELHEID</b>	225 km/h
<b>WEGSNELHEID</b>	130 km/h
<b>ACTIERADIUS</b>	800 km
<b>LENGTE TOTAAL</b>	6400 mm
<b>SPANWIJDTE</b>	8534 mm
<b>HOOGTE</b>	2006 mm
<b>ZITPLAATSEN</b>	2

## ELEKTRONISCHE BAS

De akoestische bas is een instrument waarvan de gigantische afmetingen in schril contrast staan met de beperkte geluidsterkte die het voortbrengt, nog afgezien van de praktische vervoersproblemen. Leo Fender bood de wereld daarom in 1951 een alternatief met de versterkte basgitaar, de Precision Bass, maar Yamaha introduceert nu precies een halve eeuw later de elektronische bas.

De elektronische bas is een opvallende verschijning bestaande uit de complete hals met snaren en een afneembaar frame dat een accent geeft van de omtrek van het oorspronkelijke instrument. Deze Silent Bass SLB-100 heeft dus ook geen klankkast, maar is elektronisch versterkt te horen via versterker of koptelefoon. De producent van elektronische muziekinstrumenten wil zo een moderne bas introduceren die makkelijk te vervoeren is en daardoor overal bespeeld kan worden. Voor de Silent Bass SLB-100 ontving Yamaha dit jaar een Duitse Red Dot Award in de categorie Product Design.

[www.yamaha.com](http://www.yamaha.com)

[www.red-dot.de](http://www.red-dot.de)

[www.design-germany.de](http://www.design-germany.de)



## VLIEGTUIGAUTO

In de zoektocht naar een praktische en goede werkende vliegtuigauto (zie ook *De Ingenieur* nr. 15, 28-11-2001) ontwierp de gepensioneerde Air Force-piloot Roger Williamson uit Texas een vliegtuig waarvan het neusstuk bestaat uit een driewielige auto die met zijn achterkant in het staartstuk vastzit. Binnen vijf minuten is het staartstuk zonder gereedschap losgekoppeld en rijdt de bestuurder de staartstuk met vleugels op het vliegveld achterlaat of met losgekoppelde vleugels als aanhanger meeneemt. Williamson ziet zijn Roadrunner-concept als de beste oplossing voor een vliegtuigauto, omdat je er veilig mee de snelweg op kunt met een snelheid van 130 km/h en in de lucht een snelheid haalt van 225 km/h, terwijl bij andere vergelijkbare transportmiddelen de snelheid op de weg of in de lucht erg laag is. Volgens Williamson ligt dat aan

het feit dat auto's en vliegtuigen simpelweg totaal andere voertuigen zijn met belangrijke verschillen qua constructie, grootte, gewicht, wielophanging en wielen. De driewielige auto van Williamson is in de vliegconfiguratie dan ook alleen het neusstuk van het vliegtuig met neuswiel, brandstoftank, motor en propeller. Op de grond trekt de chauffeur



het neuswiel in en komen er drie autowielen tevoorschijn, waarbij een eigen motor het enkele achterwiel aandrijft.

[www.stic.net/users/willyfp](http://www.stic.net/users/willyfp)



*Het snelst groeiende technologiebedrijf van Nederland, Rhein Biotech, dat zestien jaar geleden is opgericht door prof. Cor Hollenberg, levert wereldwijd vaccins en immuno modulatoren. De onderneming, die zijn omzet in drie jaar met 1577 % zag stijgen, is gebaseerd op een efficiënt gistexpressiesysteem. 'Maar het succes van Rhein Biotech zit hem vooral in de bedrijfsstrategie.'*

## RHEIN BIOTECH SNELST GROEIENDE TECHNOLOGIEBEDRIJF

# Het succes van efficiënte gist

**'MET EEN POTJE VAN HET** eindproduct kun je bij wijze van spreken heel Afrika vaccineren', zegt ir. Richard H. Holslag, die bij Rhein Biotech verantwoordelijk is voor alle productieactiviteiten. Vaccins die voor het verloren conti-

nent ook nog betaalbaar zijn. Het Nederlands-Duitse technologiebedrijf ontwikkelt en produceert namelijk relatief goedkope vaccins voor de wereldmarkt, met name tegen hepatitis B. De onderneming levert verder entstoffen voor reizi-

gers en 'therapeutische vaccins' tegen hepatitis B en C.

De oprichter van Rhein Biotech, prof. Cornelis Hollenberg, had aan de Universiteit Düsseldorf een gist-expressiesysteem ontwikkeld, waarbij hij gebruik maakte van de gistcel *Hansenula Polymorpha*. Een bepaald gen kan in het bestaande DNA van een gistcel worden ingebouwd (recombinant DNA). Hierdoor is de gistcel in staat het eiwit te produceren dat door het gen gerepresenteerd wordt.

Een algemeen probleem bij deze expressiesystemen is dat de genen vaak niet stabiel zijn. Na een aantal generaties wil het genmateriaal nogal eens verloren gaan. *Hansenula Polymorpha* hield het materiaal na vele generaties echter nog vast. Een andere positieve eigenschap van deze gistcel is de hoge efficiëntie, waarmee deze het eiwit produceert. Het aantal kopieën van een gen dat je inbouwt in een gistcel, heeft invloed op deze efficiëntie. Met *Hansenula Polymorpha* kan met een hoog aantal kopieën (50-100) worden gewerkt.

Het systeem bleek zo stabiel en efficiënt, dat dit tot in lengte van jaren toepasbaar is. Met deze gedachte richtte Hollenberg Rhein Biotech op om de technologie verder te ontwikkelen.

*'Met een potje van het eindproduct kun je bij wijze van spreken heel Afrika vaccineren'*

Een ander voordeel van *Hansenula Polymorpha* openbaart zich in de activering van de cel. Op het juiste moment moet de cel ingeschakeld worden om het eiwit aan te maken. Om dit te bereiken wordt de cel als het ware uitgehongerd door zijn gebruikelijke voedingsstoffen (suikers) weg te nemen. Door de cel vervolgens een mengsel van glycerol en methanol aan te bieden verandert hij zijn stofwisseling. Dit doet hij door andere enzymen aan te maken zodat hij de andere voeding alsnog tot

zich kan nemen. De genen die zorgen voor de aanmaak van deze enzymen zitten op een bepaalde plaats in het DNA. Het stukje gen dat het eiwit codeert dat je wilt maken, is op deze plaats aangebracht. Door dus het voedingsaanbod te wijzigen gaat de cel het gewenste eiwit produceren. Bij de activering van *Hansenula Polymorpha* is in tegenstelling tot andere gisten geen methanol nodig. Dit heeft praktische voordelen aangezien methanol toxisch en licht ontvlambaar is.

### FERMENTOREN

'Het op grote schaal produceren van antigenen vindt plaats in fermentoren', legt Holslag uit, waarbij hij aantekent dat je het begrip 'op grote schaal' wel moet relativeren. 'Fermentoren zijn als het ware grote biologische reactievaten. In de fermentor zit een lading biomassa, de gistcellen. Deze worden actief gemaakt waardoor ze het eiwit gaan aanmaken. Vaak kun je dit eiwit makkelijk oogsten door het te scheiden van de cellen. Het hepatitis B antigeen blijft echter in de cel zitten. Daarom oogsten we dan eerst de cellen, waarna we deze openmaken om het eiwit te bevrijden. Na het zuiveren houd je het farmaceutisch product over.'

Een uitdaging voor Rhein Biotech en andere bedrijven is het

steriel houden van de vaccins. Holslag: 'Aan de vaccins worden meestal conserveringsmiddelen toegevoegd, maar er is een trend om deze stoffen er uit te laten. Om je vaccin dan goed te houden moet het geheel vrij zijn van micro-organismen. Op deze manier worden de producten steeds groener.'

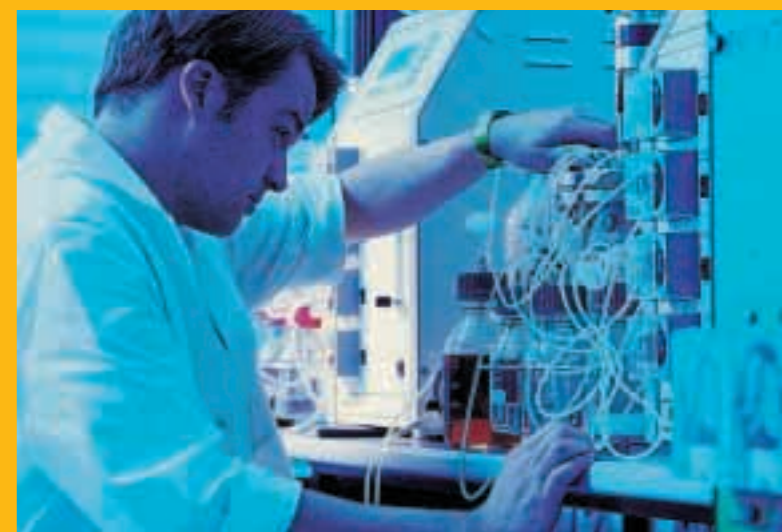
### STRATEGIE

Deloitte & Touche heeft Rhein Biotech uitgeroepen tot het snelst groeiend technobedrijf van Nederland. Het adviesbureau stelt elk jaar een top 50 samen van snel groeiende technologische ondernemingen, die is gebaseerd op de omzetgroei van de bedrijven over de laatste drie jaar. Rhein Biotech haalde in de periode 1998-2000 een omzetgroei van 1577 %. Van oorsprong is Rhein Biotech een

*'Bij de activering van Hansenula Polymorpha is in tegenstelling tot andere gisten geen methanol nodig'*

Duits bedrijf, maar in 1998 is er een kantoor in Maastricht opgezet. Het Duitse bedrijf werd toen dochter van Rhein Biotech NV in Nederland.

'Het succes van Rhein Biotech is mede te danken aan het efficiënte gist, waardoor we veel kunnen produceren in een relatief klein gebouw. Hierdoor zijn de investeringskosten lager', zegt Marcel Jacobs, communicatiemanager. 'Maar het succes van Rhein Biotech zit hem vooral in de bedrijfsstrategie', meldt Holslag. Hij onderscheidt de ontwikkeling van een bedrijf in een aantal fasen en kent waarden toe aan ontwikkelingen: 'In het begin ben je als bedrijf veel met research bezig, die op dat moment nog weinig marktwaarde heeft, want er kan nog veel misgaan. Daarna komt de preklinische en klinische fase waarin producten op veiligheid en effectiviteit



*Een ingenieur regelt op labschaal het fermentatieproces, waarbij antigenen worden geproduceerd.*

worden getest. De technologie mondt dan uit in een product, waardoor de waarde stijgt. Zodra het product succesvol blijkt, is het rijp voor de markt. Op dat moment is de waarde die je uit de technologie haalt het hoogst. Dit verleggen van je aandacht moet je op het juiste moment doen. Als je te lang in je technologie blijft hangen, kun je kansen missen in de markt. Lanceer je het product te vroeg, dan straft de markt je af.'

### LICENTIES

Rhein Biotech heeft dochterbedrijven in Duitsland, Korea en Argentinië en joint ventures in India en Egypte. Inmiddels produceert en verkoopt het bedrijf al dertien producten en groeit niet alleen snel, maar maakt ook nog winst.

In het begin gaf Rhein Biotech licenties aan andere bedrijven van de door hun ontwikkelde technologieën. Korea Green Cross kocht bijvoorbeeld een licentie voor de productie van hepatitis B. Dit bedrijf produceerde dan het uiteindelijke vaccin. 'Soms zie je dat startende bedrijven bij dit proces al hun rechten weg schrijven aan een ander bedrijf. Als de technologie later een succes blijkt te zijn, is een stukje royalty het enige dat je later terugkrijgt. Het komt ook voor dat er helemaal niets meer met de technologie gebeurt. Rhein Biotech heeft van begin af aan zelf

grip willen houden op de door hun ontwikkelde systemen', aldus Holslag.

Behalve preventieve vaccins werkt het technologiebedrijf ook aan 'therapeutische vaccins' en immuno modulatoren. Als iemand ziek is dan zal zijn lichaam antilichamen produceren. Soms echter gebeurt dit onvoldoende. Immuno modulatoren kunnen een afweerreactie versterken of oproepen als deze achterwege blijft. Gebaseerd op dit mechanisme en de werking van vaccins werken onderzoekers bij Rhein Biotech aan een therapeutisch vaccin tegen hepatitis B. Er zijn nu wel therapieën tegen besmetting, maar die bestrijden meer de symptomen dan de oorzaak; de ziekte blijft na behandeling aanwezig. Rhein Biotech werkt momenteel onder andere aan een therapeutisch vaccin tegen hepatitis B, dat de eigen afweer van de patiënt dusdanig stimuleert dat het virus verdwijnt en de zieke geneest. Jacobs: 'Een gezond bedrijf is namelijk ook bezig met R&D op lange termijn.'



*Een centrifuge.*

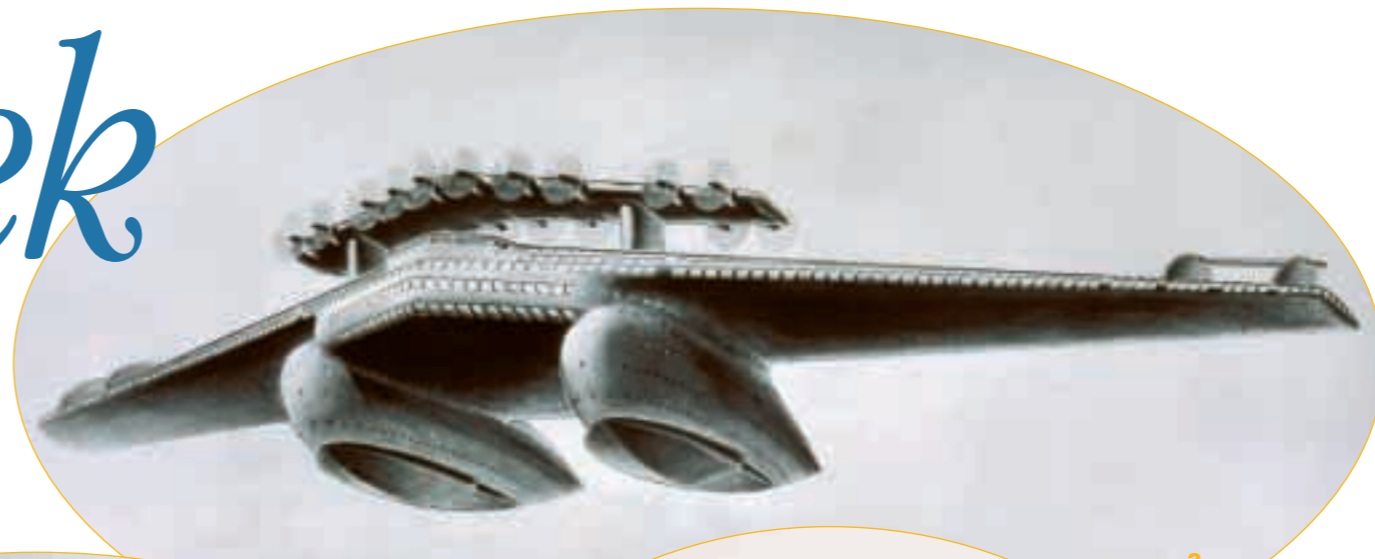


*Medewerkers bekijken op de researchafdeling een Hanseluna-kloon.*



*Professor Cor Hollenberg, oprichter van Rhein Biotech.*

# Droomtechniek



- 1 Vliegtuig, DC-3 Dakota, 1935. Ontwerp: Fred Steiner. Van dit meest succesvolle toestel ooit zijn ruim 15 000 exemplaren gebouwd. Een aantal vliegt nog steeds.
- 2 Spuitwatersifons Soda King, 1938. Ontwerp: Norman Bel Geddes. Materiaal: verchromd en gelakt gietstaal.
- 3 Tekening Airliner No. 4, 1929. Ontwerp: Norman Bel Geddes.
- 4 Operatielamp, 1949-1950. Ontwerp: onbekend. Materiaal: bakeliet.
- 5 Stencilmachine, 1929. Vormgever Raymond Loewy (1893-1986) veranderde en stroomlijnde het uiterlijk van een al langer bestaande stencilmachine en de verkoop schoot omhoog. Materiaal: bakeliet, metaal.
- 6 Strijkijzer Petitpoint, 1941. Ontwerp: Clifford Brooks, Edwin P. Schreyer. Materiaal: verchromd gietstaal, bakeliet.
- 7 Auto, Pontiac Silver Streak, 1948. Ontwerp: onbekend. Materiaal: gelakt en verchromd staalplaat.
- 8 Radio, Bluebird 1934. Ontwerp: Walter Dorwin Teague (1883-1960). Materiaal: glas en hout.
- 9 Locomotief. Ontwerp: onbekend.
- 10 Model van een Ocean Liner, 1932. Designer van dit futuristische Streamline-ontwerp is Norman Bel Geddes (1893-1958). Materiaal: gelakt hout. Schetsen van de Ocean Liner werden in 1932 gepubliceerd in het boek 'Horizons' van Bel Geddes: '70.000 ton, ontworpen voor luxe, economy en snelheid.'

IN HET STEDELIJK MUSEUM AMSTERDAM staat tijdelijk de verstaalde Amerikaanse droom op wielen geparkeerd: de Pontiac Silver Streak (1948) van General Motors. Deze auto is slechts een van de vele voorbeelden van Amerikaanse industriële vormgeving in de Streamline Style (1930 tot 1955). Tot 24 februari maken die deel uit van de expositie *Streamline, the Dawn of Tomorrow*.

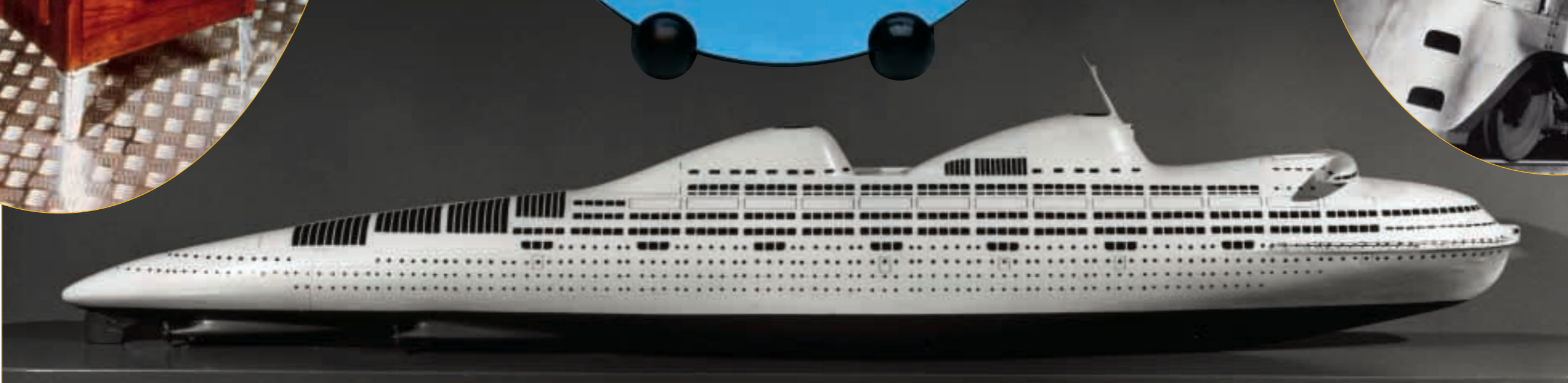
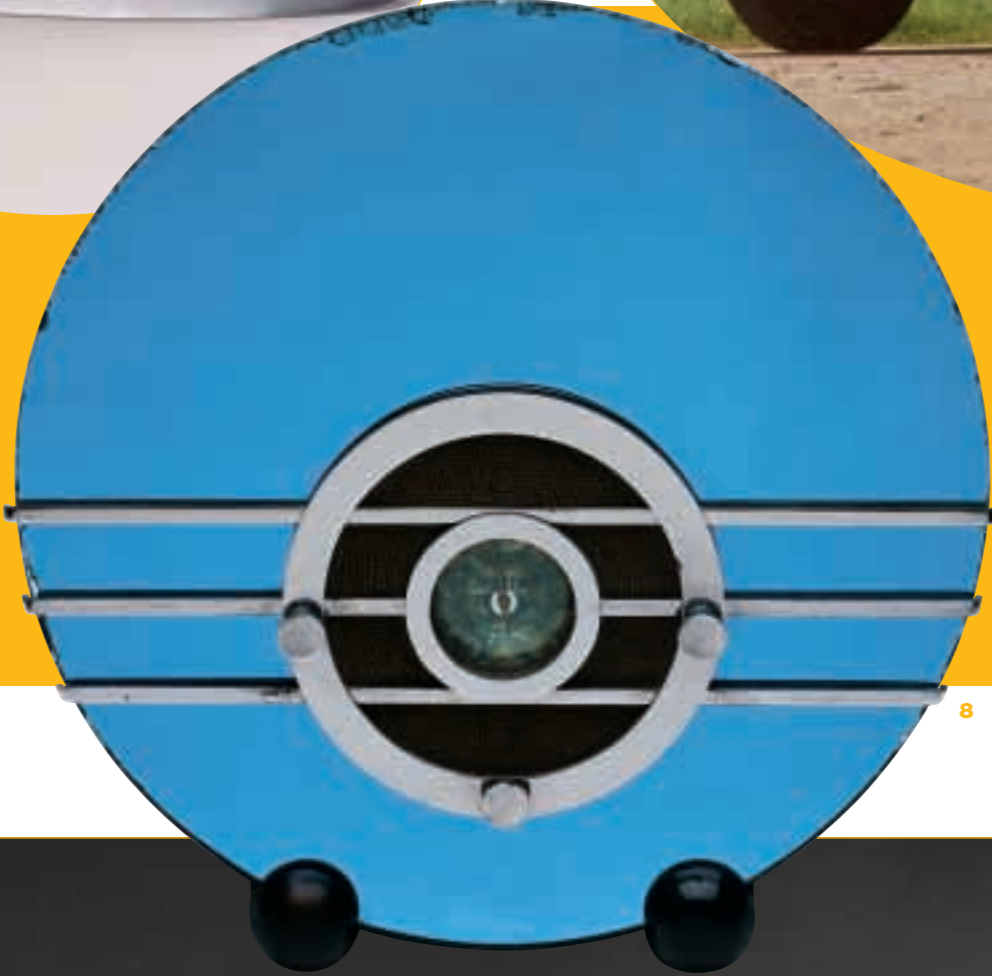
De Amerikaanse Streamline Style werd tot ver na de Tweede Wereldoorlog in het door het Modernisme overheerste Europa verguisd. Tegen de tijd dat ook de oude wereld overschakelde naar de hogere versnelling van de industriële vormgeving voor massaconsumptiegoederen raakte de Dreamline Style in de VS alweer op de achtergrond. Consumeren was sinds de bruisende jaren twintig van de afgelopen eeuw voor elke Amerikaan een grondrecht. Spullen, van stofzuiger tot auto of lamp, verkochten op hun uiterlijk. Hoe groot die vorminvloed is, toonde Raymond Loewy (1893-1986) aan door een bestaand degelijk radiotoestel een gestroomlijnd nieuw uiterlijk te geven. De productie verveelvoudigde.

Terugkijkend op het ontstaan van massaconsumptiegoederen, zegt de organisator van de expositie in het Stedelijk, Reyer Kras, vormt dit museum voorzichtig een collectie met de opvallendste voorbeelden. 'Het Stedelijk was altijd erg op de traditie van de modernisten gericht.' De 61-jarige conservator mocht de Dreamline-expositie inrichten, omdat hij na twintig jaar Stedelijk overstapt naar een eigen vormgevingsbureau. Kras studeerde industriële vormgeving in Eindhoven en later kunstgeschiedenis in Leiden. 'Die combinatie is vrij bijzonder', weet Kras, die zijn hele leven een grote belangstelling heeft gehouden voor techniek en vormgeving.

Essentieel in de benadering van de Amerikaanse industriële vormgevers van de Dreamline Style is dat zij vooral de droom probeerden te vangen in een 'snel' ontwerp. Al strijkend zie je een strijkijzer bijna als ruimteschip van ster naar ster reizen.

De veranderende productietechnieken beïnvloedden eveneens sterk de vorm. Het eerste kunststofmateriaal voor industriële productie – bakeliet – liet zich in vormen persen. Ronde vormen zorgden ervoor dat krimpkrachten weinig vat kregen op het product. Randen en richels dienden dan wel als versteviging, maar suggereerden vooral 'snelheid'. Vaak leverde de stroomlijn overigens helemaal geen efficiency-winst op. Het was de ontwerpers vooral te doen om de suggestie van droomtechniek.

**Streamline, the Dawn of Tomorrow: Stedelijk Museum Amsterdam, Paulus Potterstraat 13, Amsterdam. Open dagelijks van 11.00 tot 17.00 uur. Toegangspreis f 13,50. Met museumjaarkaart gratis entree. Inlichtingen: (020) 573 27 37, [www.stedelijk.nl](http://www.stedelijk.nl)**







**INDIA**  
 Hoofdstad: New Delhi  
 Oppervlakte: 3 287 590 km<sup>2</sup>  
 Bevolking: 1,2 miljard  
 Munt: Indiaase roepie  
 Middelen van bestaan:  
 Landbouw: 25 %  
 Industrie: 24 %  
 Dienstensector: 51 %



Grote droogte op het Indiase platteland is normaal. Een lange rij Indiërs wacht op drinkwater.



Onderzoek naar de waterkwaliteit in een laboratorium.



Een Indiase werknemer van het Hydrology Project meet de snelheid van rivierwater.



*Schoon drinkwater voor ruim een miljard Indiërs. Dat is de doelstelling van het Hydrology Project, waarvan ir. Johan Grijsen teamleider is. Een hydrologisch informatiesysteem moet inzicht geven in de Indiase zoetwatervoorraad. Noord-India valt echter buiten het project. 'Het water daar is een politiek item, min of meer geheim.'*



Ir. Johan Grijsen: 'Ik voel me thuis in New Delhi, ondanks de rommel en de stank.'

## Ir. Johan Grijsen is teamleider Hydrology Project in India

# 'Water in het noorden is politiek en geheim'

IN DE MEER DAN DERTIG JAAR DAT de 55-jarige ir. Johan Grijsen vooral buiten Nederland werkt, voelt hij zich pas in India voor het eerst echt thuis in een land. 'Hier zijn de mensen met wie ik werk, mijn collega's, echte vrienden. Er is warmte. Ik bouw een sociaal leven op. Je kunt bij elkaar op bezoek gaan zonder eerst een afspraak te maken. Ik voel me thuis in New Delhi. Ondanks de rommel, ondanks de stank.'

De eenvoudig ingerichte *ex-pat*-woning van 1996 is een echt thuis geworden. 'Mijn vriendin en ik kopen Indiase kunst, waarmee we ons huis inrichten. Schilderijen, beelden. Als we ooit vertrekken gaat dat mee, het is deel van ons leven.'

Is een terugkeer naar Nederland een optie, als over anderhalf jaar het project stopt en er

een vervolg nodig is? Het liefst blijft Grijsen, die in 1971 afstudeerde in westerse cultuur-techniek in Wageningen, in India. Of hij kijkt nog eens langdurig rond in Zuid-Amerika voordat hij met pensioen gaat. Werken in Nederland zou erg wennen zijn. 'Vorig jaar was ik even in Rotterdam. Een kille stad, waar door de hoogbouw de menselijke maat is verdwenen. Ik moest 's avonds mijn auto uit de parkeergarage halen. Alles was dicht. Gelukkig bedacht ik me dat ik een stukje plastic had gekregen van een automaat. Na lang zoeken vond ik iets waar ik dat in kon steken.'

*'Er gaat veel kennis verloren door het voortdurende geschuif met ambtenaren'*

Leven in India betekent het uitbesteden van veel dagelijkse klusjes aan anderen, die daar vervolgens een dagtaak aan hebben. 'Bedienden zijn goedkoop en heel hard nodig. Ik kan me niet permitteren om vier uur voor de balie te wachten om de telefoonrekening te betalen. Ik heb een auto met chauffeur, zodat ik onderweg kan werken. Of een roman lezen. Zonder hulp kom je aan je betaalde werk nauwelijks toe.'

### MINDER

Het Hydrology Project, grotendeels gefinancierd door de Wereldbank en ook voor

een deel door Nederland, is in wezen één groot leerschoolproject voor de vele onderzoekers en ambtenaren uit India die er aan mee werken. 'Veel meer dan in Nederland worden die om de haverklap overgeplaatst. Er gaat veel kennis verloren door het voortdurende geschuif met ambtenaren. Ik heb het opgegeven me daartegen te verzetten: die scholing bij ons komt ook elders van pas. Als de overdracht van het dossier maar meer gestructureerd verloopt. Vaak leegt de een op vrijdag zijn bureau en op maandag schuift zijn opvolger voor het eerst aan en begint opnieuw. Dat ervaar ik echt als een bedreiging voor de duurzaamheid van het project.'

Grijsen belandde hier als werknemer van WL/Delft Hydraulics. Twee jaar geleden stapte hij over naar de projectpartner DHV, waarbij hij nog steeds voor dit project in dienst is.

In India is het Hydrology Project, dat moet leiden tot een hydrologisch informatiesysteem (HIS), dringend nodig. Terwijl de hoeveelheid water per hoofd van de bevolking rap daalt, groeit het aantal inwoners van India nog steeds sprongsgewijs. 'Aan *family planning* wordt wel lippendienst bewezen, maar er rust een groot taboe op.' In veel deelstaten van India is aan water een groot gebrek. Zelfs kan dat tekort in de toekomst aanleiding vormen voor regionale conflicten. Een alomvattend waterbeheer en -beleid moet ieder zijn deel geven, terwijl de overheid tegelijk inzicht ontwikkelt in de beschikbare voorraden.

Op een enkele plaats in India wordt al meer dan een eeuw bijgehouden hoe groot de zoetwatervoorraad is, hoeveel water met de rivieren meekomt, hoeveel neerslag er valt en hoeveel vervolgens wegstroomt naar zee. 'Die gegevens vanuit het verleden zijn heel belangrijk. Wij bouwen die gegevensbank uit. In Afrika, waar op enkele plaatsen ook over een langere periode gegevens geregistreerd zijn, schijnt men in sommige landen dit monitoren helaas overboord te zetten. De weersvoorspellingen van CNN lijken namelijk veel voordeliger.'

### CIJFERS

Het kostbare project waaraan Grijsen werkt, strekt zich uit over heel Centraal- en Zuid-India. Daar is met moderne technologie een netwerk van grondwatermeetpunten, laboratoria en oppervlaktewater monitoringpunten gebouwd. 'Dat geldt alleen voor het 'interne' water van India. In Noord-India echter stroomt het water van onder meer de Ganges en de Brahmaputra naar buurlanden. Water in die stroomgebieden is een politiek item, min of meer geheim. Terwijl onze opzet juist is dat iedereen over de cijfers kan beschikken.'

Er bleef genoeg grondgebied over om de bijna immense taak uit te voeren. Overleg met zowel de nationale overheid als de deelstaatregeringen is nodig, evenals het onderhouden van

goede contacten op 'provinciaal' niveau. 'In de bovenloop van de rivier wordt soms te veel water voor irrigatie gebruikt, waardoor bij de benedenloop niets meer over is. En elders verzuipt het land juist door een teveel aan water.'

Om verdroging tegen te gaan is *rainwater harvesting*, zoals het opvangen en vasthouden van regenwater, een belangrijk hulpmiddel. Daarnaast bouwt India steeds meer dammetjes in waterlopen en rivieren, die er voor zorgen dat de stroomsnelheid daalt en water de tijd krijgt in de bodem te zakken.

### GRONDWATER

Bijna onzichtbaar is de afgelopen tientallen jaren via miljoenen *tubewells* een erg belangrijke nieuwe waterbron op grote schaal aangetoond, het grondwater. De Indiase overheid stimuleert met gerichte subsidies het benutten van de watervoorraad in de bodem. 'Het liefst in kleinschalige projecten, zodat boeren zuinig zijn met water en hun installaties goed onderhouden.' Ook grondwater is echter niet onbepaald voorradig.

Het Hydrology Project berekent waar al te veel water aan de bodem wordt onttrokken. Daar verstrekt de overheid geen nieuwe vergunningen. In de regio's waar de voorraad min of meer in evenwicht is, mag alleen bij uitzondering meer water worden opgepompt. En dan zijn er nog streken waar het aanboren van nieuwe voorraden voor landbouwirrigatie geen enkel probleem vormt.

Tot maart 2003 verkeert het technisch hoogwaardige watermeetnetwerk nog in de opbouw-fase. Een enkeling bij de overheid maakt gebruik van de nu al beschikbare gegevens.

Na volgend jaar moet er een snel groeiende vraag komen vanuit de gebruikersgroepen naar deze gegevens. 'Het is de bedoeling dat onze gegevensbibliotheek alleen maar groeit, dat ook de mazen tus-

sen de meetpunten kleiner worden. Het is de enige manier om verantwoord met water om te gaan.'

Of Grijsen die nieuwe fase, van het aan de man brengen en toepassen van de kennisbank die de afgelopen jaren is opgebouwd, zal meemaken weet hij nog niet. 'Ik zou het leuk vinden. Dit project van 120 miljoen dollar, waar ik vanaf de eerste voorstellen in 1994 aan meewerk, is een beetje mijn kindje geworden. Maar het vervolg hangt af van zoveel factoren. Dat is afwachten. Ik zou wensen dat ik maandelijks niet zoveel rekeningen hoefde te betalen, dat ik gewoon vrijelijk kon rondwandelen in deze waterwereld, waarin aan de basis nog heel veel noodzakelijk werk te doen is.' ●

*'Elders verzuipt het land juist door een teveel aan water'*

Werkt u in het buitenland of heeft u kennis die in het buitenland werken? Neem contact op met de redactie van *De Ingenieur* en laat u interviewen voor de rubriek *Over de grens*: tel. (020) 398 79 19, redactie@ingenieur.nl