

DE INGENIEUR

nummer 8 | jaargang 129 | augustus 2017

A drone with four rotors and red lights is flying in the center of the cover. The background is a dramatic sunset or sunrise over a city, with a layer of clouds or fog below the drone. The sky is a mix of orange, yellow, and blue. The city lights are visible in the distance, creating a bokeh effect.

Een drone
voor elk karwei

Sleutelrol voor waterstof

Data-opslag in DNA

Sociale media regelen de stad

EMO Hannover

The world of metalworking



INFO:
VDW – Generalkommissariat EMO Hannover 2017
Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.
Corneliusstraße 4 · 60325 Frankfurt am Main · GERMANY
Tel.: +49 69 756081-0 · Fax: +49 69 756081-74
emo@vdw.de · www.emo-hannover.de

Informatie & Entreekaarten:
Hannover Consultancy B.V.
Postbus 34
NL-3350 AA Papendrecht
Tel.: +31 184 69 30 50, Fax: +31 184 69 31 21
E-Mail: info@hf-netherlands.com



12 DRONEDROMEN

Ondernemers zien allerlei mogelijkheden voor drones, van het vervoeren van zakjes bloed tot het opmeten van grote bergen steenkool. Maar de Nederlandse overheid maakt het nog niet makkelijk om er geld mee te verdienen. En dat terwijl er in Frankrijk al drieduizend bedrijven iets met drones doen.

22 MENIGTEMETER

Hoe is het gesteld met de drukte en de sfeer in een bepaalde wijk? Het algoritme SocialGlass bepaalt dat met behulp van berichten op Twitter- en Instagram.

32 KONING WATERSTOF

Bij waterstof denken we vooral aan auto's, maar hoogleraar Ad van Wijk ziet een veel grotere rol weggelegd voor deze energiedrager.

40 GENETISCH GEHEUGEN

Data op harddisks, flashgeheugen en usb-sticks zijn alles behalve veilig voor de toekomst. Tijd om naar een nieuwe manier van opslaan te kijken: DNA.

50 WERKPAARDJE

De meeste robots in de zorg zijn vooral gericht op sociale interactie. Maar de Nederlandse Rose steekt juist de handen uit de mouwen.

Lees het laatste technieknieuws op www.deingenieur.nl

[facebook.com/deingenieur.nl](https://www.facebook.com/deingenieur.nl) [@de_ingenieur](https://twitter.com/de_ingenieur)

[DeIngenieur](https://www.linkedin.com/company/DeIngenieur)

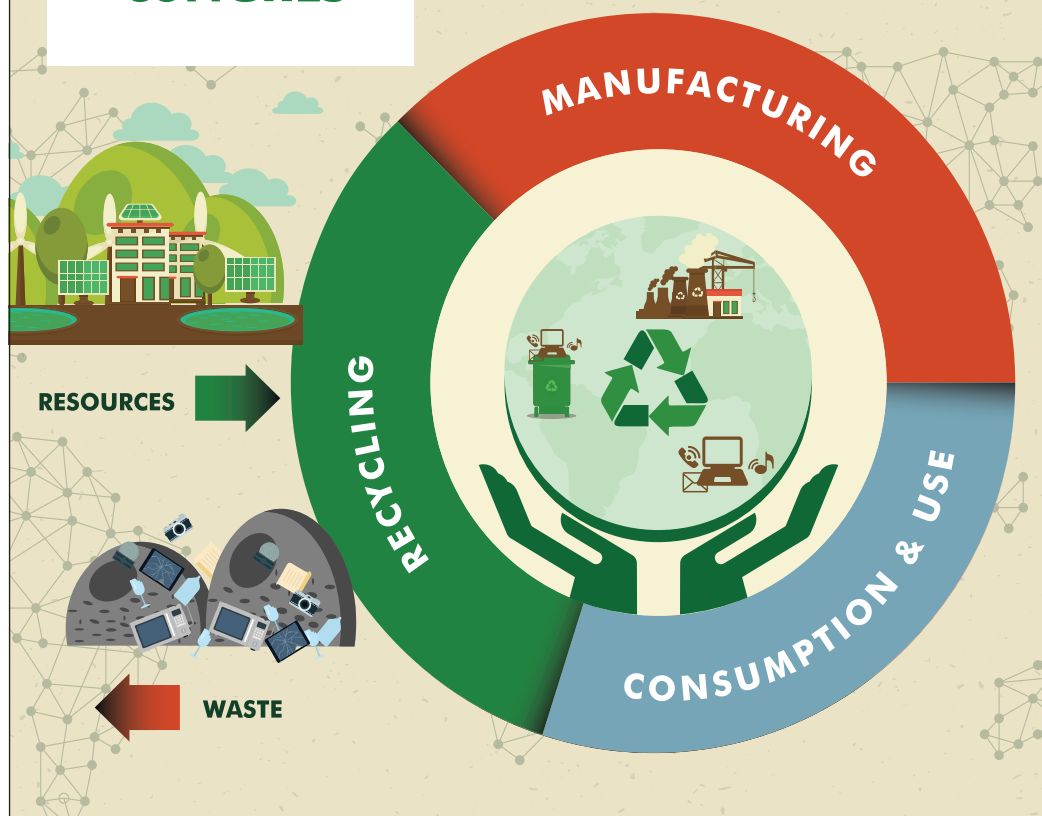
- 2 Geknipt
- 3 Punt
- 4 Focus
- 5 Giesen
- 12 Civiele drones
- 21 Möring
- 22 Crowd monitoring
- 25 To do
- 27 Koeling datacenter
- 31 Podium
- 31 To do
- 32 Waterstofeconomie
- 36 Quote
- 39 Inbox
- 40 Dataopslag in DNA
- 44 Eureka
- 49 Keller
- 50 Zorgrobot Rose
- 54 Media
- 58 Voorwaarts
- 60 Kopstuk
- 62 Het nieuwe werken
- 64 Passie



foto Norman Nollau

KIVIJAAR 2017 CONGRES

CIRCULAR ECONOMY



KIVI-jaarcongres Circulaire Economie

Circulaire economie staat bij KIVI als technisch-maatschappelijk thema in 2017 en 2018 centraal. In 2017 richten wij ons op inhoud en mogelijkheden van circulaire economie. Vanuit o.a. de sectoren agro/food, procesindustrie en bouw kijken we naar het ontwerp, de ketens, hoe je daadwerkelijk tot een meer circulaire economie kan komen en naar tools om circulaire kansen in het eigen bedrijf op te sporen.

21 november 2017
Wageningen
University & Research

Meer informatie over het KIVI-jaarcongres:
www.kivi.nl/circulaire-economie



DROEN

jaargang 129
nummer 8
augustus 2017



illustratie Peter Welleman

44 GOEDKOOP STAAN

Bureaus waar je staand aan kunt werken, zijn een dure aangelegenheid. De uit vier houten planken bestaande YouStand lost het een stuk goedkoper op. Ook in Eureka: een 3D-geprinte autoband, een vlotje gevuld met perslucht voor duikfanaten en meer.

EUREKA

Lees het laatste
technieknieuws op
www.deingenieur.nl



Impressie van Hotel Breeze.

illustratie 02

AIRCO MAAKT HOTEL DUURZAAM

Amsterdam krijgt er een bijzonder hotel bij. Op het eiland IJburg komt Hotel Breeze te staan, dat als eerste gebouw het concept Earth, Wind & Fire gebruikt voor het koelen en verwarmen van ruimtes.

Natuurlijk komen in alle ruimtes ledlampen en zit er straks extra isolerend driedubbel glas in de ramen van Hotel Breeze. Dat is het minste wat je kunt doen om een gebouw energiezuinig te maken. Maar om écht een grote stap richting *nearly zero energy* te zetten, moet je de energielurende airconditioningsinstallaties rigoureuus aanpakken, weten de bedenkers van het hotel. Ze ontwierpen daarom een gebouw gebaseerd op de ideeën van dr.ing. Ben Bronsema, die een duurzame aanpak bedacht voor de airconditioning van gebouwen. Hij promoveerde in 2013 op dit concept, dat hij Earth, Wind & Fire noemde.

Zonneschoorsteen

Waar de meeste moderne grote gebouwen een forse luchtbehandelingskast hebben, pakt Hotel Breeze het heel anders aan: wind en zon zorgen straks voor koeling en verwarming. Om te beginnen krijgt het hotel een zogeheten klimaatcascade. In deze verticale schacht laten sproeiers ontelbare druppeltjes water naar beneden vallen. De temperatuur van dit water, dat uit een opslag in de grond komt, is 13 °C. Daardoor koelen de druppels in de zomer de aangezogen buitenlucht tot 18 °C, terwijl ze die in de winter juist verwarmen tot ongeveer 8 °C.

'In feite zijn de vallende druppels een warmtewisselaar met een heel groot oppervlak. Daardoor kunnen we met kleine temperatuurverschillen tussen water en lucht werken', schrijft Bronsema

in een recent artikel. De luchtstroom die de vallende druppeltjes veroorzaken, levert bovendien voldoende druk op voor ventilatie op de verschillende verdiepingen. Verder komt er een zonneschoorsteen. Deze schacht van glas vangt zonlicht op, waardoor de lucht erin opwarmt en gaat stijgen. Dit zorgt niet alleen voor de afzuiging van de lucht uit de gangen en kamers; een warmteterugwinsysteem gaat de warmte uit de lucht ook voor een deel oogsten. Die warmte is vervolgens te gebruiken voor warm water in het gebouw. Omdat de zon het in ons land weleens laat afweten, zijn er ventilatoren die op die momenten de luchtstroom op gang houden.

Bij het uitwerken van dit airconditioning-concept tot een concreet ontwerp voor de installaties bleken wel wat kleine aanpassingen nodig. 'Bronsema dacht voor de klimaatcascade in eerste instantie aan één sproeier, maar berekeningen wijzen uit dat je er negen nodig hebt', zegt ing. Joost Vermeer van installateur Van Delft Groep. En met die negen kun je spelen: soms zijn ze allemaal nodig, soms kun je er enkele uitschakelen.

Lees verder op pagina 6.

SLIMME MICROFOONS BEVEILIGEN UITGAANSGEBIED

Bij dé uitgaansstraat van Tilburg, Korte Heuvel, hangen de komende drie maanden slimme camera's en microfoons. Die registreren tekenen van gevechten, misdrijven of andere opvallende zaken en sturen een bericht naar de politie, zonder dat daarbij de privacy in het geding komt.

Het project borduurt voort op een proef in Eindhoven bij het Stratumseind. Daar hielden de (geluids)camera's al eerder een oogje in het zeil en hielpen zo de politie om opstootjes snel te stoppen. De microfooncamera's, die onder andere letten op het geluid van brekend glas en pistoolschoten, komen van het bedrijf Sorama, opgericht door ir. Rick Scholte (zie de rubriek Kopstuk in *De Ingenieur* nummer 5). 'De microfoons zijn zelflerend en herkennen het geluid dat bij bepaalde situaties hoort steeds beter', zegt Scholte.

Naast de proef in Tilburg gebruikt men de techniek ook op Strijp 5, het oude Philips-terrein in Eindhoven. 'Daar wer-

ken we samen met het buurtpreventieteam. De camera's zorgen ervoor dat de vrijwilligers minder vaak hoeven te patrouilleren. In plaats daarvan krijgen ze een appje als de camera's iets verdachts horen of zien.'

Het ontwerp van de camera's zorgt ervoor dat ze inherent op de privacy van de uitgaanders letten. In plaats van uren aan beeld en geluid op te slaan, sturen ze een berichtje naar de politie of preventieteam met informatie over wat er is gehoord. 'Dat zorgt ervoor dat mensen niet onnodig worden opgenomen.'

De geluidscamera's bestaan uit een rooster van microfoons die allemaal net anders staan afgesteld. Zo ontstaat een driedimensionaal geluidsbeeld waardoor de camera diepte kan 'zien' en afstanden kan inschatten. In principe is de software aan te passen zodat de microfoons op verschillende geluiden kunnen letten. Een ander doel van Scholte is het tegengaan van geluidsvervuiling. 'Dat wordt een steeds groter risico voor de volksgezondheid; door de stress die geluid

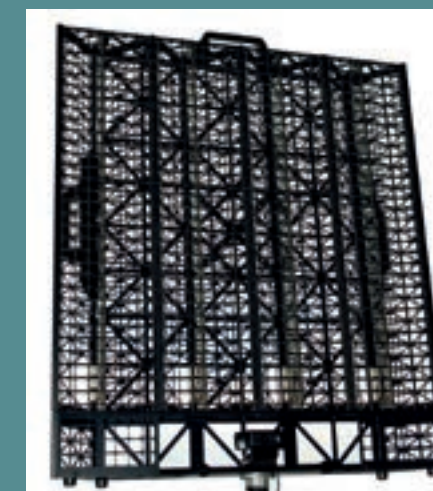


foto Sorama

In Tilburg worden binnenkort dit soort geluidscamera's opgehangen, waarschijnlijk aan lantaarnpalen.

kan opleveren, krijgen mensen allerlei gezondheidsklachten. Met deze microfoons kun je heel precies in kaart brengen waar geluid vandaan komt en waar het heen gaat. Aan de hand daarvan kun je dan ingrijpen.' (MS)

INNOVATIEWEDSTRIJD

In een nieuwe innovatiewedstrijd vraagt het ministerie van Veiligheid en Justitie ondernemers naar uitvindingen die privacy en ethiek in de gaten houden. Dingen zoals *wearables* (apparaten die je op je lichaam draagt en die biometrische gegevens zoals hartslag of ademhaling bijhouden) of kleine camera's kunnen het werk van veiligheidsdiensten steeds makkelijker maken. Volgens het ministerie is het nu tijd om daar werk van te maken. Degene die een goed idee heeft om de diensten nog beter te laten observeren, krijgt 200 000 euro om dat idee uit te voeren.

De overheid noemt expliciet de eis dat de uitvinding binnen de grenzen van de privacy en ethiek blijft. Wearables houden zich niet altijd aan de privacyrichtlijnen; de apparaten zijn bijvoorbeeld makkelijk te hacken, of gegevens worden doorverkocht aan derden. Voor een uitvinding die wordt gebruikt door de politie, de marechaussee of geheime diensten zou dat onacceptabel zijn.

De overheid wil met de wedstrijd de innovatie bij hun afdelingen versnellen en verwacht dat het bedrijfsleven meer weet dan de overheid alleen. Inschrijven kan tot 4 september. (MS)

GIESEN



illustratie Matthias Giesen

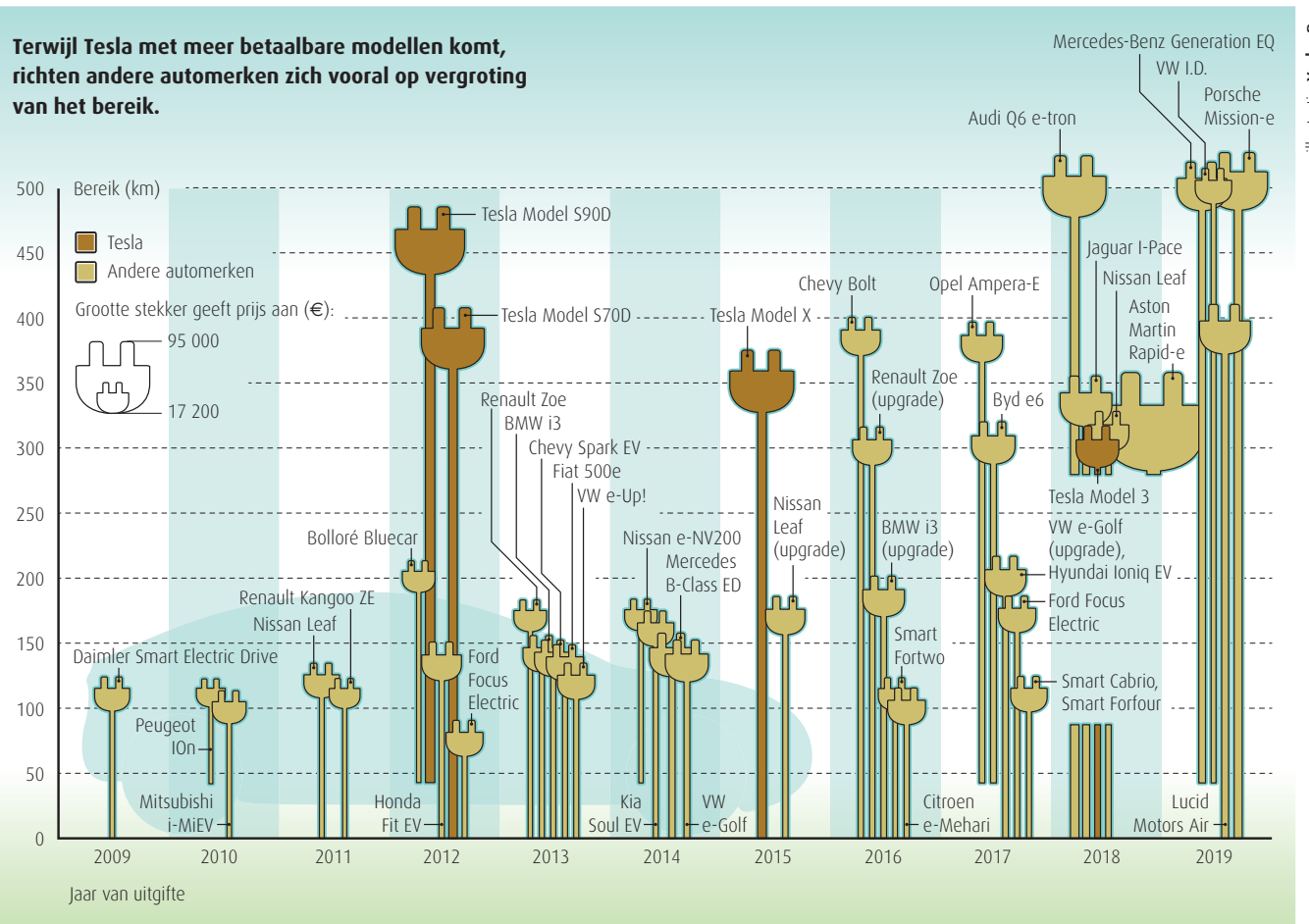
Tiny-house-bewoners op vakantie

FOCUS

onder redactie van
Marc Seijlhouwer MSC
redactie@ingenieur.nl
m.m.v. ir. Frank Biesboer
en ir. Jim Heirbaut

AUTO-INDUSTRIE BEGINT TESLA TE EVENAREN

Terwijl Tesla met meer betaalbare modellen komt, richten andere automerken zich vooral op vergroting van het bereik.



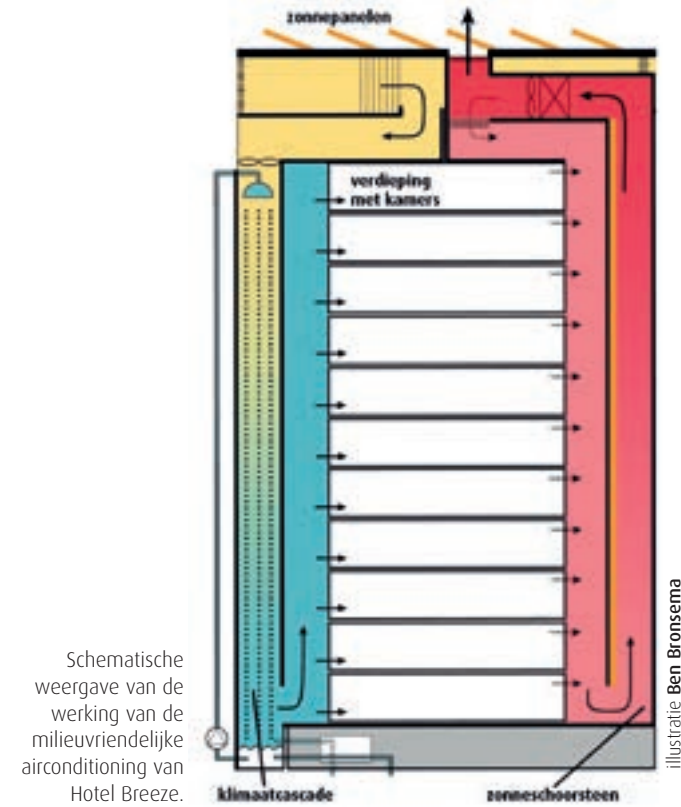
Illustratie Ymke Pas

Vervolg van pagina 4.

Ander voorbeeld van een aanpassing: de afname van warm water voor, met name, douchen. Als alle gasten in de 195 kamers van het hotel tegelijk zouden douchen, is er niet voldoende warm water. Daarom krijgt het gebouw een aansluiting op de stadsverwarming. 'Meestal blijft die ongebruikt, maar je kunt het in een hotel niet aan een gast verkopen dat hij even niet kan douchen', aldus Vermeer.

Naast de luchtbehandeling en het verwarmen van het leidingwater komt het duurzame karakter van het hotel naar voren in de zonnepanelen op het dak en in alle gevels, die voor groene stroom zorgen. In een eerder ontwerp was er sprake van een dak vol windturbines, maar die bleken te zwaar en daarnaast te duur voor de hoeveelheid stroom die ze zouden opleveren.

De grootste uitdaging van het project was het feit dat een hotel 24 uur per dag, 7 dagen in de week in bedrijf is. Er moet dus continu gekoelde (in de zomer) of verwarmde lucht (in de winter) worden aangevoerd. 'Wat dat betreft, hadden we misschien beter met een school kunnen beginnen. Maar als dit project lukt, dan kunnen we alles aan', lacht ir. Maarten Quist van initiatiefnemer Dutch Green Company, dat Hotel Breeze samen met Borghese Real Estate en Breeze Vastgoed Amsterdam ontwikkelt. Dat gasten van het hotel in een duurzaam gebouw verblijven, zullen ze weten ook. In de klimaatcascade komt een groot raam te zitten, zodat ze de vallende druppels van dichtbij kunnen bewonderen. Eind vorige maand tekenden de bedrijven achter Hotel Breeze de contracten met de aannemer en de installateur. De bouw begint eind 2017. (JH)



Schematische weergave van de werking van de milieuvriendelijke airconditioning van Hotel Breeze.

Illustratie Ben Bronsema

'GASMETER' SPOT LUCHTVERVUILING

Als alles goed gaat, wordt volgende maand het instrument Tropomi in een baan rond de aarde gebracht. Van daaruit moet het stoffen gaan meten die bijdragen aan luchtvervuiling en broeikas effect.

tekst ir. Jeroen Akkermans

Tropomi, een overwegend Nederlands meetinstrument dat vanuit de ruimte broeikasgassen en luchtvervuiling wereldwijd in kaart moet brengen, cirkelt binnenkort in een baan om de aarde. Het wordt waarschijnlijk in september gelanceerd aan boord van de Sentinel-5 Precursor-satelliet vanuit het Plesetsk-kosmodroom in Noord-Rusland. De satelliet zal op 835 km hoogte in een baan rond de aarde vliegen, over de polen. Omdat de aarde tegelijkertijd om zijn as draait, krijgt Tropomi zo dagelijks onze hele planeet onder zijn lens.

Die lens is een spectrometer met vier kanalen: twee kanalen waarmee het continue spectrum van 270 tot 500 nm wordt gemeten en twee kanalen voor gedeeltes van het infrarood. Hiermee kunnen verschillende stoffen als O₃ (ozon), NO₂, CO en CH₄ (methaan) worden gemeten. Dat gaat via de reflectie van zonlicht: de zon schijnt op de aarde en de aarde weerkaatst dat licht, waarbij de moleculen in de lucht een deel van het zonnespectrum absorberen. Tropomi is gevoelig genoeg om uit dit weerkaatste licht nauwkeurig concentraties af te leiden. NO₂ en CO duiden op luchtvervuiling, terwijl het broeikasgas methaan een sterk effect heeft op ons klimaat.

Controle op stookolie

Tropomi, voluit het Tropospheric Monitoring Instrument, combineert de belangrijkste eigenschappen van zijn Nederlandse voorgangers, SCIAMACHY en OMI. 'Daarnaast zijn de metingen nauwkeuriger en is de ruimtelijke resolutie een stuk hoger', vertelt prof. dr. Ilse Aben van SRON, die met onder anderen het KNMI, Airbus DS Nederland en TNO werkte aan het meetinstrument, in opdracht van NSO/ESA. 'Tropomi heeft een resolutie van 7 bij 7 km, waar voorganger OMI

gebieden van circa 13 bij 24 km kon onderscheiden. Dat betekent dat we bijvoorbeeld de vervuiling in de haven van Rotterdam los kunnen zien van die in het centrum.'

Met dit detailniveau kunnen wetenschappers hun modellen verfijnen om bijvoorbeeld de lokale luchtvervuiling te voorspellen. Hierdoor kunnen mensen met aanbevelingen aan de luchtwegen nauwkeuriger adviezen ontvangen, bijvoorbeeld via apps. Ook wordt het mogelijk om de effecten van fabrieken op de directe leefomgeving te meten. Daarnaast kan Tropomi preciezer controleren of bedrijven zich aan milieuwetgeving houden. 'Denk bijvoorbeeld aan schepen die goedkope stookolie verbranden en in de buurt van de haven overschakelen op een schonere brandstof. Controle hierop is lastig. Tropomi kan vaststellen of er op bepaalde scheepvaartroutes meer vervuilende gassen vrijkomen dan is afgesproken.'

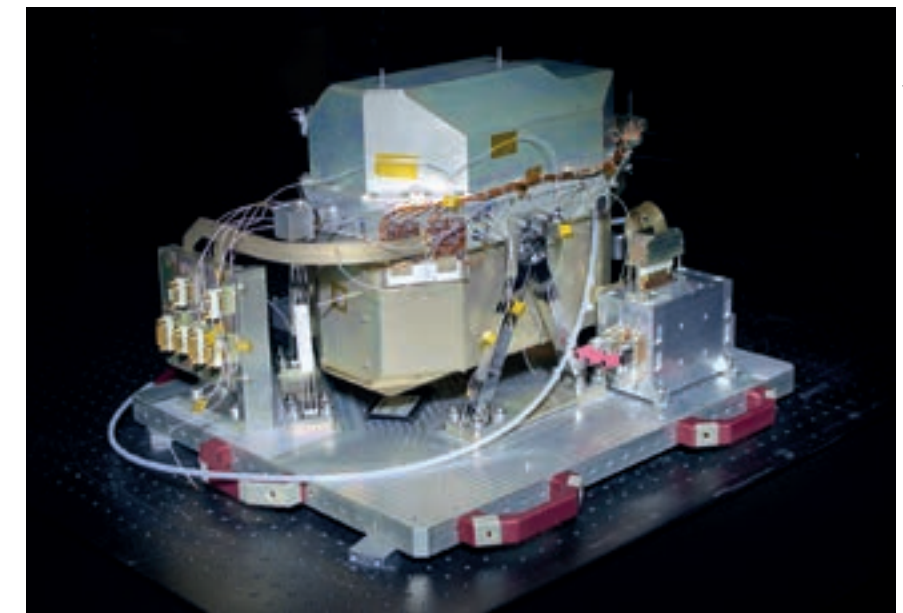
Uiteengerfeld licht

Tropomi meet net als SCIAMACHY het broeikasgas methaan, maar doet dat een stuk scherper. Ook hebben SRON en TNO alles op alles gezet om de optiek, die door de hogere resolutie fors in omvang zou toenemen, te verkleinen. 'Als dat niet was

gelukt, had Tropomi waarschijnlijk geen methaan kunnen meten', vertelt dr. Andy Court, Business Director bij TNO.

Het verkleinde meetinstrument doet in essentie niets nieuws in vergelijking met SCIAMACHY: beide splitsen via een prisma het door de aarde weerkaatste licht in verschillende kleuren. Vervolgens waaieren die kleuren uit elkaar zodat ze goed zijn te onderscheiden. Cruciaal hierin is het tralie, een reeks van krasjes op een materiaal waardoor het licht uiteenrafelt.

De doorbraak is nu dat de kleuren over een veel kortere afstand flink uit elkaar waaieren – en zo te onderscheiden zijn – dankzij de integratie van het tralie in een siliciumprisma. De optiek wordt hierdoor veertig keer kleiner. 'TNO en SRON hebben hierop patent gekregen', vertelt Court. 'Wereldwijd wordt dit soort tralies maar op een paar plekken gemaakt en dat van ons gaat als eerste de ruimte in.' Dat Tropomi nauwkeurig methaan kan meten, is belangrijk, zegt Aben. 'Het komt weliswaar in lagere concentraties voor dan CO₂, maar het is per molecuul een 28 keer sterker broeikasgas. Bovendien verdwijnt methaangas een stuk sneller uit de atmosfeer. Het opsporen en reduceren van de methaanuitstoot heeft dus relatief snel effect.'



Het meetinstrument Tropomi voordat het – omhuld door een beschermende kast – met een satelliet de ruimte in gaat.

Foto SRON

WATERSTOF UIT ZEE

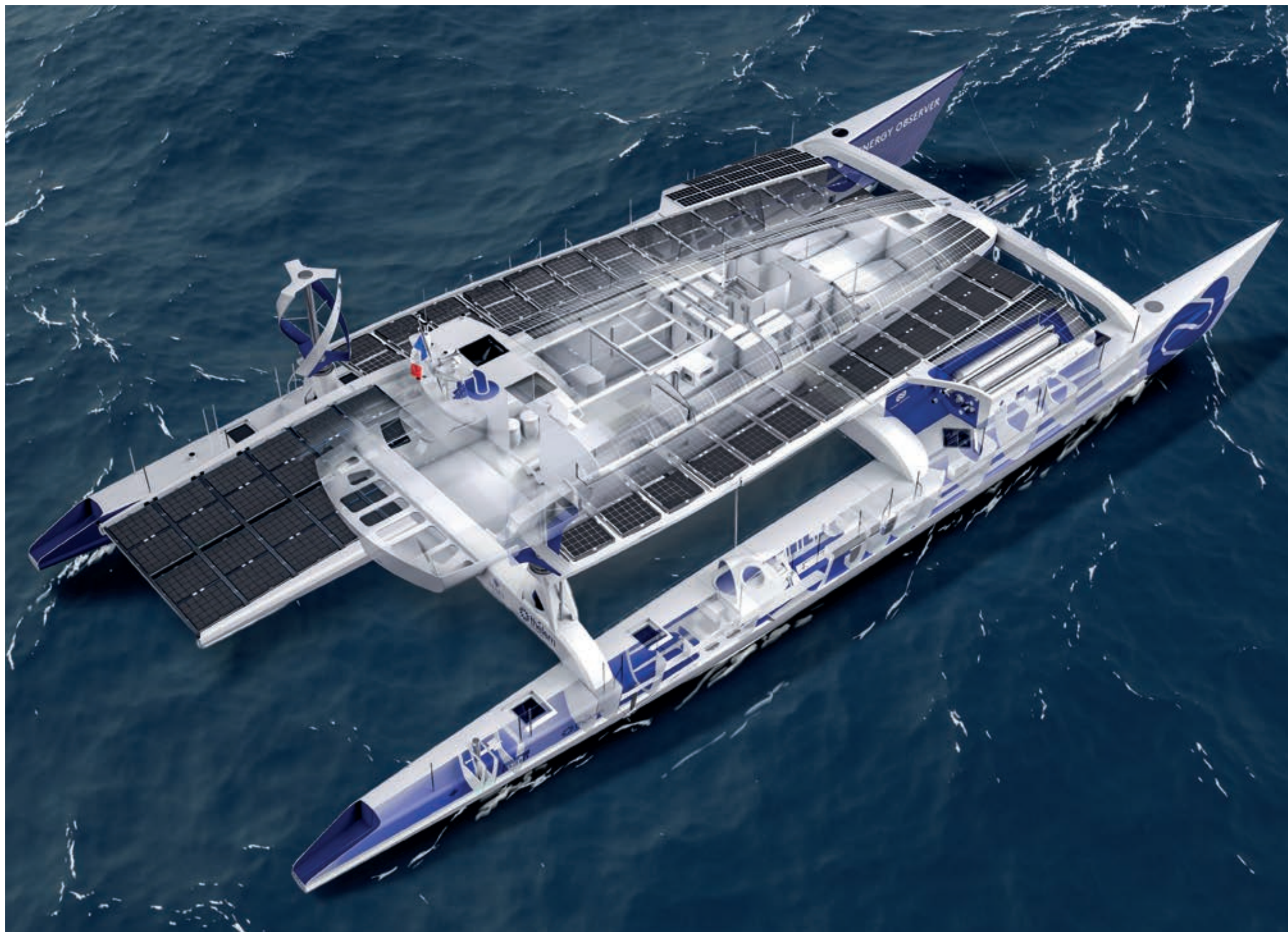
De Energy Observer, een catamaran van 30,5 m lang en 12,8 m breed, heeft alle installaties aan boord om zelf waterstof te produceren. Het schip vertrok vorige maand vanuit Parijs voor een wereldreis van zes jaar.

Het schip is voor zijn voortstuwing uitgerust met een vliegerzeil en scheepsmotoren die met elektriciteit worden aangedreven. Voor de opwekking van de elektriciteit is er 130 m² aan zonnepanelen aan boord (gezamenlijk vermogen 21 kW), evenals twee windturbines met verticale as (elk goed voor 1 kW). De vlieger met een oppervlak van 500 m² wordt automatisch bestuurd en trekt bij gunstige wind het schip voort aan een lier.

Het meest bijzondere aan de Energy Observer is dat hij de beschikking heeft over een complete installatie om waterstof te maken, vanaf het ontzilten en reinigen van zee-water tot en met het onder druk opslaan in tanks voor in totaal 60 kg waterstof. De waterstof wordt geproduceerd met stroom van de zonnepanelen en de windturbines. De waterstofinstallatie is gebouwd door het laboratorium voor nieuwe energietechnologie CEA Liten. De uitdagingen waren vooral het gebrek aan ruimte en de noodzaak van gewichtsreductie. Terwijl de installatie met de gangbare technologie een gewicht zou hebben van 30 ton, is die voor de catamaran ruim twintig keer lichter uitgevoerd. Het team van de Energy Observer, geleid door wedstrijdzeiler Victorien Erussard, wil gedurende de reis onderzoeken wat het optimale gebruik is van de verschillende energiesystemen in combinatie met de te kiezen vaarroute. Het schip zal daarbij te maken krijgen met sterk wisselende weersomstandigheden en verschillende zee-stromen. Verder moet het de wereld laten zien dat het mogelijk is om waterstof te produceren zonder gebruik te maken van fossiele brandstoffen en dat er veilig mee valt te werken.

De Energy Observer zal tijdens zijn tocht zo'n vijftig landen aandoen. De haven van Amsterdam komt als alles volgens plan verloopt in maart 2019 aan de beurt.

tekst **ir. Frank Biesboer**
illustratie **Energy Observer**
bewerking **Mieke Roth**



CONTACTLENS KRIJGT COATING

Begin volgend jaar verwacht het Twente bedrijf LipoCoat zijn eerste medische coating te leveren voor contactlenzen. Die worden daardoor comfortabeler om te dragen.

De coating is een dun laagje dat lijkt op een natuurlijk membraan. Een eigenschap van deze coating is dat zich minder makkelijk eiwitten verzamelen op een contactlens. Belangrijker nog is dat bacteriën er moeilijk aan kunnen hechten. Dat maakt de coating ook interessant voor katheters en implantaten, die nu vaak kampen met infecties veroorzaakt door dit soort bacteriën. LipoCoat richt zich echter eerst op de oogtoepassing. Het jonge bedrijf, dat in september 2016 werd opgericht, bouwt daarbij voort op het promotieonderzoek van dr.ir. Jasper van Weerd. Hij werkte aan de Universiteit Twente aan een oplossing voor de problemen die ontstaan zodra medische hulpmiddelen in aanraking komen met het menselijk lichaam of met lichaamsvocht. 'Er zou eigenlijk een barrière tussen bijvoorbeeld een katheter en

de patiënt moeten zijn die deze ongewenste effecten kan onderdrukken of wegnemen', zegt Van Weerd.

Hij ging op zoek naar zo'n barrière en liet zich inspireren door de natuur. 'In bijna elke levende cel vervullen membranen een gelijksoortige rol: ze beschermen onder meer cellen door ze af te sluiten van de buitenwereld. Met dit als inspiratie probeerden we zo'n membraan na te maken en dit te verwerken tot een coating voor medische hulpmiddelen.'

Glibberiger oppervlak

Nu heeft LipoCoat een manier gevonden om dergelijke coatings stabiel en in bulk te maken. Een katheter, implantaat of ander medische hulpmiddel wordt, na een voorbehandeling, kort ondergedompeld in coatingvloeistof. De grondstoffen van de coating organiseren zich vervolgens in een voor het menselijk oog onzichtbaar laagje van een paar nm dik. Dit dunne laagje maakt de aanhechting van bacteriën aanzienlijk moeilijker. Ook wordt het oppervlak vochtig en glibberiger, waardoor de kans op infecties

afneemt en het hulpmiddel makkelijker en comfortabeler is in gebruik. De eigenschappen van de coating maken hem interessant voor meerdere toepassingen binnen de gezondheidszorg. Daarnaast ziet Van Weerd mogelijkheden buiten het ziekenhuis: 'Door deze brede inzetbaarheid beschouwen wij het als een platformtechnologie met toekomstige toepassingen in de zorg, de farmaceutische industrie, de voedingsindustrie en in onderzoek.' Hoewel LipoCoat dicht bij een eerste toepassing is, is het bedrijf nog steeds op zoek naar



Foto: XMM 05

Een nieuwe coating zorgt er er onder meer voor dat contactlenzen minder last hebben van eiwitopbouw.

investeringen. Sinds de oprichting haalde het 600 000 euro aan *seed capital* op. 'Dat was genoeg om één toepassing te onderzoeken en uit te werken. Maar we willen veel meer doen, en daarvoor kunnen we niet wachten tot het geld van de eerste toepassing binnendruppelt.' Mede daarom gaat LipoCoat deze herfst naar Silicon Valley. Ook Boston staat op het programma. 'Daar zitten veel investeerders en grote spelers in de medische industrie. Die begrijpen waar we aan werken en willen hopelijk in ons investeren.' (MS)

WATERSTOFAUTO RACET TEGEN SUPERCARS

In het weekend van 6 augustus had het TT-circuit in Assen een primeur: voor het eerst reed er een elektrische waterstofauto mee tussen de benzineauto's. De Forze, een wagen

van studenten van de TU Delft, moest laten zien dat schone auto's zich prima kunnen meten met de vervuilde superwagens van BMW, Audi en andere fabrikanten.

De Forze komt voort uit een team dat al tien jaar bestaat. Aanvankelijk ontwierp dat waterstofkarts, maar men was toe aan een serieuzere uitdaging. Daarom besloten de studenten zich te wagen aan een 'echte' race. Na twee jaar ontwerpen en optimaliseren was het tijdens de Gamma Racing Day eindelijk zover. 'We willen laten zien dat een waterstofauto geen nadelen heeft ten opzichte van benzineauto's', zei Tinie Lam van het Forze-team voorafgaand aan de race. 'Het beeld is dat elektrische wagens langzamer zijn dan benzineauto's en dat de races saaier zijn. Wij bewijzen het tegendeel.'

Onder de motorkap

Het vermogen van Forze is afkomstig van twee elektromotoren die worden aangedreven door een brandstofcel in de auto. Die laatste zet waterstof en zuurstof om in elektriciteit en water, en heeft een vermogen van 100 kW. 'Met behulp van teruggewonnen energie uit de remmen

kunnen we op een piekvermogen van 190 kW komen', aldus Lam. Daarmee is een topsnelheid van 210 km/h bereikend. De wedstrijd ging tussen verschillende supercars: ogenschijnlijk reguliere, luxe wagens, die onder de motorkap bijzondere apparatuur hebben. 'Dan vallen wij wel een beetje uit de toon, met onze blauwe auto die meer wegheeft van een racewagen', lacht Lam. 'Maar er zijn bij dit soort races gelukkig geen eisen aan het uiterlijk of de aandrijvingsmethode. Je moet alleen voldoen aan de gewichtsen vermogens-eisen.'

Hoe de Forze presteerde, was bij het ter perse gaan van dit blad nog niet bekend. Voor het team is dat ook niet het belangrijkste. Lam: 'Dat we er staan, is een prestatie op zich. We hopen tijdens de 45 minuten durende race zoveel mogelijk te leren en te zien hoe we ons verhouden tot de benzineauto's. Als we dat weten, kunnen we ons volgend jaar focussen op een plek op het podium.' (MS)



Foto: Forze Delft

De blauwe racewagen van de Delftse studenten heeft een wat andere look dan de Audi's en BMW's die de Supercar Challenge van de Gamma Racing Day domineren.

PLATFORM VOOR ENERGIEVLIEGTUIG

Al een paar jaar werkt het Nederlandse Ampyx Power aan een vliegtuig dat stroom opwekt. Nu is voor het eerst het landingsplatform voor dit vliegtuig in de praktijk getest, door een schaalmodel in een bassin aan hoge golven bloot te stellen.

Het windvliegtuig (3,5 ton, 35 m spanwijdte) beschrijft achtjes, waardoor de wind een 800 m lange kabel afrolt. Deze kabel drijft een generator aan die stroom opwekt. Het weer inrollen van de kabel door de elektromotor kost vervolgens veel minder energie doordat het vliegtuig in duikvlucht terugkeert.

Bij winderige weersomstandigheden blijft het vliegtuig gewoon in de lucht en levert het systeem elektriciteit. Maar af en toe moet het vliegtuig landen; bij langdurige windstilte en wanneer het toestel onderhoud nodig heeft. Daarvoor heeft Ampyx Power samen met Mocean Offshore een landingsplatform ontworpen, dat 30 m lang en 20 m breed moet worden. Het ligt op een stelling van drie poten van 24 m hoog en elk 5 m doorsnede. Een schaalmodel (1:25) van dit landingsplatform is de afge-

lopen weken getest in een bassin bij MARIN in Wageningen.

Daar werden golven opgewekt die overeenkomen met 'echte' golven tot 10 m hoog. De resultaten zijn, na een eerste analyse, positief. 'Het platform heeft wat minder last van de golven dan we vooraf dachten. Anderzijds zijn de bewegingen als gevolg van de kabel juist iets heftiger', zegt ir. Bernard van Hemert van Ampyx Power.

De proeven met het platform zijn van belang omdat al te heftige bewegingen kunnen zorgen voor vermoeiing van de kabels waarmee het drijvende platform aan de zeebodem zit. Maar er is nog een reden waarom Ampyx Power de beweging van het uiteindelijke platform helemaal in de vingers wil hebben. Het bedrijf wil weten onder welke omstandigheden het vliegtuig nog kan landen. 'De bewegingen van het platform hebben een regelmatige component die goed is te voorspellen – het wiegen – en daarop kunnen we anticiperen. Daarnaast is er een willekeurige component als gevolg van de golven die erop inbeuken. Daarvoor gaan we wiskundige modellen gebruiken zoals die bekend zijn van vliegdekschepen.' (JH)



Foto: Ampyx Power

Schaalmodel van het landingsplatform dat Ampyx Power wil gaan gebruiken voor zijn energieopwekkende vliegtuig.

DE OPKOMST VAN DE CIVIELE DRONE

READY FOR TAKEOFF

Akkers in de gaten houden, voorraden steenkool meten, schendingen van mensenrechten aan het licht brengen ... Er kan van alles met drones, zo beginnen bedrijven door te krijgen. Maar werkt de Nederlandse overheid een beetje mee? Hoe zit het met de veiligheid?

En wat gaat de toekomst brengen? tekst ir. Jim Heirbaut

Drones worden een massaproduct dat niet meer weg te denken is uit ons dagelijks leven, stellen experts.



Tien studenten zitten aan de schermen van hun laptops gekluisterd in een grote, ronde ruimte diep in de krotten van het gebouw van de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TU Delft. Tegen de muur staan open kasten met drones van groot tot klein; het lijkt wel een techniekmuseum. Quadcopters, *fixed-wing*-modellen en de hybride Delftcopter, die opstijgt als een helikopter en vliegt als een vliegtuig. Ir. Bart Remes, hoofd van het lab, trekt ook nog een paar laden open. Die liggen vol met quadcoptertjes kleiner dan een hand. 'Dit is nu onze aanpak: microdrones. Wij laten tientallen van deze identieke drones in een zwerm vliegen en werken zo naar intelligentie toe. Alles wat we hiervan leren, kunnen we gemakkelijk overzetten naar grotere drones, want de principes zijn hetzelfde.'

We zijn in het MAVLab, voluit het Micro Air Vehicle Laboratory, van de TU Delft. Dit is een van de vele plekken waar wordt gewerkt aan de drones van de toekomst. Die gaan autonoom vliegen, al dan niet in een zwerm, en voeren allerhande professionele taken uit.

Wereldwijd worden in de ontwikkeling van drones grote bedragen geïnvesteerd. Het simpele consumentenapparaat met vier kleine rotoren heeft zijn plek gevonden in *business units* van bedrijven die er een nieuwe vorm van dienst-

verlening in zien. Luchtvaartautoriteiten en regelgevers vogelen nu uit hoe ze vrij baan kunnen geven aan drones en tegelijkertijd de veiligheid kunnen waarborgen. En in laboratoria wordt uitgeprobeerd hoe de drones van voldoende intelligentie zijn te voorzien zodat ze zelf hun weg kunnen vinden, met een zachte noodlanding als ultieme noodknop.

Verkeersleiding

Dat laatste is ook te zien bij het MAVlab. In een kooi staan twee vierkante raamwerken van hout, in felle kleuren geverfd. 'Daarmee testen we drones die met camera's obstakels herkennen en er helemaal autonoom en zonder gps doorheen vliegen. Die oefening helpt later om bepaalde objecten juist te ontwijken', zegt Remes.

Het is een van de bouwstenen om autonoom vliegen mogelijk te maken. 'Drones zelfsturend maken is de enige manier om ze op veel grotere schaal te kunnen gebruiken. Een dronepiloot is duur en maakt af en toe een foutje'. Het Delftse laboratorium profiteert hierbij van het feit dat hobbydrones de afgelopen jaren snel goedkoper zijn geworden. 'We gebruiken hier graag de Parrot Bebop. Dat is een prima quadcoptertje van een paar honderd euro. Hij is veilig en we hebben de aansturingsoftware gehackt. Nu vliegt ie helemaal autonoom', vertelt Remes met een lach.

Je wilt ook niet dat drones botsen. Elke drone zal daarom zijn eigen omgeving in de gaten moeten houden. 'Voor een gecentraliseerd systeem wordt dit veel te complex, met tientallen drones, gewone vliegtuigen en stilstaande objecten in de buurt'. Daarom zendt elke drone een uniek radiosignaal uit dat zwakker wordt naarmate je er verder vandaan bent. Door die signalen op te pikken, 'weet' elke drone dat er naast hem een andere drone hangt, welke dat is en hoe ver weg die zich bevindt, en stuurt zonodig bij.

foto Matternet



Volgend jaar gaat de M2 van Matternet in het Zwitserse Lugano laboratorium monsters tussen ziekenhuizen vervoeren.

Onderling komen de drones er dus wel uit, maar er is ook een koppeling nodig met de buitenwereld. Hiervoor moet er een luchtverkeersleidingssysteem komen dat onder meer de link legt met de bemande luchtvaart. Dat systeem zal niet de bewegingen van iedere drone aan de piloten van vliegtuigen doorgeven, want dan worden die knettergek. 'We hebben behoefte aan een systeem dat enkel de relevante informatie van de drones doorspeelt naar de luchtvaart', zegt Remes.

Nokia werkt nu samen met T-Mobile en andere technologiebedrijven aan een dergelijk systeem, U-space, waarvoor de mobiele-netwerk-gigant tests wil gaan uitvoeren bij testcentra in Nederland. En in de Verenigde Staten maakten in juni NASA, de luchtvaartautoriteit FAA en Google-moederbedrijf Alphabet de eerste resultaten bekend van proeven met een rudimentair luchtverkeersleidingssysteem. Drie quadcopters en drie onbemande vliegtuigjes gingen samen de lucht in en voerden eigen taken uit. De proef was een succes; de apparaatjes kwamen niet met elkaar in botsing, mede dankzij het monitoren en ingrijpen van het centrale luchtverkeersleidingssysteem. Maar gezien de vroege fase waarin dit onderzoek zit, is er op dit onderwerp nog een hoop werk aan de winkel.

Zakjes bloed

De toekomst is dat drones straks een massaproduct zijn, niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven, zegt Remes. 'Een boer heeft dan een of meer drones staan, die er op eigen houtje op uitvliegen om vanuit de lucht informatie te vergaren over het land en de gewassen (zie verder 'Case 2: akkerland inspecteren' - red.). Idem dito met bruggen, hoogspanningsmasten en andere cruciale infrastructuur die één keer in de zoveel tijd moet worden geïnspecteerd.'

Drones gaan ook lading vervoeren. De persberichten van bedrijven die van plan zijn pakketjes te bezorgen met drones zijn niet meer te tellen en op kleine schaal gebeurt het ook al echt. Zo bezorgt Zipline bloed

voor transfusies bij afgelegen ziekenhuizen in Rwanda. In Zwitserland heeft het postbedrijf een soortgelijke nichetoepassing gevonden. Het gaat vanaf volgend jaar laboratoriummonsters tussen ziekenhuizen vervoeren met drones van het Amerikaanse Matternet.

'Pakketten bezorgen in drukke steden is nu nog problematisch vanwege wettelijke beperkingen, maar in dergelijke niches kan het wel', zegt ir. Rob van Nieuwland van branchevereniging DARPAS. 'Denk ook aan het bevoorraden van kampen in oorlogsgebieden. Je loopt daar altijd het risico te worden beschoten, dus een onbemande drone is aantrekkelijker dan een helikopter met mensen aan boord.'

Bedrijven als DHL en Amazon onderhouden inmiddels bescheiden lijndiensten met hun drones. Nu nog in het buitengebied, maar die zullen steeds dichterbij de stad gaan wanneer we gewend raken aan het gebruik van drones, weten hoe ze presteren en ze hebben bewezen hun taak veilig uit te kunnen voeren. Zo zal het aantal toepassingen gaandeweg groeien, om de simpele reden dat een drone op plekken kan komen die op andere manieren onmogelijk of heel lastig zijn te bereiken. Die drone kan bovendien de meest subtiele manoeuvres uithalen: hoog en laag vliegen, snel of langzaam, stilhangen in de lucht, in alle mogelijke richtingen. Dus wees er maar op voorbereid: er zweeft straks van alles boven uw hoofd.

VLIEGENDE CAMERA'S

In veruit de meeste toepassingen is een drone vandaag de dag een 'vliegende camera'. Dat heeft geleid tot een nieuwe tak binnen de fotografie: dronefotografie. Je kunt je kiekjes vanuit de lucht insturen voor wedstrijden, en websites als Dronestagram brengen liefhebbers van het genre bij elkaar.

Een drone is dan ook de meest betaalbare manier om de lucht in te gaan met een camera. Voor een paar honderd euro kun je al beginnen en voor circa duizend euro heb je een consumentendrone te pakken van bijna professionele kwaliteit. De besturing is dankzij smartphoneapps relatief eenvoudig en de nieuwste consumentendrones hebben zelfs een bepaalde mate van autonomie. Zo kun je de DJI Spark (600 euro) opdrachten geven met handgebaren. Als je zwaait, vliegt hij van je af terwijl hij je in beeld houdt. Steek twee armen gestrekt in de lucht en hij komt weer naar je toe. Hij kan zelfs landen op je hand. Dankzij al deze beeldherkenning is de drone 'uit te laten': ga hardlopen of maak een fietstochtje en de Spark blijft je volgen.



foto DJI

De DJI Spark, een drone van 600 euro, is met handgebaren te bedienen.

De maker van deze drone, DJI uit het Chinese Shenzhen, heeft nu overigens 70% van de wereldmarkt voor consumentendrones in handen. Was er een paar jaar geleden nog hevige concurrentie met makers als GoPro, Parrot en Yuneec, inmiddels heeft DJI de overhand waar het factoren als kwaliteit en betrouwbaarheid betreft.

DRONES IN ACTIE

CASE 1: LAND EN VOORRADEN METEN

Een opvallende toepassing van drones is het werk dat Skeye doet voor Tata Steel in IJmuiden. Om de voorraden te meten, klom er lange tijd een medewerker met een meetstok over de gigantische bergen steenkool, maar dat was zwaar en gevaarlijk werk. Nu komt Skeye om de zoveel tijd langs met een drone die foto's maakt vanuit de lucht. Daaruit berekenen computers

binnen 24 uur de precieze driedimensionale vorm van de kolenbergen. 'We verzamelen per vierkante meter zo'n honderd hoogtepunten en dat geeft ons een meetnauwkeurigheid van maar 0,3%. Vroeger was dat 5%. Onze methode is sneller, veiliger en preciezer', vertelt Skeye-directeur Pieter Franken. Bij veel van de klussen van Skeye wordt de drone radiografisch bestuurd. Het bedrijf heeft dan ook veel (voormalige) bestuurders van modelvliegtuigjes in dienst. Franken: 'Dat zijn jongens met Nintendo-vingers, die ondersteboven en met hun ogen dicht nog de lastigste patronen vliegen.'

Ook heeft Skeye klussen waarbij luchtfoto's worden gemaakt of het terrein wordt vastgelegd. Daarvoor gebruikt het bedrijf autonome vliegtuigjes die een paar vaste punten ingeprogrammeerd krijgen en daarna hun werk doen. Dan hoeft op de grond niet de beste piloot van het bedrijf te staan, maar gaan er medewerkers met een achtergrond in het landmeten mee.

Skeye werkt met professionele drones die rond de 40.000 euro kosten, maar Franken merkt dat de drones voor consumenten steeds beter worden. Zo komt de Chinese marktleider DJI, bekend om zijn instapmodellen van 500 tot 1000 euro, nu met toestellen van 5.000 tot 10.000 euro. 'Die kunnen ongeveer hetzelfde als onze dure toestellen. Wij gaan de aanschaf daarvan toch serieus overwegen. Die Chinese producenten van drones gaan veel sneller dan hun concurrenten in Europa.'

Medewerkers van het Nederlandse bedrijf Skeye inspecteren een hoogspanningsmast met een drone.



foto Skeye

De hybride drone Marlyn brengt een bouwterrein in kaart.



foto Atmos UAV

TERUGHOUDENDE OVERHEID

Met zestien man in dienst en een gestage groei verdient Skeye in Alphen aan de Rijn geld in de drone-business. 'We zijn een van de vijf bedrijven in Nederland die dat kunnen, schat ik in, eenmansbedrijfjes die ook af en toe iets doen met drones daargelaten', zegt directeur Pieter Franken van Skeye. 'Waar dat lage aantal door komt? Doordat de acceptatie door klanten nog laag is.'

Skeye heeft inmiddels veel ervaring opgedaan met de inzet van drones voor het maken van haarscherpe luchtfoto's, bijvoorbeeld voor landmetingen of voor het vastleggen van een gebied voor projectontwikkelaars. Het bedrijf doet ook vaak de inspectie van schoorstenen, windturbines of hoogspanningsmasten met een drone.

(Hoe Skeye te werk gaat, leest u in 'Case 1: land en voorraden meten'.) Andere toepassingen zijn de inspecties van daken en gevels voor bijvoorbeeld woningbouwverenigingen of verzekeraars.

Maar al met al steekt Nederland schril af bij grote dronelanden als Groot-Brittannië en Frankrijk. Daar verdienen duizenden bedrijfjes hun brood met de inzet van drones. Hier is dat niet het geval doordat de overheid van het begin af terughoudend is geweest met het toelaten van drones (zie ook 'Remmende regels'). De belangrijkste reden die wordt aangevoerd, is de veiligheid van het luchtruim – al kun je je afvragen wat het Nederlandse luchtruim anders maakt dan dat van landen als Groot-Brittannië en Frankrijk.

Inmiddels ziet ook de overheid dat drones enorme economische kansen bieden. Maar dan moeten bedrijven ze wel kunnen testen. 'We zien in het buitenland dat testsites in de buitenlucht de bedrijvigheid rond drones enorm versnellen', zegt Bart Remes van de TU Delft. Tevreden stelt hij vast dat er nu een aantal locaties in aanmerking

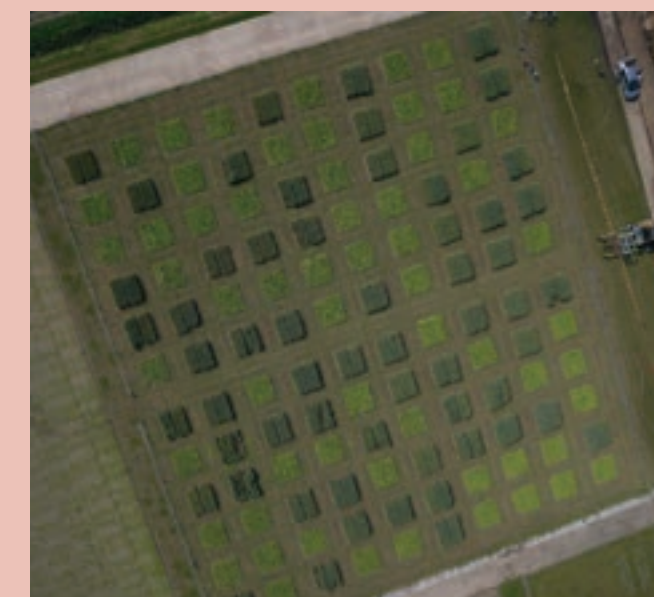
DRONES IN ACTIE

CASE 2: AKKERLAND INSPECTEREN

Wie je ook spreekt in de dronewereld, iedereen denkt dat de landbouw één van de sectoren is die het meeste zal profiteren van de drone-revolutie. Het toverwoord daarbij is 'precisielandbouw'. Door regelmatig een drone met een camera en automatische beeldherkenning aan boord de lucht in te sturen, kan een boer heel precies in beeld brengen hoe zijn plantjes groeien. Blijft in een bepaalde hoek van de akker de groei achter? Dan is daar wat meer kunstmest nodig. Laat een multispectrale camera op een drone zien dat een paar rijen planten last hebben van schimmel? Dan moet daar bestrijdingsmiddel heen. Maar alleen dáár – daar komt dat 'precisie' vandaan. Drones moeten op deze manier leiden tot een lager gebruik van water, bestrijdingsmiddelen en kunstmest, en tegelijk tot hogere opbrengsten.

In de eerste fase zal een boer misschien een bedrijf met drones laten komen voor het maken van de cameraopnames. Maar in de toekomst heeft een groot boerenbedrijf zelf een paar drones staan die om de zoveel tijd de lucht in gaan. De prijzen van drones en camera's zullen verder dalen en dan wordt aanschaf vanzelf een keer interessant. 'Daarnaast zullen verschillende boeren prima de infrastructuur van drones met elkaar kunnen delen', zegt ir. Jochem Wieringa. Hij werkt voor AeroVinci uit Delft, een bedrijf dat een drone plus grondstation ontwikkelde voor gebruik in de landbouwsector. Het toestel is een hybride drone – verticaal opstijgen, horizontaal vliegen – van 4 kg, met een grootte van 1,3 m, acht rotoren en een bereik van 60 km. AeroVinci heeft net een van de grootste problemen opgelost, namelijk hoe de drone ondanks zijwind zelfstandig kan landen in de DroneDock. Daarnaast heeft het grondstation speciale schermen die de drone fysiek enigszins uit de wind houden. Het systeem wordt momenteel getest op voormalig vliegveld Valkenburg bij Wassenaar. De drone mag dan veelbelovend zijn voor de landbouw,

toch lijkt de invoering ervan te stokken. Volgens Wieringa van AeroVinci heeft dat te maken met de kosten. 'Een drone heeft nu nog altijd een piloot nodig. Die moet je betalen en daarmee vallen de kostenbesparingen weer weg. Er is dus sterke behoefte aan een echt autonome drone.' Verder is de drone een nog onrijpe technologie. Gaat een boer nu met een drone met multispectraalcamera aan de slag, dan levert dat ingewikkelde beelden op in een bestandsformaat waar hij niets mee kan. 'Wat hij wil hebben, is een overzichtelijke kleurenkaart, met in rood de gebieden op zijn land waar een probleem is en in groen de gebieden waar het goed gaat. Of liever nog: een concreet advies, zoals: 'Daar en daar moet je zoveel meer water sproeien.'"



Luchtfoto van een proefveld van Wageningen University & Research, gemaakt door een drone.

foto Juha Suomalainen

komt om te worden goedgekeurd. Het verst zijn het voormalige vliegveld Twente en Woensdrecht, waar onder bepaalde randvoorwaarden al vrijelijk kan worden geëxperimenteerd, vertelt Rob van Nieuwland van DARPAS, de branchevereniging voor dronebedrijven. 'En bij voormalig vliegveld Valkenburg is een indoor-testfaciliteit ingericht. Den Helder en Eelde timmeren ook behoorlijk aan de weg.'

Is dat niet wat veel voor een klein landje? 'We denken dat er voldoende economische potentie is voor meerdere testlocaties. Als klein, net gestart bedrijfje wil je niet steeds 200 km moeten rijden om je drone te testen. Daarnaast gaat het over ruimte om opleidingen en training te kunnen geven.'

Behalve Skeye kent Nederland nog enkele andere kleine, maar ambitieuze bedrijven die een niche hebben gevonden. Zo werkt AeroVinci aan een netwerk van autonome drones voor gebruik in de landbouw (zie: 'Case 2: Akkerland inspecteren'). Atmos UAV, eveneens uit Delft, presenteerde in mei zijn drone Marlyn die, afhankelijk van de camera aan boord, tussen de 20 000 en de 45 000 euro kost en bedoeld is voor nauwkeurige landmetingen, voorraadbepalingen en het maken van kaarten.

Marlyn is een 'hybride' drone, wat betekent dat hij verticaal opstijgt met rotoren om vervolgens 90° te draaien en horizontaal op vleugels verder te vliegen. Zo combineert hij de voordelen van een vliegtuigje (zuinig vliegen en dus een groter bereik) met het kleine oppervlak dat een quadcopter nodig heeft om op te stijgen en te landen. 'We merken dat er duidelijk behoefte is aan dit toestel, want we krijgen aanvragen vanuit de hele wereld', aldus CEO Sander Hulsman MSc.

REMMENDE REGELS

Als je in ons land legaal met drones je brood wilt verdienen, moet je een ROC hebben. De eisen voor dit RPAS Operator Certificate (waarin RPAS staat voor een *remotely piloted aircraft system*, oftewel een drone) zijn streng en toekenning betekent dat zowel bedrijf, piloot, als toestel zijn goedgekeurd. En bij het certificaat horen regels die bepalen dat je niet met je drone mag vliegen binnen 15 km van een vliegveld, niet binnen 150 m van gebouwen en A-wegen en niet in de bebouwde kom.

'Ik ben blij dat het ROC bestaat, want dat is goed voor de veiligheid en het economische gewin voor de bedrijven die de moeite doen om deze certificering te halen', zegt Pieter Franken, voorzitter van DCRO, de brancheorganisatie voor dronebestuurders. De strenge eisen die horen bij het ROC kunnen echter wel bedrijven afschrikken die overwegen iets met drones te gaan doen. (Er is weliswaar een variant met minder strenge eisen, de ROC-light, maar die heeft ook meer beperkingen en is daardoor vaak niet interessant voor commercieel gebruik.) Ter vergelijking: in Nederland voldoen 43 bedrijven netjes aan alle eisen; in een land als Frankrijk doen drieduizend bedrijven iets met drones. De regels die in ons land gelden, lijken dus remmend te werken.

Daarom lobbyde DCRO om de opgelegde afstanden tot vliegvelden en wegen omlaag te krijgen. 'De overheid was duidelijk bang voor gevallen waarbij een drone als een baksteen uit de lucht valt of de piloot de controle kwijtraakt over zijn drone; de zogeheten *fly-away*-gevallen. Maar wij hebben met cijfers uit de praktijk laten zien dat die angst ongegrond is.' Bij de 21 600 vluchten die tot eind 2016 waren uitgevoerd, was in twintig gevallen sprake van een gecrasht toestel, waren er geen *fly-aways* en was er geen enkel letsel als gevolg van een haperende drone.

Met die cijfers ging Franken naar de overheid en de lobby had succes. Vanaf het einde van dit jaar worden de eisen voor dronebedrijven versoepeld. Die hoeven dan nog maar een afstand van 25 m tot gebouwen en wegen in acht te nemen. Met uitzondering van het gebouw of de installatie die met een drone wordt geïnspecteerd natuurlijk. 'Daar vlieg je vlakbij, dus dan zet je de weg af met linten en moet daar, naast de piloot, altijd een mannetje bij staan.'

Toch is er op de veiligheid van drones nog wel wat af te dingen. Quadcopters falen nu eenmaal eens in de zoveel tijd, door lege accu's of elektromotoren die de geest geven. Je kunt er dus echt nog niet zomaar boven grote menigtes of buiten het gezichtsveld van de piloot mee vliegen. 'Als je in Frankrijk met je drone buiten gezichtsveld wilt vliegen, ben je verplicht om beschermende maatregelen te nemen, zoals een parachute of een airbag rond de drone die in werking treedt als hij neerstort', zegt Rob van Nieuwland van branchevereniging DARPAS. Een goede benadering, vindt hij. 'Bekijk per *use case* de risico's en verzin daar de beste maatregelen bij om de veiligheid te verhogen. Dat is ook het uitgangspunt voor toekomstige Europese wetgeving. In plaats van de lappendekens aan regels per land krijgen we daarmee één pakket voor alle EU-landen. Dat gaat de economische activiteiten met drones pas echt een boost geven.'



De M2 van Matternet gaat volgend jaar laboratoriummonsters tussen Zwitserse ziekenhuizen vervoeren. Dit soort toepassingen is in Nederland nog niet mogelijk, vanwege de regel dat je 150 m afstand tot gebouwen moet houden.

foto: Matternet

DRONES IN ACTIE

CASE 3: SCHENDING MENSENRECHTEN AANTONEN

Sinds het gebruik van satellietbeelden gemeengoed is geworden, leveren die vaak nuttige informatie voor mensenrechtenorganisatie Human Rights Watch. 'Als wij uit verschillende bronnen geruchten horen dat een dorp is platgebrand door milities, maar het is te gevaarlijk om er een medewerker heen te sturen, dan vragen wij satellietbeelden op. Regelmatig halen wij daar bewijzen van een mensenrechtenschending uit',

Human Rights Watch gebruikt sinds kort de eBee van Sensefly voor het verzamelen van bewijsmateriaal van mensenrechtenschendingen. Deze drone wordt vanuit de hand gelanceerd. (De personen op de foto zijn overigens niet van Human Rights Watch.)

zegt Josh Lyons MSc, Satellite Imagery Analyst bij Human Rights Watch. Maar satellietbeelden hebben soms last van bewolking. De interesse in drones is dan ook groot. Die vliegen onder de bewolking en leggen veel kleinere details vast dan satellieten (2 cm tegen 50 cm).

Eind juni voerde Lyons de allereerste vluchten met een drone uit in een land in het Midden-Oosten waar oorlog woedt (hij kan nog niet vertellen waar precies). Boven een klein gebied maakte die foto's loodrecht van boven, waarmee de organisatie bepaalde vermoedens kon bevestigen. 'Het was een succesvolle eerste missie. Het leek erop dat er één keer vanaf de grond is geschoten op het toestel, dus toen hebben we het even teruggehaald. Maar verder verliep het prima.'

Lyons heeft twee SenseFly eBee UAV's tot zijn beschikking; een donatie van een gulle gever, van het type 'vaste vleu-

gels'. Gelanceerd vanuit de hand zweeft zo'n drone door de lucht, waarmee hij veel veiliger is dan een quadcopter, die bij een defect recht naar beneden komt. 'De SenseFly is gemaakt van piepschuim, aluminium en plastic en weegt nog geen kilogram. Dus zelfs wanneer hij een mens zou raken, is dat niet erg gevaarlijk.'

Het vliegtuigje kan autonoom langs gemarkeerde punten vliegen. 'We gebruiken de autonome modus alleen als we geen mensen in gevaar kunnen brengen. In gebieden met meer bebouwing zullen we het toestel besturen en in het zicht houden.' Alle beelden die een toestel verzamelt, worden versleuteld opgeslagen. Vooral voor een mensenrechtenorganisatie als Human Rights Watch is dat van groot belang. 'De beelden kunnen gevoelige informatie bevatten die mensen in de problemen kan brengen als hij in de verkeerde handen valt.'



INSPIREERENDE INGENIEURSEN

Onderdeel van het Weekend van de Wetenschap

Groet en ontmoet Ingenieurs en hun bijzondere projecten

- **Laura van der Schaaf** (Zwaartekrachtgolven zien)
- **Diederik Samsom** (Nieuwe energie)
- **Theo Salet** (3D-betonprinten)
- **Felienne Hermans** (Programmeren voor iedereen)
- **Mike Stekelenburg** (Vliegende auto PAL-V)
- **Allard van Hoeken** (The Ocean Cleanup ruimt plastic op)
- **Angelo Vermeulen** (Overleven op Mars)
- **Rick Scholte** (Jagen op geluid)
- **Richard Ruiterkamp** (Vliegtuig oogst wind)
- **Bert Blocken** (Ideale wielrenzit)
- **Atze Jan van der Goot** (Biefstuk van soja)
- **Chris Reutelingsperger** (Recyclebaar tapijt)
- **Geert Folkertsma** (Robot-cheeta)

**ZONDAG 8 OKTOBER, 10-16 UUR,
KIVI-GEBOUW,
PRINSESSEGRACHT 23, DEN HAAG**



Meer informatie en aanmelden via
www.kivi.nl/inspirerende-ingenieurs

NIEUWSGIERIG

MÖRING

Marcel Möring is schrijver, bekend van romans als *In Babylon* (1997), *Dis* (2006), *Louteringsberg* (2011) en *Eden* (2017).

Terwijl ik dit tik, zijn boven mijn hoofd mannen bezig een schoorsteen af te breken. De geluiden zijn verontrustend, zelfs als je weet wat er aan de hand is. Mijn vriend L. vroeg waarom ik werk aan het pand laat doen als ik het toch ga verkopen. Ik kon alleen maar antwoorden met een van de eerste liedjes die ik in mijn leven hoorde en dus nooit meer vergat. 'Opgeruimd staat netjes. Dat is ons ideaal.' Ja, het is allemaal begonnen op de kleuterschool, dokter.

L. speelt zelf ook met de gedachte aan verkoop van zijn pand, maar wordt gehinderd door wat hij eufemistisch 'enig achterstallig onderhoud' noemt. Hem kennende – een van de meest atechnische mensen in mijn omgeving – betekent dat schilderwerk dat tien jaar geleden moest gebeuren, kranen die lekken en een cv-ketel die nog op petroleum loopt. Bij mijn beste vriend, H., is het niet anders. Daar houdt zich een keukentje staande dat de genadedood verdient waar Alexander Pechtold zo van houdt.

'Een klusje van een halfuur', zeg ik. 'En dan gaan we naar IKEA, we halen een andere keuken voor een habbekrats en die zetten we er in een dag in.' H. gelooft best dat dat kan. Hij gelooft vooral dat ik dat kan. Maar hij kan het niet. En hij ziet er bovendien zo tegenop dat het er waarschijnlijk nooit van komt. Dat keukentje zal door toekomstige generaties worden bewonderd in een museum als een zeldzaam overblijfsel uit de jaren zeventig, toen de hele wereld nog van oude sinaasappelkistjes en nietjes aan elkaar hing.

Nu ik er over nadenk, geloof ik dat de meeste mensen niet zozeer atechnisch zijn, als wel bang. Ze zijn bang iets verkeerd te doen. Ze hebben geen overzicht. Ze vrezen technieken die ze niet beheersen. Mijn tegenwerping dat je alles kunt leren, wordt altijd vriendelijk genegeerd. Met als gevolg dat ik bekend sta als een superheld die alles kan. Terwijl ik eigenlijk vooral nieuwsgierig ben.

Nieuwsgierigheid is de moeder van kennis. Dat de eigenschap desondanks een slechte naam heeft, komt waarschijnlijk doordat kennis niet altijd gewenst is en de mens een aangeboren neiging heeft tot behoudzucht. Nieuwsgierigheid leidt vaak tot ontdekkingen die nieuwe vergezichten onthullen en daardoor moet er dan weer van alles veranderen. Ondertussen zit ik mijn nieuwsgierigheid te bedwingen. De mannen op het dak hebben de schoorsteen nu wel gesloopt en ik brand van verlangen om

te kijken hoe dat eruitziet, hoe ze het gat gaan dichten en of ik mijzelf nog nuttig kan maken. Ik vrees dat mijn behoefte om een te worden met de werklui zich zal beperken tot het lostrekken van de asbestpijpen, die inpakken en vervolgens afvoeren naar het milieupark. Zij mogen dat niet doen. Een gespecialiseerd bedrijf inschakelen is peperduur. Overal in het land rijden amateurs als ik rond, met 5 m levensgevaarlijke asbestpijp in de kofferbak. Die leveren ze vervolgens in bij het milieupark, waar de paniek toeslaat als ze horen wat je bij je hebt. Toen ik laatst een paar oude verblikken kwam brengen, werd alarmfase rood al bijna afgekondigd.

Overal in het land rijden amateurs als ik rond, met 5 m levensgevaarlijke asbestpijp in de kofferbak, omdat een gespecialiseerd bedrijf inschakelen peperduur is

De gedachte aan het asbest dat ik straks ga vervoeren, brengt mij mijn korte carrière als padvinder in herinnering. Omdat mijn ouders wilden dat ik 'meer onder de mensen kwam' in plaats van alleen maar boeken te lezen, hadden ze mij naar de padvinderij gestuurd. Ze dachten dat dat nog steeds net zo'n brave en menslievende organisatie was als in hun jeugd, zeg maar één en al samenzang, knopen leren en pionieren. Niets bleek minder waar. Ik leerde in de twee jaar dat ik meedeed vooral bier drinken en vloeken. Een behoorlijk knoop kan ik nog steeds niet leggen en vraag mij niet om zonder lucifers een vuurtje aan te maken. Wat ik wel leerde, was hoe je een oventje bouwt van asbestplaten dat je vervolgens ingraaft en met aarde bedekt. Ik heb een sterke herinnering aan de herfstige zaterdagmiddag waarop wij krentenbollen bakten in zo'n oventje. Ze waren heerlijk. Als je er tenminste de asbestsplinters vanaf had geplukt. Dat daar geen schadeclaims op zijn gevolgd, verbaast me nog altijd. Nu ik er trouwens over nadenk, heb ik die middag niet meegeholpen met bouwen. Mij lieten ze de boel opruimen.

Deze heat map werd gemaakt tijdens het Amsterdam Light Festival. Hoe roder een plek, hoe drukker het daar was.



ALGORITME PEILT STADSDELEN MET TWITTER

Through the social glass

Gemeentes kijken reikhalzend uit naar SocialGlass. Dit nieuwe systeem combineert de taal en de context van Instagram- en Twitterberichten met andere data om de drukte en de sfeer in een wijk te bepalen. Daarmee zijn mensenmassa's beter de juiste kant op te dirigeren. En er zijn nog veel meer toepassingen. tekst Marc Seijlhouwer MSc illustraties TU Delft Science/AMS

Het was druk op de Amsterdamse straten, afgelopen Koningsdag. Prima weertje, overall wel iets te doen, en tienduizenden mensen van buiten de stad die eens kwamen kijken wat er in de hoofdstad gaande was. Heel gezellig, maar lastig voor de gemeente. Hoevel die wat drukte rond de verjaardag van de koning wel gewend is, blijft het logistiek een enorme operatie: hoe

krijg je een mensenmassa ordelijk en veilig van het beginpunt naar de andere plekken in de stad?

Er is hulp onderweg. SocialGlass is een uitvinding van onderzoeker dr. Achilleas Psyllidis en zijn collega's van Delft Data Science (DDS), een onderdeel van de TU Delft, en het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS). Het moet straks het stadsbestuur of de lan-

delijke overheid precies vertellen wat 'de massa' wil; waar mensen last van hebben en wat ze leuk vinden.

Signaalwoorden

SocialGlass is een sociale glazen bol die alles verwerkt wat voorbijkomt op Instagram, Twitter, Foursquare en nog wat social media (waaronder de Chinese versie van Twitter, Sina Weibo). Hij zoekt naar berichten die

foto Pieter Dammen



Tijdens SAIL 2015 gebruikten de gemeente en handhavers het algoritme SocialGlass om de drukte in kaart te brengen.

een locatie verraden, gebruikmakend van het feit dat alle social media de optie hebben om gps-data toe te voegen. Vindt het systeem eenmaal een bericht uit Amsterdam (of een andere stad), dan analyseert de software automatisch de taal in het bericht. Is die vrolijk? Ontevreden? Bang? Het lijken abstracte concepten, maar er zijn signaalwoorden waardoor de onderzoekers denken de stemming van een twitteraar goed te kunnen peilen. Door die informatie te combineren met andere gegevens uit sensoren, gps-apparaten, LoRa-netwerken voor het Internet of Things enzovoort krijg je een goed beeld van de situatie in een stad, wijk of straat.

'Het algoritme is zelflerend, dus het heeft al veel training gehad in het herkennen van taal en het interpreteren van informatie. Daardoor weet het nu bepaalde dingen', zegt Psyllidis. 'Bovendien zal het blijven doorleren, ook nadat we het hebben gelanceerd als product.'

Dat lanceren moet eind dit jaar gebeuren, maar daarmee wordt het niet meteen een hypercommercieel project. 'Iedereen zal het kunnen gebruiken en zijn of haar eigen datasets kunnen toevoegen aan de basisgegevens uit ons systeem', vertelt Psyllidis. 'Omdat we alleen openbaar beschikbare data gebruiken, kunnen we het nu al gratis aanbieden aan onderzoekers van AMS en DDS.'

Dat laat zien dat SocialGlass vooral een onderzoeksprogramma is. Natuurlijk kan het nuttig zijn voor steden om de stromen bezoekers te zien,



Kaart van de bezoekersstromen tijdens SAIL 2015. Hoe dikker en roder de lijn, hoe meer mensen er in die straat liepen. Het geeft een beeld van knelpunten: als een lichtrode straat overgaat in een donkerrode, is er mogelijk iets mis op het kruispunt dat ertussen zit.

maar het hoofddoel blijft interessant onderzoek. Naar mensenstromen, maar ook naar de taalalgoritmes die menselijk gedrag moeten ontwaren uit de 140 tekens van een tweet.

Gedrag begrijpen

Het grootste succesverhaal van SocialGlass speelde zich alweer een tijdje geleden af. Tijdens maritiem festival SAIL in 2015 gebruikten de gemeente en handhavers het systeem van de Delftse onderzoekers om bij te houden hoe druk het was en in welke gebieden de drukte te veel werd voor de mensen. Aan de hand daarvan konden de gemeente en politie in bepaalde gebieden meer patrouilleren om onregeligheden te voorkomen of mensen naar een ander pad te dirigeren. De brug tussen Amsterdam Centraal en de Piet Heinkade, waar de meeste boten lagen, was bijvoorbeeld een bottleneck voor de vele bezoekers van



Kaart van Amsterdam met de populairste bezigheden per buurt. In de grachtengordel wint bijvoorbeeld 'eten', in het westen, bij de Nieuwe Meer en het Amsterdamse Bos, heeft men het op social media veel over recreatie.

SAIL. Dat bleek uit veel tweets met trefwoorden zoals 'druk', 'drukte', 'gedrang', 'busy' of 'crowded'.

Maar sinds SAIL hebben de onderzoekers niet stilgezeten. Ze monitorde verschillende grote evenementen in Amsterdam en de rest van de wereld: Shenzhen in China, Adelaide in Australië en Londen in het Verenigd Koninkrijk. Allemaal om meer te weten te komen over de stad en de mensenstromen.

'Met alleen camerabeeld zie je wel hoeveel mensen waar lopen, maar je weet niet of ze het naar hun zin hebben', zegt Psyllidis. 'Terwijl dat eigenlijk het belangrijkste is: drukte is niet erg als men er geen last van heeft. Met social media ontdek je dat wel. Het zorgt ervoor dat de subjectiviteit van het leven en lopen in de stad plotse-ling meetbaar wordt. Je leert menselijk gedrag zo beter begrijpen.'

Sneller dan de heli?

Dat betekent niet dat er geen problemen zijn. Zo maakt het algoritme onder meer gebruik van demografische data van het CBS. Die zijn echter heel statisch: veranderingen zijn er maar mondjesmaat in zichtbaar. Ondertussen is de informatie uit sociale media ontzettend dynamisch.

Bovendien zijn er blinde vlekken. 'Als je bijvoorbeeld alleen Twitter gebruikt voor een analyse, lijkt het alsof er geen Chinese toeristen in Amsterdam zijn. Die kunnen Twitter namelijk niet gebruiken. Mede daarom besloten we Sina Weibo toe te voegen; dan krijg je ook informatie van Chinezen in het buitenland. Maar het laat zien hoe scheef data uit social media kunnen zijn. Een groot deel van ons onderzoek gaat over de betrouwbaarheid van zulke gegevens.'

Verder kan de inhoud van een bericht lastig te analyseren zijn. 'Qua tekstbegrip zijn de algoritmes al best ver, maar context blijft een probleem. Als we willen kijken hoe groepen mensen zich door de stad bewegen, helpt een locatie enorm.

Maar wat doen ze daar? Als we weten dat iemand in een café zit, is hij of zij daar dan voor werk, studie of plezier? Dat is voor mensen vrij snel uit een bericht te halen, maar een algoritme is daar minder goed in.'

Gelukkig leert het systeem steeds meer bij, soms ook dankzij hulp van mensen, vervolgt Psyllidis. 'We proberen nu om via crowdsourcing beeldherkenning te verbeteren, zodat een computer leert om naast de tekst ook een foto te analyseren. Alles om uit één bericht zoveel mogelijk informatie te halen.'

In de toekomst is er veel meer mogelijk dan simpel onderzoek naar drukte in een stad, denkt Psyllidis. 'We werken nu bijvoorbeeld aan een manier om verkeersongelukken te begrijpen en op te sporen. Op welke woorden en beelden moet het systeem dan letten? Mogelijk werkt een social-media-aanpak sneller dan de verkeershelikopter, waardoor de belangrijke diensten eerder in kunnen grijpen met wegafzettingen.'

Een andere optie is energiegebruik. 'Je kunt heel precies meten hoeveel elk huis verbruikt, maar de waarom-vraag is ingewikkelder. Als iemand de hele tijd twittert 'wat is het koud', dan heb je plotseling een verklaring. De beweegredenen van mensen zijn belangrijk om echte kennis te krijgen en wij helpen daarbij.'

Daarnaast wil Phyllidis SocialGlass inzetten om de aantrekkelijkheid van buurten te ontwaren. 'Aantrekkelijkheid is een abstract concept waar computers het lastig mee hebben. Wat maakt iets aantrekkelijk? Is dat niet heel subjectief? Dat soort vragen proberen we nu te beantwoorden.'

Onderbuikgevoel

Voor het zover is, moet SocialGlass nog wel even echt uitkomen voor een breder publiek. Het team werkt er nu hard aan om dat tegen het eind van dit jaar te laten gebeuren. En dan zullen stadsplanners, gemeentes en ondernemers het makkelijker krijgen, meent Phyllidis. 'Die kunnen dan bijvoorbeeld zó zien wat de beste plek is voor een supermarkt, museum, speeltuin of stadspark. Het systeem doet een groot deel van het werk voor je, en allemaal aan de hand van data. Dat is betrouwbaarder en robuuster dan het 'onderbuikgevoel' dat een planner nu soms gebruikt.'

Aan de andere kant hebben die planologen natuurlijk jarenlange ervaring in die onderbuik zitten; ze nemen beslissingen doorgaans niet zomaar. Of het systeem goed genoeg is om tegen die ervaring op te boksen, is een vraag voor de toekomst. Maar SocialGlass lijkt het werk in ieder geval een stuk overzichtelijker te maken. |

foto MADlab



Robots, 3D-printen, virtual reality, duurzaamheid, wearables ... Het lijstje met techniekonderwerpen waar bezoekers mee in aanraking komen op de Eindhoven Maker Faire van dit jaar is absoluut indrukwekkend.

gevraagd naar een aantal hoogtepunten van het uitgebreide programma noemt organisator René Paré gelijk de Franse ontwerper en modellenmaker Gael Langevin, die op het festival spreekt over InMoov, een levensgrote robot die iedereen met een geschikte 3D-printer thuis in onderdelen kan printen. Ook aanwezig is Freerk Wieringa, die onder meer zijn project Androïde / Humanoïde demonstreert. Hierbij wordt een grote, metalen robot aangestuurd door een exoskelet, iets wat bezoekers overigens zelf kunnen uitproberen.

Verder is een van de thema's 'Modelmakers 2.0'. In een grote ruimte laten modelbouwers zien hoe de komst van moderne technologie als de mini-computer Arduino hun hobby heeft veranderd. Ook niet te missen: de Knotsgekke Voertuigen Parade, met onder meer een bakfiets voorzien van een straalmotor en een Jules Verne-achtige raket die buurtbewoners in augustus samen gaan bouwen. Eindhoven de gekste, zo blijkt maar weer.

Evenement Eindhoven Maker Faire, Klokgebouw, Strijp-S, Eindhoven, za 2 en zo 3 september 2017

WATERBOUWKUNDE IN HET ZONNETJE | t/m 17 september 2017

Eigenlijk zou je het niet verwachten in de Grote of St. Bavo-kerk in Haarlem: het grafmonument van Christaan Brunings en Frederik Conrad. Deze twee mannen waren namelijk geen adellijke hoogwaardigheidsbekleders of belangrijke kunstenaars, maar waterbouwkundigen. Brunings stond eind achttiende eeuw aan de wieg van Rijkswater-



staat (toen nog het Bureau voor den Waterstaat), Conrad was zijn opvolger. Een paar jaar geleden werden de graven van Brunings en Conrad gerestaureerd, waarbij het idee ontstond van een tentoonstelling. Die tentoonstelling, *Waterbazen*, is er nu, verspreid over drie locaties in de regio Haarlem: de St. Bavo zelf, het Rijnlandshuis in Spaarndam en het museum van het gemaal De Cruquius. De tentoonstelling in de St. Bavo is het grootst: die behandelt zowel het waterbeheer op landelijk niveau als dat in Noord-Holland, van de dertiende eeuw tot nu. Onder meer zijn er diverse maquettes te bewonderen, zoals die van een in de negentiende eeuw ontwikkelde houten opwindsluis met een voor die tijd innovatief tandradmechanisme. Maar er zijn ook mo-

dernere elementen, zoals een game waarin de bezoeker met een overstroming wordt geconfronteerd en vervolgens maatregelen moet nemen om een ramp te voorkomen. In Spaarndam draait het vooral om de Spaardammerdijk, dé dijk die Haarlem en omgeving moest beschermen tegen overstromingen van de Zuiderzee. In het Cruquius Museum, tot slot, staat het droogmalen van de Haarlemmermeer centraal. Een vroege pleitbezorger voor die onderneming was overigens Nicolaus Cruquius (echte naam: Klaas Kruij), waar het gemaal naar is vernoemd en waar ook een deel van de tentoonstelling aan is gewijd. **Tentoonstelling Waterbazen, St. Bavo, Haarlem/Rijnlandshuis Spaarndam/Cruquius Museum, t/m zo 17 september**

tekst
drs. Jean-Paul
Keulen



foto: Flair Data Systems

Serverrekken in een datacenter. Een nieuwe koelmethode moet hun energieverbruik terugdringen.

Uitreiking De Vernufteling 2017

Vrijdag 3 november 2017

Wat is het vernuft van een gebouw, brug, fietsverbinding, stroomlijn, haven, sluis, et cetera? Welke techniek is toegepast? Die techniek wordt zichtbaar gemaakt tijdens De Vernufteling, dé prijs voor het meest innovatieve project. Met de uitreiking van De Vernufteling wil NLingenieurs zichtbaar maken welke meerwaarde ingenieurs hebben voor de maatschappij en bekendheid geven aan het werk van advies- en ingenieursbureaus.

Kijk voor de criteria, aanmelding en verdere informatie op: www.nlingenieurs.nl/de-vernufteling-2017

Het indienen van nominaties voor De Vernufteling 2017 kan tot 1 september.

De winnaars van de juryprijs en de publieksprijs worden op 3 november bekend gemaakt.

NOMINEER JOUW PROJECT VOOR DE VERNUFTELING 2017!

De jury voor De Vernufteling 2017 bestaat uit

- Hein Pieper – *Unie van Waterschappen*
- Karel van Gils – *ProRail*
- Gerald Schotman – *KIVI*
- Staf Depla – *Wethouder Gemeente Eindhoven*
- Frank Biesboer – *De Ingenieur*
- Johan van den Elzen – *NLingenieurs*

KOELMETHODE BESPAART VEEL ENERGIE

Dampend datacenter

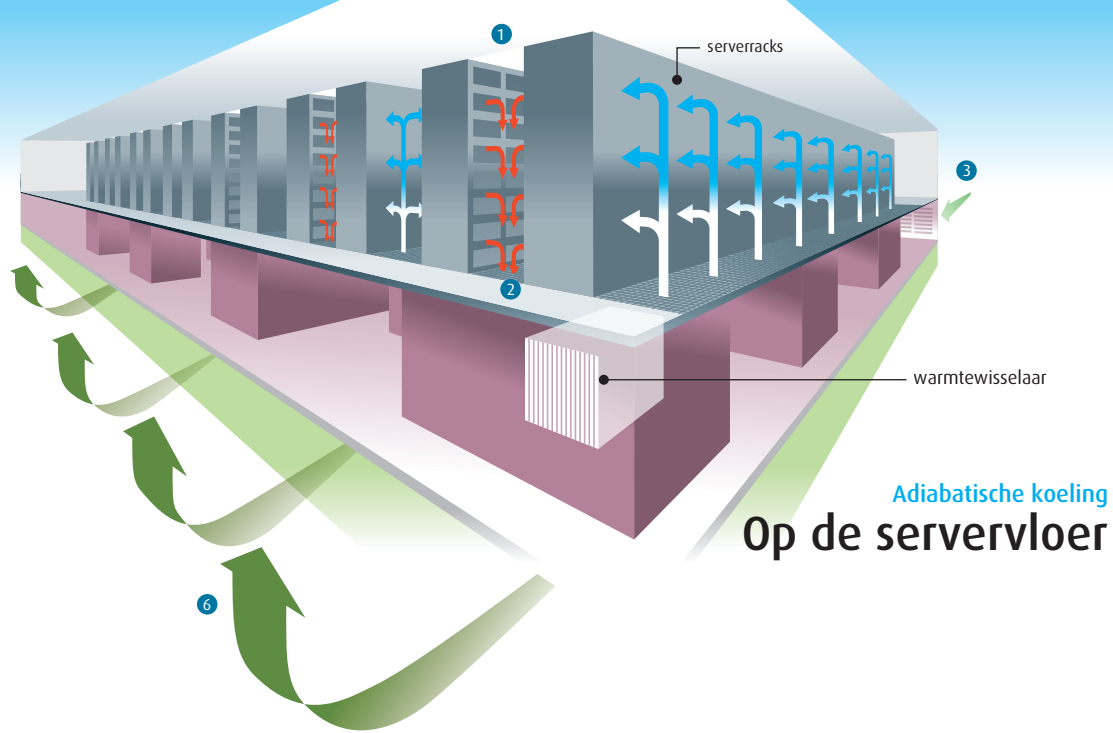
Servers zijn enorme energielurpers, onder andere doordat ze nu eenmaal niet zonder koeling kunnen. Het Amsterdamse Switch doet daar iets tegen met een nieuwe manier van koelen, die maar liefst 80 % zuiniger is dan de gangbare methodes. tekst ir. Frank Biesboer

Komende maanden verwacht drs. Coen Binnerts, directeur en mede-eigenaar van Switch Datacenters, het eerste datacenter op te leveren dat gebruik maakt van zijn nieuwe koelmethode. 'Energie-efficiency, een zo simpel mogelijke constructie met zo weinig mogelijk onderhoud en minder operationele kosten zijn de uitgangspunten', zegt hij op zijn kantoor in Amsterdam-Zuidoost. De koeling kost veel minder energie; in het

nieuwe datacenter heeft die nog maar zo'n 4 % van het totale energiegebruik nodig, terwijl de koeling in de meeste bestaande datacenters zo'n 33 % verbruikt.

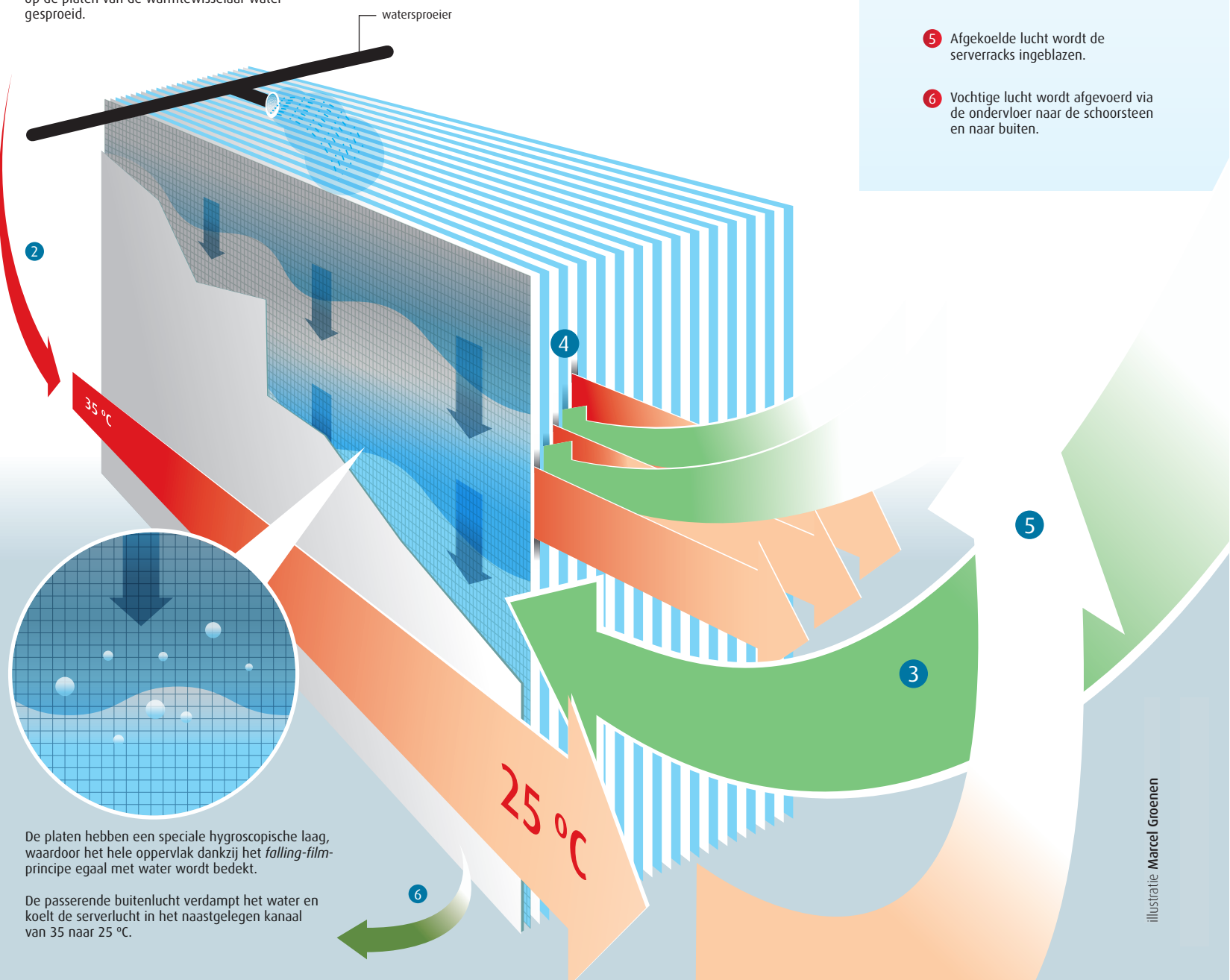
Dat computers, en dus ook de serverrekken, moeten worden gekoeld, is geen verrassing. Vooral de chips produceren zo veel warmte dat ze zonder koeling oververhit zouden raken. De eenvoudigste methode, ook toegepast in pc of laptop, is die warme lucht weg-

blazen, en dat is wat in traditionele datacenters voornamelijk gebeurt. De computerrekken staan daarbij op een verhoogde vloer waaronder air-conditioningsystemen met koud water gekoelde lucht inblazen. De overdruk waarmee dat gebeurt, zorgt ervoor dat de gekoelde lucht de computerkasten bereikt, daar wordt opgezogen door de ventilatoren in de servers en er opgewarmd aan de achterkant uit wordt geblazen, waarna de cyclus zich



In de warmtewisselaar

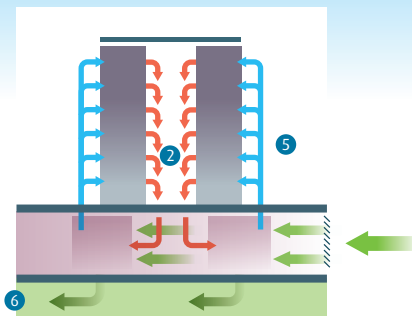
Bij kou koelt de buitenlucht via de warmtewisselaar de lucht uit de serverruimte. Bij warm weer wordt op de platen van de warmtewisselaar water gespreid.



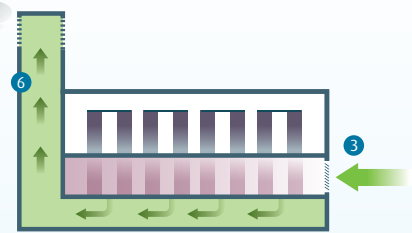
De platen hebben een speciale hygroscopische laag, waardoor het hele oppervlak dankzij het *falling-film*-principe egaal met water wordt bedekt.

De passerende buitenlucht verdampt het water en koelt de serverlucht in het naastgelegen kanaal van 35 naar 25 °C.

1 Continu draaiende servers geven warmte af.



2 Deze wordt onder de computervloer de warmtewisselaar ingeblazen.



3 Buitenlucht wordt van buiten de ruimte met de warmtewisselaar ingeblazen.

4 Binnen de warmtewisselaar passeren buitenlucht en serverlucht elkaar in vertikaal van elkaar gescheiden kanalen.

5 Afgekoelde lucht wordt de serverracks ingeblazen.

6 Vochtige lucht wordt afgevoerd via de ondervloer naar de schoorsteen en naar buiten.

Bij de nieuwe koelmethode van Switch Datacenters worden de koelinstallaties verplaatst van het dak naar de ruimte onder de servers.

herhaalt. Het water in de airconditioning staat zijn warmte af aan de buitenlucht. 'Tot een buitenluchttemperatuur van circa 10 °C gaat dat goed. Daarboven moet je actief koelen.'

Dat werkt prima, maar kost veel energie. Zo'n airconditioning betekent bovendien een risico op wateroverlast. Daarnaast komen er regelmatig monteurs op bezoek in de computerzaal, om filters te vervangen en ander onderhoud aan de airco te verzorgen. 'Wij waren er bij Switch al snel van overtuigd: dat moet beter kunnen.'

De nieuwe methode van Switch maakt gebruik van adiabatische koeling. Binnerts weet daar al het nodig van af doordat hij ook mede-eigenaar is van Air@Work, een bedrijf dat complete installaties levert voor luchtkoeling. Het basisprincipe van die zogeheten indirect adiabatische koeling is eenvoudig: wanneer water aan een oppervlak verdampt, dan onttrekt het warmte. Een veldfles met een vilten hoes werkt met dat principe: maak het vilt nat en door de verdamping van het water blijft de inhoud van de fles koel.

Geen pompen

Binnerts gebruikt voor dat adiabatische koelen een speciale warmtewisselaar die is ontwikkeld door het bedrijf StatiqCooling. In de warmtewisselaar zitten luchtkanalen: in de ene komt de opgewarmde lucht uit de computerruimte, in de andere de buitenlucht. 'Deze zijn strikt van elkaar gescheiden.' Het oppervlak van het buitenluchtgedeelte van de warmtewisselaar wordt met water besprenkeld waarna door het *falling-film*-principe het hele oppervlak egaal met water wordt bedekt. De plaat heeft daarvoor een speciale, wateraantrekkende laag. 'Is het buiten koud, dan koelt de buitenlucht de warme lucht van de servers zonder dat verdamping van water nodig is. Is het buiten warm, dan zorgt de verdamping van het water op de plaat van de warmtewisselaar voor de koeling.'

Het verdampte water verdwijnt in de buitenlucht. Water dat niet verdampt, wordt ook niet gerecycled. 'Het maakt onze installatie veel eenvoudiger: er zijn geen pompen nodig en er staat dus ook geen stilstaand water in het systeem. Het enige wat we extra doen, is het ontharden van

het te verdampen water. Je kunt het waterverbruik een nadeel noemen, maar het valt vergeleken met andere systemen ook wel weer mee.'

Onder de rekken

Op de daken van de datacenters van Switch in Amsterdam Zuidoost en in Woerden heeft Binnerts inmiddels van die koelers staan. Deze kasten zijn inderdaad de eenvoud zelve. Toch is hij er nog niet tevreden over. 'Vooraf vanwege de vele gaten in het dak voor de toe- en -afvoer van lucht, die de kans op lekkages verhogen. Ook staat op het dak een watersysteem dat kan bevriezen.' Dat bracht Switch op de tweede ingreep in het gebouwontwerp: zet de koelinstallatie in een ruimte onder de serverrekken. 'In bestaande datacentra is dat lastig, want je hebt dan een onderruimte nodig van zo'n 4 m. Maar er worden er nog zat gebouwd en daar kan dat makkelijk.'

De behoefte aan datacapaciteit neemt alleen maar toe door big data en het Internet of Things

Het onderin plaatsen van de koelers heeft verschillende voordelen. De koude lucht wordt gemaakt op de plek waar hij de serverruimte in moet, wat energetisch het meest gunstig is. Eventuele waterlekage kan niet in de serverruimte komen. En de installatie is goed toegankelijk voor onderhoudspersoneel, zonder dat dit in de serverruimte hoeft te zijn. Het enige wat energie vraagt, zijn de ventilatoren die zorgen voor de gewenste luchtstromen.

Een ander belangrijk voordeel is de schaalbaarheid van het ontwerp waarop inmiddels patent is aangevraagd. 'Je kunt de serverruimtes zowel horizontaal als verticaal naar believen uitbreiden.' En dat zal waarschijnlijk ook wel nodig zijn. Want met de verdere opkomst van big data, *cloud computing*, het Internet of Things en het steeds verder doordringen van internet in al onze activiteiten neemt de behoefte aan datacapaciteit alleen maar toe. |



Foto Switch Datacenters



TIM CORONEL: 'STEUN JONGE TECHNICI IN ONTWIKKELINGSLANDEN. DOE MEE!'

Rallycoureur Tim Coronel steunt als ambassadeur Stichting Gered Gereedschap

"Ik hou enorm van duurzaamheid. We gooien in onze westerse wereld een hoop weg waar we anderen nog goed mee kunnen helpen. Daarom vind ik het initiatief van Gered Gereedschap zo bijzonder.

De stichting zamelt oud gereedschap in, knapt dit op in 32 werkplaatsen in Nederland en verstuurt het op aanvraag naar technische scholen en startende ondernemers in ontwikkelingslanden. Met dit gereedschap kunnen jongeren, zoals bovenstaande automonteurs, een opleiding volgen en een zelfstandig bestaan opbouwen.

Een mooie formule waar ik graag aan meewerk! Jij toch ook?"

Kijk wat jij kunt doen op www.geredgereedschap.nl/doe-mee



PODIUM

Dr.ir. Carlo van de Weijer is directeur van het strategisch onderzoeksgebied Smart Mobility aan de TU Eindhoven en tevens werkzaam bij TomTom.

BETERE MOBILITEIT VOOR MINDER GELD

Een halfjaar geleden presenteerde een coalitie van mobiliteitspartners een pleidooi voor slimmere, flexibelere, groenere en veiligere mobiliteit. Het voorstel bestaat uit een lange lijst van plannen: investeringen in fiets, beter gebruik van bestaande infrastructuur en tal van verbeteringen in het openbaar vervoer. Hulde! Want dat zal tot een beter en vooral efficiënter en effectiever vervoer leiden, en dat maakt het allemaal beter én goedkoper. Maar dat laatste botst met een opvallend deel uit hetzelfde plan: om de plannen tot uitvoer te brengen, is de komende vijftien jaar één miljard per jaar extra nodig. Volgens een rapport van CE Delft uit 2014 kost het openbaar vervoer de maatschappij zo'n 7 miljard per jaar, alle directe en externe kosten meegerekend. Ter info: auto's kosten in totaal zo'n 11 miljard, maar leveren ongeveer 12 miljard aan inkomsten op. Het OV levert de staat verder nauwelijks inkomsten op en kost daarmee 400 euro per inwoner, nog los van wat die betaalt voor het vervoersbewijs.

Die 7 miljard per jaar zal niet afnemen door nog méér te doen van wat we al deden. Zeker niet als we mee blijven gaan met eisen vanuit reizigersorganisaties en bonden zoals klapperborden op stations, toiletten in sprinters en het verplicht in stand houden van de minst waardetoevoegende baan van de toekomst: de machinist. Maar nog belangrijker: het draagvlak om 7 miljard per jaar te investeren in mobiliteit zal snel afnemen. Door voortschrijdende techniek van met name fietsen, auto's en de diensten daaromheen zijn namelijk veel van de klassieke voordelen van OV op het gebied van bereikbaarheid, inclusie, milieu, veiligheid en efficiency snel aan het verdwijnen.

Waarom vraagt de mobiliteitsalliantie dan een miljard extra? Bij de presentatie van het manifest werd de doelstelling genoemd om "in de Randstad binnen een uur van deur tot deur te reizen". Mij lijkt deze stelling een oplossing op zoek naar een probleem. Waarom moeten we ervoor zorgen dat je binnen een uur vanuit Barendrecht in Laren kunt zijn? Iets wat overigens al goed kan met de auto als je het juiste tijdstip kiest, en dat is steeds vaker een vrije keuze. De kracht van de Randstad en andere conglomeraties in Nederland is juist dat je binnen een halfuur reistijd al zo'n beetje alles kunt bereiken. Ik stel voor de lat veel hoger te leggen: door echt te innoveren en daardoor niet méér geld, maar minder uit te geven. Met een maximaal flexibel systeem waarbij we minder investeren in de infrastructuur en meer in de slimme techniek die daar overheen rijdt, en waarbij we de kosten langzaam maar zeker verschuiven naar de gebruiker. Door de verder verbeterde informatie zullen we opstoppingen op de weg of in het OV dan steeds meer als een planbaar en vrijwillig te ondergaan fenomeen beschouwen.

Dat zijn bijna allemaal zowel kwaliteitverhogende als kostenbesparende maatregelen die het mogelijk maken om de komende vijftien jaar elk jaar opnieuw een half miljard minder uit te geven aan mobiliteitssubsidie. Ze zullen de nodige innovatie aanwakkeren in alle sectoren en daar mag het bespaarde geld in eerste instantie ook voor worden gebruikt. Zodat we in 2032 echt duurzame mobiliteit hebben, ook financieel. Het kan. In vijftien jaar van ruim zeven miljard naar nul mobiliteitssubsidie, met betere mobiliteit. Er hebben zich al wat geloofsgenoten gemeld. U hoort nog van ons.

TO DO

DUTCH DRONE FESTIVAL | 8 t/m 10 september

Wie na het lezen van het coververhaal in dit nummer nieuwsgierig is geworden naar civiele drones en hun mogelijkheden, wordt op zijn wenken bediend. Begin september wordt in Hilversum namelijk het Dutch Drone Festival gehouden. Het festival trapt op vrijdag 8 september af met een filmfestival. Dan worden de genomineerden voor de Drone Film Awards vertoond en de winnaars bekendgemaakt in de Hilversumse Vue-bioscoop. Drone-enthousiastelingen kunnen aan deze wedstrijd deelnemen door vóór 28 augustus hun filmpje te uploaden via bit.ly/dronefilmfestival.

De zeven categorieën zijn abstract en kunstzinnig, *dronie* (het drone-equivalent van een selfie), filmpjes gemaakt door racedrones, sport en auto, international, journalistiek en natuur. Vervolgens vindt op zaterdag 9 en zondag 10 september het eigenlijke Dutch Drone Festival plaats, als onderdeel van de Open Studio Dagen van het Mediapark. In een grote ruimte is dan een parcours uitgezet waar doorgewinterde dronevliegers hun kunsten vertonen, terwijl in twee kleinere ruimtes bezoekers met hun eigen drone aan de slag kunnen. Ook zijn er professionals aanwezig

om beginnende dronevliegers op weg te helpen en vragen te beantwoorden. **Evenement Dutch Drone Festival, Vue bioscoop/Mediapark, Hilversum, vrij 8 t/m zo 10 september**



tekst drs. Jean-Paul Keulen

Ontwerp van een tanker die waterstof van Australië naar Japan moet gaan transporteren.

Ons land heeft unieke mogelijkheden voor het ontwikkelen van de waterstofeconomie, stelt hoogleraar Ad van Wijk. Groene waterstof wordt een van de dragers van een duurzame energievoorziening, en we hebben de kennis, infrastructuur en industrie om daarmee aan de slag te gaan.

tekst ir. Frank Biesboer

KRIJGT WATERSTOF EEN SLEUTELROL IN ONS ENERGIESYSTEEM?

Nederland waterstofland



illustratie Kawasaki

Waterstof. We horen er al zo lang over, en dan meestal gekoppeld aan de vraag of de auto van de toekomst nu op waterstof gaat rijden of op een grote batterij. Net nu het er op lijkt dat de elektrische auto het gaat winnen, komt prof.dr. Ad van Wijk, buitengewoon hoogleraar Future Energy Systems aan de TU Delft en specialist Energie en Water bij onderzoeksinstituut KWR, alsnog met waterstof op de proppen. 'Vergeet die discussie over de auto maar even. Mijn verhaal heeft een heel andere dimensie.'

Wat is de visie van Van Wijk op de rol die waterstof gaat spelen in ons toekomstige energiesysteem? En waarom moet Nederland daar iets mee? Twee vragen, met in twee deelverhalen de antwoorden: 'Onze waterstoftoekomst' en 'Kansen voor Nederland'.

Onze waterstoftoekomst

Waterstof wordt een van de dragers van ons duurzame energiesysteem, luidt een van de stellingen van Van Wijk. Dat behoeft uitleg. Bij het maken van waterstof gaat immers energie verloren, dus je zou zeggen dat je elektriciteit maar beter direct kunt gebruiken. 'Dat klopt op microniveau, bijvoorbeeld als je thuis een zonnepaneel op je dak hebt en je autoaccu wilt opladen als de zon schijnt. Maar ik heb het over ons totale energiesysteem en dan werkt het toch anders.'

Om dat te verhelderen, maakt Van Wijk graag een vergelijking met aardgas. 'In Groningen hadden we een grote bel en we exporteerden ons relatief goedkope gas naar België, Duitsland en Italië. Nu zijn we bezig gas te winnen in Algerije en bij Australië en

vershipen dat vervolgens naar Nederland. Straks gaat het met duurzame energie net zo. Die winnen we met zon en wind op de plekken waar dat het meest voordelig kan, vervolgens brengen we die energie naar plekken waar die het meeste oplevert. En hoe doen we dat transport? Precies, met waterstof. Groene waterstof wordt zo de drager van duurzame energie die zich gemakkelijk laat transporteren en die we voor allerlei doelen kunnen inzetten, variërend van de brandstofcel tot en met industriële processen.'

Een veelgehoord verhaal is dat het omzetten van zonne- en windenergie vooral is bedoeld om overschotten aan elektriciteitsproductie nuttig te gebruiken. 'Zeker; dat gebeurt nu ook al, bijvoorbeeld in Mainz in Duitsland. Maar

dat is in mijn verhaal maar een heel beperkt deel van de totale waterstofproductie.'

Bij Van Wijk wordt die waterstofproductie uit duurzame bronnen een doel op zich. Er zijn op de wereld immers altijd wel landen die groene waterstof nodig hebben omdat ze een tekort aan elektriciteit uit zon en wind hebben. 'Bovendien: elektriciteitsgebruik is maar een

Energie uit zon kost soms al minder dan energie uit fossiele brandstof

kwart van ons totale energieconsumptie. Een kwart is voor transport, een kwart voor woningverwarming en een kwart voor industriële processen.' En juist voor die andere toepassingen leent waterstof zich zo goed. 'Waterstof is een grondstof van veel chemische producten en er is prima de hitte mee te produceren die tal van industriële processen nodig hebben. En voor zwaar transport is het de beste groene brandstof in combinatie met een brandstofcel.'

Waterstof als doel op zich betekent dat een deel van de wind- en

zonne-energie niet beschikbaar is voor de elektriciteitsvoorziening, terwijl we die ook hard nodig hebben. 'Hier heb je precies het kantelpunt', benadrukt Van Wijk. 'Er zijn op dit ogenblik al locaties waar het produceren van energie uit wind of zon minder kost dan met de goedkoopste fossiele brandstof. Zo is in Dubai elektriciteit met zonne-energie opgewekt voor tussen de 2 en 3 dollarcent per kWh, terwijl op de Noordzee het eerste project in Duitsland zonder subsidie al op stapel staat.'

En die prijsdaling is nog niet op zijn eind. 'Bloomberg New Energy Finance voorziet tot 2040 een verdere prijsdaling van meer dan 50%. Met zulke lage kosten wordt duurzame energie niet meer schaars.' Van Wijk roept het Desertec-project in herinnering; het plan om in Noord-Afrika goedkoop zonne-energie te winnen en die naar Europa te transporteren. 'Dat liep onder andere stuk op de enorme kosten die moesten worden gemaakt voor het transport via een nog niet bestaand hoogvermogen elektriciteitsnet.'

Zo kan de waterstofeconomie in elkaar zitten met een productie van 270 000 ton waterstof per jaar.

Met waterstof is het een kwestie van verscheppen.'

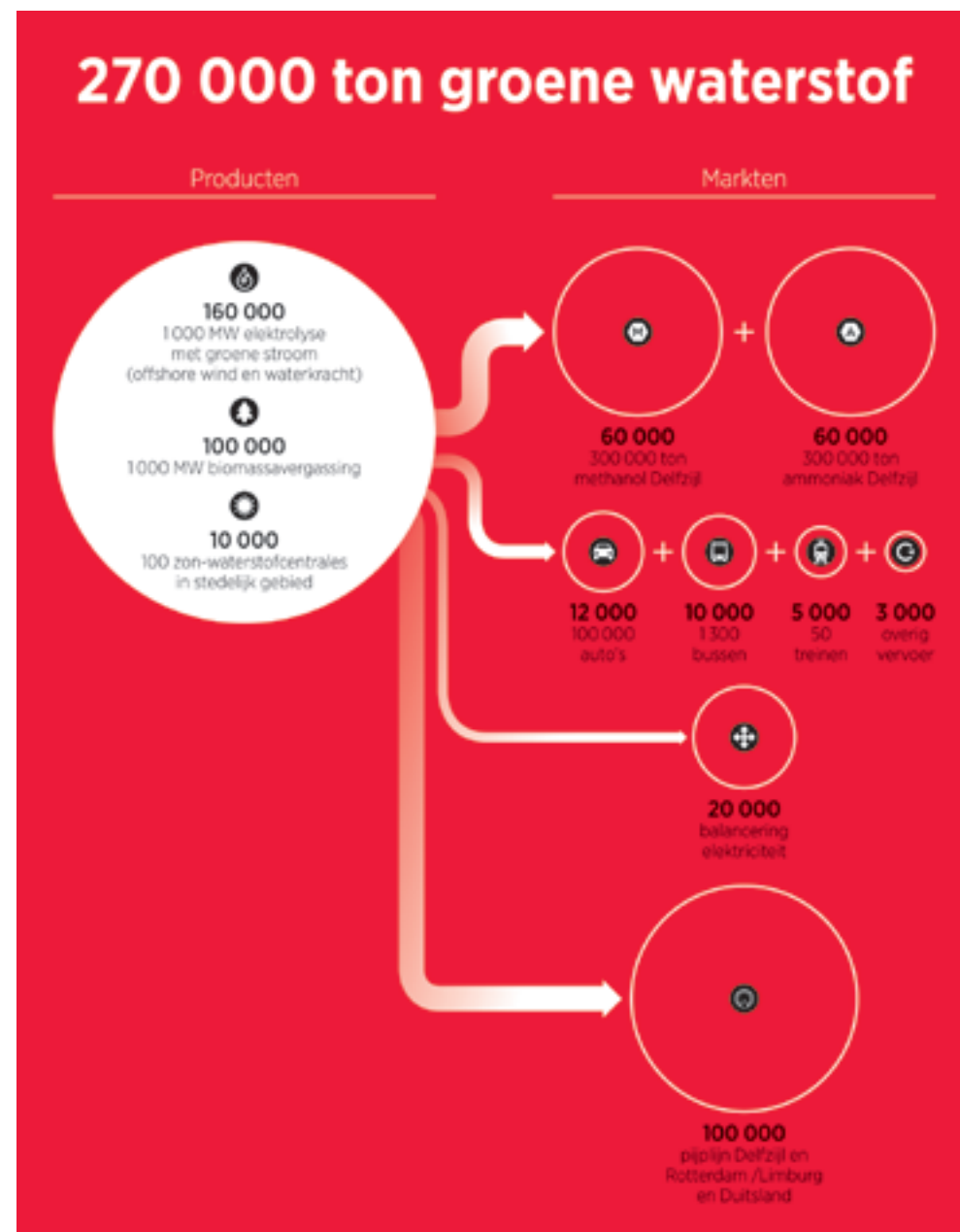
Maar het maken van die waterstof is toch ook duur? Dat gaat meevallen, zegt Van Wijk. Ook bij de waterstofproductie met een elektrolyser, waarbij de stroom het water splitst in waterstof en zuurstof, is sprake van enorme prijsdalingen. 'Twee jaar geleden rekenden we nog met een prijs voor een elektrolyser van 1200 tot 1500 euro per kW, onlangs werd bekend dat het Noorse NELHydrogen in het Franse Normandië een installatie van 100 MW gaat bouwen voor 47,5 miljoen euro. Dat is dus al voor minder dan de helft.'

Hetzelfde geldt voor de brandstofcellen waarmee waterstof weer is om te zetten naar elektriciteit. 'Vooraf vanuit de Japanse en Koreaanse auto-industrie wordt daar enorm geïnvesteerd. Ook daarvan dalen de prijzen; de verwachting is dat die bij massaproductie rond de 50 dollar per kW komen te liggen.'

Terug naar het rendement van het omzetten van elektriciteit in waterstof en terug. Dat is niet meer dan 40 tot 50 %, terwijl een auto direct elektrisch laten rijden een rendement heeft van 80 %. 'Dat klopt helemaal, maar hoeft geen probleem te zijn. Want in Noord-Afrika leveren zonnepanelen drie keer zoveel op als in Nederland. Haal je die energie via waterstoftransport naar ons land, dan heb je met die waterstofauto toch een beter rendement.'

Al onze kunstmest wordt met waterstof gemaakt

Het brengt Van Wijk tot een van zijn karakteristieke, stellige uitspraken: energie-efficiency is niet meer doorslaggevend. 'Als het produceren van duurzame energie zo goedkoop wordt en er op aarde plekken genoeg zijn om die te produceren, dan gaat het alleen nog om de kosten. Vaak wordt gedacht dat energie-efficiency de heilige



illustratie Noordelijke Innovation Board



Ad van Wijk: 'Produceer duurzame energie waar dat het goedkoopste kan en transporteer het naar plekken waar de vraag is.'

Foto Ivar Peil Fotografie/KWR

Kansen voor Nederland

Waterstof is via elektrolyse met elektriciteit te produceren, maar dan moet die elektriciteit wel voorhanden zijn en het liefst in constante hoeveelheden. 'Wil je groene waterstof produceren voor een concurrerende prijs van twee tot drie euro per kg, dan moet je zorgen dat het elektrolyseapparaat continu kan werken', zegt Van Wijk. Hij zet zijn kaarten daarom niet op elektriciteitsoverschotten van zon en wind. 'Natuurlijk, als zo'n overschot er is, moet je er gebruik van maken. Maar je hebt vooral een continu stroomaanbod nodig.' Noord-Nederland heeft daarvoor een unieke positie, want zo'n aanbod is te vinden in de Eemshaven. Daar landen diverse grote kabels aan: de NorNed-stroomkabel die loopt tussen Nederland en Noorwegen (700 MW), de kabel van het offshore windpark Gemini (600 MW) en vanaf 2019 de Cobrakabel die loopt tussen Denemarken en Nederland (700 MW). En omdat Noorwegen zijn energie deels met waterkracht opwekt, kan dat land voor het benodigde continue stroomaanbod zorgen.

Van Wijk wil een deel van de waterstof produceren met een biomassa-vergasser. 'In een energietoekomst waar we geen fossiele brandstoffen meer gebruiken, hebben we voor de chemie een andere bron van koolstof nodig, en die zal moeten komen van biomassa.' De combinatie met waterstofproductie door elektrolyse noemt Van Wijk ideaal. 'Bij elektrolyse komt zuivere zuurstof vrij, die de biomassa-vergasser nodig heeft.'

Is de waterstof geproduceerd, dan moet er ook een afzetmarkt zijn, bijvoorbeeld de nu al bestaande grote markt voor waterstof in de chemie. Deels is die te vinden in het noorden, bij het chemiecomplex in Delfzijl. 'Voorlopig liggen de grootste afzetmarkten in Rotterdam, Geleen en in Duitsland bij de chemieclusters, dus daar moet die waterstof ook heen. En dat brengt een tweede unieke positie van Noord-Nederland in beeld: het gasleidingennet. 'Vanuit Groningen gaan meerdere gastransportleidingen met grote capaciteit naar het zuiden. Een deel van die capaciteit komt vrij wanneer we in Groningen minder aardgas gaan produceren. Laten we dat leidingnetwerk behouden voor

onze energietoekomst door een gedeelte ervan nu al om te bouwen tot een waterstofnet. Veel hoeft dat niet te kosten. Enkele tientallen miljoenen euro's is voldoende om een grote transportleiding van de Eemshaven naar Rotterdam om te bouwen.'

Om dit voor elkaar te krijgen, ziet Van Wijk weinig technische belemmeringen. 'Elektrolyse, het zorgvuldig omgaan met waterstof; we weten wel hoe dat moet. En het mooie is dat alle industrie hier in het noorden die is ontstaan rond de verwerking van het aardgas hun expertise kunnen voortbouwen richting waterstof.' Biomassa-vergassing vereist wel meer onderzoek en experimenten, onderkent Van Wijk. 'Dat hebben we nog niet goed genoeg in de vingers.'

Het lastigst noemt Van Wijk echter het realiseren van het waterstofplan dat hij met de Noordelijke Innovation Board maakte. 'We hebben adviesbureau Accenture gevraagd uit te zoeken wat er nodig is om de waterstofproductie van de grond te krijgen. Dat vereist bedrijven die willen investeren en een overheid die de omschakeling naar waterstof mogelijk maakt. Want nu mogen aardgasleidingen bijvoorbeeld alleen aardgas transporteren. Zo'n gecoördineerde aanpak met een duidelijke regie, waarbij overheid en bedrijfsleven gezamenlijk optrekken; het lijkt alsof we dat in Nederland zijn verleerd. Ik hoop dat het er nu toch van komt, want we hebben met het Eemshavengebied een unieke hot spot om voortrekker te worden van de waterstofeconomie.' |

CATELIJNE MULLER WIL EUROPESE AANDACHT VOOR A.I.

'Bedrijven liggen jaren voor op de politiek'

Er moet een Europees keurmerk komen voor kunstmatige intelligentie dat zaken als privacy en veiligheid garandeert. Daarvoor pleit Catelijne Muller, die de gevolgen van kunstmatige intelligentie voor de maatschappij onderzocht en nu politici wakker wil schudden.

Europa moet de toekomst van kunstmatige intelligentie (AI) in goede banen leiden, anders gaat het straks mis. Met die opvallende boodschap komt mr. Catelijne Muller namens het Europees Economisch en Sociaal Comité (EESC). Om ervoor te zorgen dat dit beleid er komt, moet Muller politici duidelijk maken hoe ernstig het probleem is. Net als het algemeen publiek onderschatten Europarlementariërs namelijk hoe hard het gaat met kunstmatige intelligentie. En zelf als ze daarvan op de hoogte zijn, duurt het lang voor ze er iets mee doen. Hoewel die traagheid noodzakelijk is om te zorgen dat de besluitvorming goed verloopt, leidt hij er ook toe dat de Europese regels niet kunnen opboksen tegen snel oprukkende, verstorende fenomenen zoals kunstmatige intelligentie. Maar daar wil Muller, in het dagelijks leven adviseur internationale aangelegenheden bij de Vakcentrale voor Professionals, iets aan doen. Daarom gaat ze de komende maanden, misschien zelfs jaren, langs politici in de EU om haar rapport onder de aandacht te brengen. Want één ding weet ze zeker: de politiek moet nú iets doen met de opmars van AI, anders is het te laat. Muller kwam zelf met het idee om aandacht te vragen voor AI bij het EESC, een soort Europese Sociaal-Economische Raad die zorgt dat er draagvlak is voor de plannen van de EU bij werkgevers, werknemers en andere maatschappelijke organisaties. Ze vermoedde al dat de invloed van kunstmatige intelligentie werd onderschat en dat vermoeden werd bevestigd toen ze met experts sprak. Zes maanden later – bij de EESC gaat het werk wél snel – had Muller de klus geklaard. Het resultaat is een bondig rapport met aanbevelingen voor de



Europese Commissie, sociale partners en lokale politici. Onder andere: zorg dat er altijd een mens achter de knoppen zit, stel een ethische code op voor AI, laat de EU mondiaal voortrekker zijn op het gebied van AI-beleid en houd op met het focussen op buitenissige toekomstbeelden die waarschuwen voor superintelligentie.

In het rapport bepleit u een soort universele standaarden voor kunstmatige intelligentie op het gebied van privacy en veiligheid. Zoiets lijkt nogal lastig af te dwingen.

'Klopt, daarom begin ik er nu al aan. Als je politici bewust maakt van de noodzaak van zulke standaarden, zullen ze die over een paar jaar meenemen bij het maken van beleid of het al dan niet toestaan van een nieuwe technologie. Het bewustzijn is nu

het belangrijkste; duidelijk maken wat er gaat gebeuren op dit vlak. Want dat weet men vaak nog niet. Ondertussen loopt het bedrijfsleven jaren en jaren voor op de politiek. Als ik eerlijk ben, denk ik daarom dat de bewustwordingscampagne misschien al iets te laat komt. Maar het kan alsnog.'

En wat is dan het uiteindelijke doel van uw campagne, naast bewustzijn?

'Ik hoop dat het lukt om de politiek grip te laten krijgen op kunstmatige intelligentie. Dat het lukt om, samen met de bedrijven en de burgers, een goed plan te maken om de grote maatschappelijke gevolgen van AI in goede banen te leiden. Dat er slim beleid komt om de positieve kant van kunstmatige intelligentie optimaal te benutten en de negatieve gevolgen te minimaliseren. In de VS was men begonnen met een campagne: *Preparing for the Future of Artificial Intelligence*. Sinds Donald Trump president is, lijkt dat project te zijn stopgezet; de site is op zwart gegaan. Dus nu is er een vacuüm op dit terrein en de EU kan daarin springen door een AI-strategie te ontwikkelen en zo een voortrekkersrol te gaan spelen.'

Catelijne Muller: 'Er moet slim beleid komen om de positieve kant van kunstmatige intelligentie optimaal te benutten en de negatieve gevolgen te minimaliseren.'

Zullen Amerikaanse bedrijven zich dan iets aantrekken van Europese regels?

'Stel je voor dat Europa als enige ter wereld met een kwaliteitslabel voor AI komt. Als een product voldoet aan bepaalde eisen op het gebied van veiligheid, privacy, sociale verantwoordelijkheid en als het hackproof is, krijgt het een stempel waardoor een bedrijf het overal in de EU mag verkopen. Dat geeft vertrouwen. Zo'n label wordt dan ook interessant voor landen buiten de EU. Op een gegeven moment beïnvloed je dan wat de standaardmanier van AI maken wordt.'

Dat is een mooi plan, maar op dit moment zijn er vijf oppermachtige reuzebedrijven die de AI-ontwikkeling domineren: Google, Facebook, Apple, Microsoft en Amazon. Die hebben ondanks miljardenboetes van de EU hun handelswijze niet aangepast.

'Precies daarom moet je niet alleen met boetes werken, maar ook met maatregelen die voor hen winstgevend kunnen zijn. Natuurlijk kunnen ze hun eigen plan trekken, maar certificeringen zijn aantrekkelijk en kunnen werken. Zeker voor techniek die nog behoorlijk onbekend is. Dan helpt het om een betrouwbaar instituut als de EU te hebben dat zegt: 'Dit is goed, betrouwbaar, veilig en verantwoord.'

En als het keurmerk niet aanslaat?

'Dan wordt het lastiger om de ontwikkeling van AI actief in goede banen te leiden. Je kunt binnen de EU eisen stellen, bijvoorbeeld transparante datasets van hoge kwaliteit of een mens als controleur bij elk AI-proces. Alleen als je de uitdagingen goed managet, kun je op ook profiteren van de enorme voordelen die AI kan bieden.'

Wat voor voordelen zijn dat dan?

'AI kan de zorg verbeteren en personeelstekorten oplossen, de landbouw efficiënter maken in een tijd waarin de winstmarges daar teruglopen en de samenleving veiliger maken, bijvoorbeeld met zelf-

tekst Marc Seijlhouwer MSc
foto Jordi Huisman

foto Dilliff



Het Europees Parlement moet nu nadenken over beleid voor kunstmatige intelligentie. Anders kan de technologie nare effecten hebben voor werk en leven van de EU-burger.

rijdende auto's. En AI kan een heleboel gevaarlijk of saai werk overnemen. Maar al die positieve dingen hebben een schaduwkant. Want je delegeert beslissingen in veel gevallen naar een algoritme. Dat is een risico en daar moet je over nadenken. Daarom pleit ik in het rapport ook voor een aanpak die daarop anticipeert.'

Hoe ziet u dat voor zich? Als een intelligent algoritme werk doet, zal het beslissingen nemen.

'Ik pleit voor een *human-in-command*-benadering: als er een systeem is dat kunstmatige intelligentie gebruikt om beslissingen te nemen, moet er altijd een mens betrokken zijn om het proces te controleren. Zo voorkom je dat er vreemde dingen gebeuren en dat AI een eigen leven gaat leiden. Denk bijvoorbeeld aan ingeprogrammeerde vooroordelen. Slimme algoritmes worden nu voor het overgrote deel gemaakt door jonge, blanke mannen. Hun onbewuste vooroordelen komen als impliciete aannames in het 'basisbrein' van een intelligent algoritme terecht. Dat is ook de reden waarom ik pleit voor meer diversiteit in de techgemeenschap. Het is leuk en goed om een nieuwe, spannende techniek te maken, maar als je dat niet doet met een divers team, zal het resultaat nooit breed toepasbaar zijn.'

AI-processen zijn notoir ondoorzichtig. Google gaf laatst toe dat hun Deep Mind-algoritme dingen doet die de softwarebouwers zelf ook niet begrijpen. Hoe nuttig is een mens aan het eind als het proces niet helder is?

'Je bedoelt de *black box*? Er zijn wetenschappers en instellingen die zich op dit moment bezighouden met het 'openen' van die *black boxes* om ze trans-

parant en begrijpelijk te maken. De kwaliteit van een dataset is daarbij overigens net zo belangrijk als de kwaliteit van het algoritme, dus mogelijk helpen goede, ordelijke en 'schone' data om het interne AI-proces begrijpelijk te maken. Het kost meer werk, maar het is wel belangrijk om verantwoorde AI te krijgen.'

Precies: het kost meer werk. En bedrijven doen niet graag extra werk als het geen geld oplevert. Remt dergelijk beleid de innovatie niet enorm?

'Ik denk het niet. We willen bedrijven niets opleggen, maar ze eraan herinneren dat ze de overduidelijke risico's goed moeten inschatten en managen. Dat is gewoon goede bedrijfsvoering; een deugdelijk product leveren. Bovendien: het kost ze nu misschien iets meer werk, maar bedrijven voorkomen ermee dat er later, als er toch iets mis gaat, echt belemmerende wetgeving wordt opgelegd.'

Denkt u echt dat kunstmatige intelligentie de burger of de werknemer kan helpen? Onderzoek voorspelt dat een groot percentage van alle banen verdwijnt.

'Ik ben daar niet zo fatalistisch over. Bepaalde beroepen zullen goeddeels verdwijnen; dat klopt. Maar er komt ander werk. En een belangrijke recente studie toont aan dat met name *onderdelen* van beroepen zullen verdwijnen. Ook hier geldt: wees op tijd voorbereid; ga nu als overheid en als werkgevers en werknemers kijken wat de mogelijkheden zijn om AI zo in te zetten dat banen behouden blijven. Bijvoorbeeld door in te zetten op complementariteit; op mens-machine-teams. Want straks is het wellicht te laat en vallen mensen tussen de wal en het schip.'

U waarschuwt voor de huidige AI, maar mensen als Elon Musk en Stephen Hawking zijn ook bang voor de toekomstige 'super-intelligentie' die meer kan en intelligenter is dan mensen. Volgens hen zal zo'n AI het uitsterven van de mens kunnen betekenen.

'Apocalyptische scenario's over kunstmatige intelligentie leiden af van de uitdagingen die er nu al zijn. Laten we de vergezichten niet te veel aandacht geven als de echte problemen in de komende jaren nog geen oplossing hebben.'

Verbijsterd

Na het zien van de cartoon in de inhoudsopgave van *De Ingenieur* nummer 6 ging ik op zoek naar het technische verband dat blijkbaar was gevonden tussen borsten en een nieuw type gehoorapparaat. Was er wellicht een test aan de gang waarbij borstweefsel werd gebruikt om het gehoororgaan onzichtbaar te versterken? Was er misschien uit onderzoek een verband gebleken tussen borsten en verslechterd hoorvermogen? Nee helaas, niets van dat alles vond ik in het betreffende Eureka-artikel.

Dus wat was de gedachtegang van de redactie bij het plaatsen van de cartoon waarbij een man naar het decolleté van een vrouw staart en de opmerking maakt dat 'het echt niemand zou opvallen dat ze een gehoorapparaat heeft'? Ook al staat Nederland volgens het World Economic Forum nog maar op de zestiende plaats in de globale emancipatieranglijst (ver onder landen als Rwanda, Burundi en Namibia) en ook al is er anno 2017

nog steeds de verbazingwekkende politieke discussie aan de gang over het mogelijk verlengen van het vaderschapsverlof van een schamele drie naar een verdrietig makende vijf dagen, dan nog ben ik redelijk verbijsterd over jullie keuze. Zou *De Ingenieur* als techniek-ambassadeur niet juist een positieve bijdrage moeten leveren aan het promoten van een cultuur van gelijkwaardigheid en wederzijds respect binnen de sector? Als KIVI-tijdschrift verwacht ik eigenlijk dat er voor jullie zelfs een belangrijke voortrekkersrol is weggelegd om duidelijk te maken dat het beroep van ingenieur niet seksegebonden is of per definitie is gerelateerd aan een vrouwvriendelijk werkklimaat. Sterker nog, dat het juist belangrijk is voor de creativiteit, inzetbaarheid en internationale concurrentiepositie van de Nederlandse ingenieur dat we meer vrouwelijke ingenieurs opleiden! Maar zelfs als jullie er redactioneel voor kiezen om geen actieve

bijdrage te leveren aan de verbetering van de balans binnen de technieksector, verwacht ik als lezer van *De Ingenieur* zeker niet dat jullie dit soort platte en negatieve beeldvorming promoten.

Prof.dr.ir. Nicole Kringos

Cartoons drijven de spot met het betamelijke. Iedereen vat ze op zijn of haar manier op; liefst met een glimlach, maar ergens is ook een mogelijkheid. Dat kan overigens net zo goed gebeuren bij cartoons die we plaatsen over mannelijke ingenieurs, die vaak als halve schlemielen worden afgebeeld. Tegelijkertijd geldt: seksisme heeft in de maatschappij diepe wortels, dus dat ligt gevoeliger.

Het pleidooi voor een actieve rol van De Ingenieur om sekseneutraal te zijn en te stimuleren dat er meer vrouwelijke ingenieurs worden opgeleid, onderschrijven we van harte. Daar doen we dan ook ons best voor.

Waarom Superman?

Mijn moeder krijgt *De Ingenieur* thuis en nummer 7 viel me op doordat Superman op de voorpagina stond. Ik heb het bijbehorende artikel over *extreme engineering* niet helemaal gelezen, maar het enige super dat ik er zo snel in kon vinden, was de supergeleidende spoel. Mijn vraag is nu dus: waarom Superman? Ondanks zijn superkrachten denk ik niet aan een ingenieur bij hem. Waarom niet Batman (die uit dezelfde wereld komt, van comic-uitgever DC) of Iron Man uit het Marvel-universum? Dit zijn beide mannen die hun pak en hun 'superkracht' zelf hebben gemaakt. Van deze twee vind ik Iron Man dan misschien nog het beste passen. Hij is van nature een genie op het gebied van mechanica en technologie, en heeft bovendien een technische achtergrond: zijn ouders zijn industriemagnaten en hij deed een universitaire elektrotechniekopleiding aan het MIT. Ook heeft hij meerdere pakken waaronder een waarmee hij

kan diepzeeduiken (in verband met het stukje 'Extreem diep'). Batman is gewoon rijk en in topconditie, maar heeft wel heel coole technologische snufjes. Bij Superman daarentegen hebben zijn superkrachten meer met natuurkunde te maken; aangezien hij van een andere planeet komt, is zijn lichaam gemaakt voor een grotere zwaartekracht. Ook wordt hij sterker doordat wij hier een gele zon hebben. En niet om Superman af te kraken, maar als hij in aanraking komt met kryptoniet, stelt hij eigenlijk niet zo veel meer voor. Daarom was ik erg benieuwd waarom de keuze op hem is gevallen?

Suzanne Abedinia

We hebben voor Superman gekozen omdat hij op de afbeelding in kwestie een vliegdekschip voortsleept, wat wel mooi bij ons extreme thema paste. Maar inderdaad: Batman en Iron Man zijn veel betere rolmodellen voor ingenieurs!



Batman is wellicht een beter voorbeeld voor ingenieurs in de dop dan Superman.

Correctie

In het artikel 'Op naar de 45 tesla' (*De Ingenieur* 7) schreven we dat een magneet van 45 tesla nog in geen enkel lab beschikbaar is. Dat klopt niet; er staat er al een in het National High Magnetic Field Laboratory in Tallahassee, Florida.

Wilt u reageren op een artikel in *De Ingenieur*? U kunt uw brief, bij voorkeur niet langer dan driehonderd woorden, mailen naar redactie@ingenieur.nl of sturen naar *De Ingenieur*, Postbus 30424, 2500 GK Den Haag. De redactie behoudt zich het recht voor brieven in te korten en te redigeren of te weigeren.

DNA lijkt veelbelovend als een heel stabiele vorm van dataopslag.

De Oostenrijker Robert Grass is een van de pioniers op het gebied van dataopslag in DNA.



DE OPKOMST VAN DNA ALS OPSLAGMEDIUM

Data voor de eeuwigheid

De gegevens die we wegschrijven naar harddisks, flashgeheugen en usb-sticks is over honderd jaar foetsie. Om voor langere tijd cruciale informatie te bewaren, hebben we een nieuwe manier van dataopslag nodig. Die komt uit onverwachte hoek: DNA. tekst ir. Jim Heirbaut

Om de zoveel tijd meldt de krant dat er een mammoet behoorlijk intact uit de bevroren bodem is gehaald. Prachtig nieuws voor biologen natuurlijk, maar het wordt pas echt spannend wanneer blijkt dat er in een bot van het dier onbeschadigd DNA van honderduizenden jaren geleden is gevonden. De tand des tijds en de elementen hebben het genetische materiaal dan niet kunnen aantasten dankzij vorst in de grond en een zuurstofarme omgeving. In 1964 bedacht een wetenschapper in de Sovjet-Unie dat deze bijzondere eigenschap van DNA wel eens nuttig zou kunnen zijn buiten de biologie. Want als het 'geheugen van het leven' zo duurzaam is, dan kunnen we het

misschien ook wel gebruiken als geheugenopslag.

Enorme datadichtheden

De onbekende Sovjet-wetenschapper bracht zijn idee nooit in de praktijk, maar jaren later, in 1988, zette kunstenaar Joe Davis als eerste wel digitale gegevens om in DNA. Samen met onderzoekers van Harvard University bracht hij een paar bytes aan DNA in een bacterie in. Het duurde nog tot 2011 voordat de eerste wetenschappers zich eraan waagden. Onderzoekers van - opnieuw - Harvard zetten de digitale versie van een boek over genetica (hoe toepasselijk), 659 kB groot, om in kleine stukjes DNA. Dat record ging er snel aan door Britse

wetenschappers die kort daarna 739 kB aan data in DNA stopten. Behalve plaatjes, audio- en tekstbestanden voegden de Britten een pdf toe van het baanbrekende wetenschappelijke artikel van Watson en Crick, over de ontdekking van de dubbele helixvorm van DNA. Een subtiel eerbetoon.

De afgelopen jaren gaat het ineens hard. Onderzoekers van universiteiten hebben zich gestort op het coderen van digitale data in kunstmatig DNA. Want DNA is niet alleen ontzettend stabiel - mits je het koud, droog en donker bewaart - je kunt er ook enorme datadichtheden mee halen. Zou je een kubieke millimeter helemaal volproppen met DNA dan gaat het om een exabyte (10¹⁸ bytes) aan data.



foto: ETH Zurich

En dan is er nog het feit dat DNA in al onze cellen zit. Daardoor zullen wetenschappers altijd in staat blijven om het uit te lezen. Hoe anders is dat met vormen van digitale opslag zoals ponskaarten, floppydisks en zipdrives, waar binnenkort niemand nog iets mee kan.

Kunstmatige fossielen

Een van de pioniers van dit nog kleine onderzoeksveld is de Oostenrijker prof.dr. Robert Grass, verbonden aan de ETH in Zürich. 'Al onze huidige manieren van opslag zijn heel beperkt', vertelde Grass dit voorjaar tijdens een lezing op het evenement PINC (People, Ideas, Nature, Creativity) in Zeist. Met een cd bewaar je je data misschien een jaar of tien, je harde schijf gaat technisch gezien maar een jaar of drie mee, een usb-stick houdt het soms na twee jaar al voor gezien. 'Mensen beseffen dat maar slecht en vertrouwen toch op deze vormen van opslag, waardoor persoonlijke of belangrijke data verloren gaan. Overal waar ik iets vertel over mijn werk, zeg ik: zorg voor backups van je cruciale data. Maak daarnaast fysieke kopieën van de dingen die je echt niet kwijt wilt: laat foto's afdrukken, print documenten uit of zet ze op microfilm.'

DNA zou uitkomst kunnen bieden als veel betrouwbaarder medium voor dataopslag. Maar dan moet het wel goed worden beschermd tegen

Om DNA te beschermen tegen omgevingsinvloeden, wordt het verpakt in deze glazen bolletjes met een diameter van 100 nm.

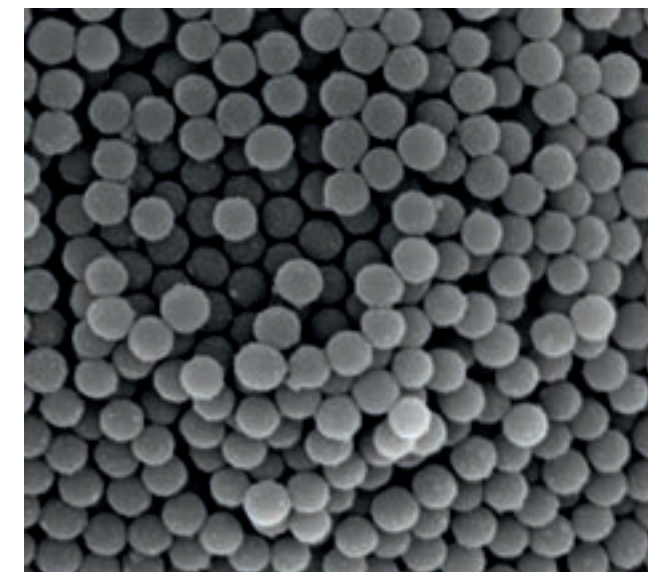
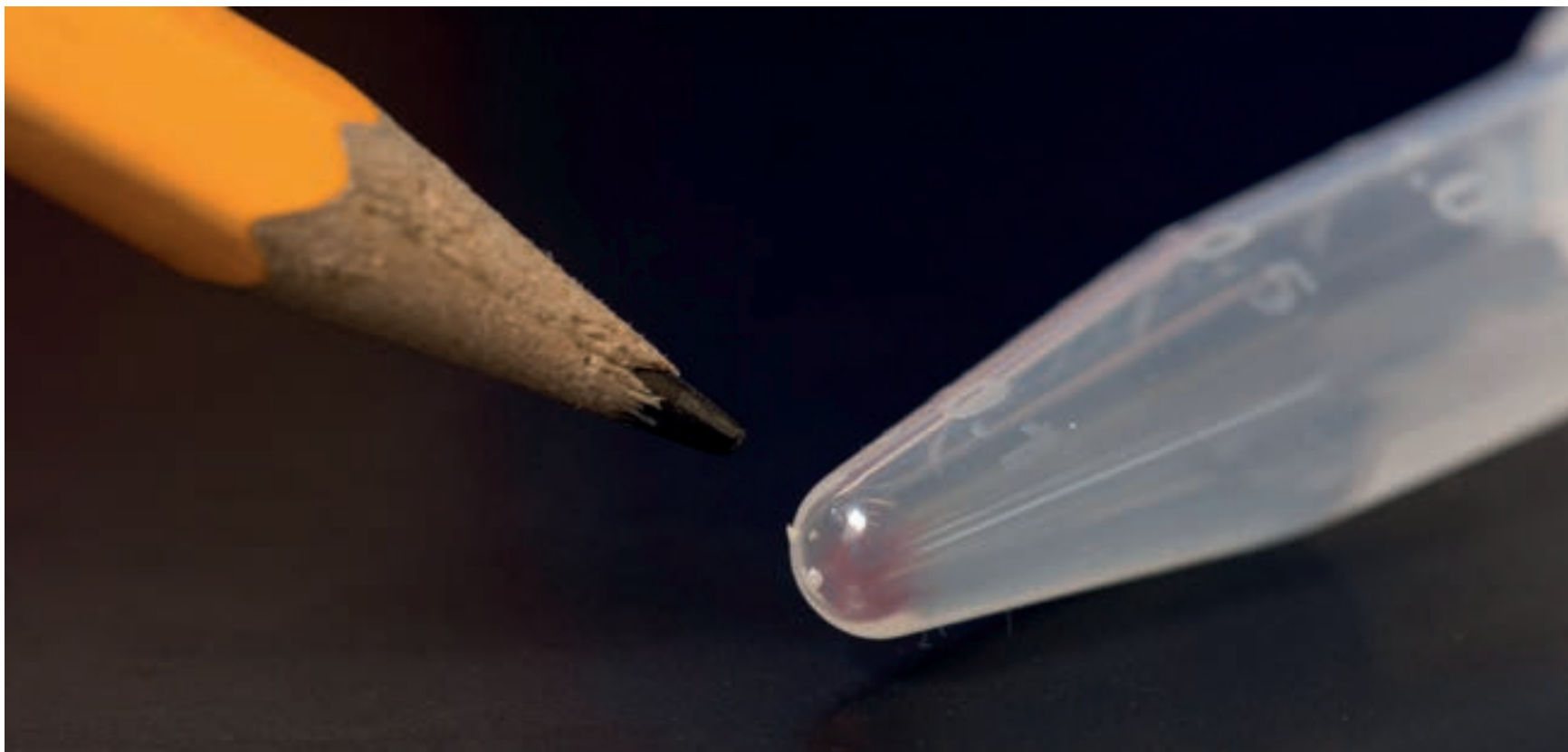


foto: ETH Zurich

omgevingsinvloeden. En daar hebben Grass en collega's iets op gevonden: ze verpakken het DNA in kleine bolletjes van glas, met een diameter van 100 nm. In hun veel geciteerde artikel noemen ze die 'kunstmatige fossielen'. Het laagje glas blijkt vocht goed buiten te houden en is dun genoeg om het met een zure oplossing open te maken zonder dat het DNA beschadigd raakt.

Het proces van de Zwitsers gaat als volgt. Eerst wordt een digitaal bestand (een lange reeks enen en nullen) omgezet in 'DNA-taal': een viertalig stelsel met de elementen A, C, G en T. Vanwege technische beperkingen kan digitale data niet in heel lange strengen DNA worden



vastgelegd. Daarom maken alle onderzoekers gebruik van relatief korte stukjes synthetisch DNA, dat bij Grass bestaat uit 117 nucleotiden (A, C, G of T) plus een label van 9 nucleotiden dat aangeeft op welke positie de streng hoort in het grote geheel. Voor de eerste demonstratie van hun methode maakten de ETH-onderzoekers op deze manier 4991 strengen DNA, die ze inpakten in glazen bolletjes.

De spannende stap is het uitlezen. Omdat daarvoor veel meer DNA nodig is, gebruiken de onderzoekers een DNA-vermenigvuldigtechniek uit de biomedische wereld. Die maakt van elk van de 4991 DNA-strengen meerdere kopieën,

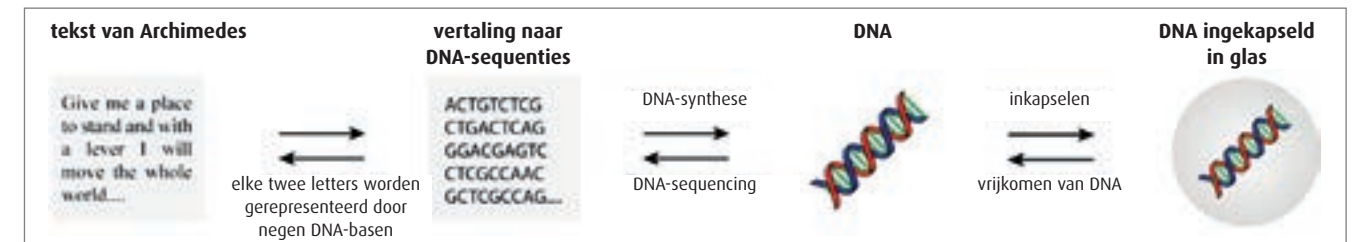
zodat het sequence-apparaat voldoende materiaal heeft om het DNA te kunnen uitlezen.

Elegante correctie

Bij dit proces is een speciale rol weggelegd voor foutcorrectie. Want hoe goed je het DNA ook beschermt tegen invloeden van buitenaf, er zullen altijd kleine foutjes in ontstaan (in ons lichaam bijvoorbeeld 60 000 per dag, waarvoor allerlei reparatiemechanismen bestaan). Doe je daar niets tegen, dan zal de informatie die opgeslagen ligt in het DNA bij uitlezen niet meer correct zijn. Dan krijg je foute letters in teksten, zwarte pixels in plaatjes of tikken in audio-opnames.

De meest eenvoudige manier van foutcorrectie is om al die korte stukjes DNA, die achter elkaar gelegd het databestand vormen, een flinke overlap te geven. Op die manier is het geen ramp als er in een

winst. De oplossing van Grass was om water te markeren met DNA. Daarmee sla je twee vliegen in een klap: water met verschillende tracers heeft dezelfde, voorspelbare eigenschappen en in het DNA is een unieke 'streepjescode' te stoppen die helpt om te bepalen welke weg de vloeistof heeft afgelegd. Met stukjes DNA zijn bovendien oneindig veel verschillende tracers te maken. Helaas is DNA niet goed bestand tegen hoge temperaturen en het agressieve milieu in olie- en gasvelden. Maar daar bedacht Grass iets op. Hij verpakte het DNA in kleine glazen bolletjes met een diameter van 100 nm. Het dunne laagje glas beschermde het genetisch materiaal voldoende om het weer uit te kunnen lezen wanneer het een eindje verderop in het water werd aangetroffen.



Zo wordt een tekst 'vertaald' naar DNA, bewaard in een glazen bolletje, en daar weer uit gehaald en terugvertaald.

Het roze materiaal onder in deze reageerbuis bevat honderden gigabytes aan data.

stukje een foutje zit; er bestaan immers nog meer dan genoeg fragmenten met de correcte versie.

Een simpel concept, maar ook verkwistend, want DNA is duur. Daarom maakt Grass van de ETH gebruik van een elegantere manier van foutcorrectie: Reed-Solomon, al bedacht in de jaren zestig en tegenwoordig zo'n beetje overal gebruikt waar het van cruciaal belang is dat data correct wordt overgedragen, zoals bij het afspeelen van cd's en bij de communicatie tussen satellieten. Reed-Solomon draait om het toevoegen van redundantie aan de oorspronkelijke databestanden. Redundantie betekent hier dat in het DNA een beetje extra informatie moet worden ingebouwd, maar veel minder dan bij de eerder beschreven methode met overlap. In de experimenten van Grass zorgde deze foutcorrectie ervoor dat de testdata foutloos weer uit de DNA-fragmenten tevoorschijn kwamen.

Sudoku-algoritme

Hetzelfde presteerden begin dit jaar collega's van Grass aan Columbia University in de VS. Onder leiding van dr. Yaniv Erlich codeerden zij met een eigen methode 215 PB (een petabyte is 10^{15} bytes) aan data in 1 g DNA; een wereldrecord. Dit is evenveel data als past op 215 000 harde schijven van 1 TB, een onvoorstelbare dichtheid.

De Amerikanen hebben hun eigen algoritme bedacht voor de foutcorrectie: fountain code, een techniek die ze zelf vergelijken met sudoku's; de bekende puzzels waarbij een paar simpele regels bepalen welke cijfers je wel en niet mag invullen.

Wie wel eens zo'n ding heeft ingevuld, begrijpt hoe de foutcorrectie hier ongeveer werkt. Dankzij de vaste regels voor het invullen (zoals: 'de som van alle cijfers op een rij moet vijftien zijn') is uit maar een klein beetje begininformatie het juiste eindresultaat af te leiden. 'Daarnaast kunnen we voor een sudokupuzzel oneindig veel hints afleiden en er is altijd wel een hint te vinden die goed in DNA is te vatten met een lage kans op fouten', legt Erlich uit.

Kluis vol zaad

Gezien de immense belofte van dataopslag in DNA mag het geen verrassing heten dat ook de eerste bedrijven zich erop gaan richten. En niet de kleinste: onlangs kondigde Microsoft aan vóór 2020 in een van zijn datacenters werkende dataopslag op basis van DNA te willen realiseren. Voordat het zover is, moet er wel heel wat gebeuren. Om te beginnen moeten de kosten voor het schrijven van digitale data in DNA omlaag. In een demonstratieproject van Microsoft waren 13 448 372 stukjes DNA nodig om zo'n 200 MB aan data op te slaan. Kosten van al die DNA-stukjes: zo'n 800 000 dollar (720 000 euro).

Ook gaat het schrijven in DNA nog traag: ongeveer 400 bytes per seconde. Microsoft wil dit opschroeven naar 100 MB/s. Het uitlezen

Bij -18 °C blijft DNA zelfs een miljoen jaar stabiel

van DNA gaat gelukkig wel vrij snel. Dat is te danken aan biomedische onderzoekers, die dagelijks DNA moeten uitlezen voor hun onderzoek naar kanker en andere genetische aandoeningen. Dat doen ze met genome-sequencing-machines die met elke nieuwe generatie weer sneller worden.

Voorlopig gaat DNA de harde schijf van uw computer nog niet vervangen, maar Grass heeft er alle vertrouwen in dat het genetische materiaal op termijn zal worden gebruikt voor het opslaan van informatie die belangrijk is voor de mensheid. 'Op Spitsbergen bevindt zich de Global Seed Vault, een kluis waarin zaden van alle planten op aarde worden bewaard. Misschien is dat een geschikte plek om data op te slaan. Bij -18 °C blijft DNA zelfs een miljoen jaar stabiel.'

En wat moeten we daar dan opslaan? 'Ik denk meteen aan zoiets als Wikipedia. Dat is niet alleen een weerslag van onze kennis op dit moment, maar laat ook zien wat we belangrijk vinden in ons tijdperk. Je kunt hele pagina's vinden over Justin Bieber bijvoorbeeld.'

En wat zal de eerste brede toepassing van DNA-dataopslag zijn? 'Ongetwijfeld de backups van belangrijke archieven die je niet steeds nodig hebt. Daar gaat DNA de tapetechnologie vervangen die we nu nog vaak gebruiken.' |

OLIEVELDEN LEEGTREKKEN DANKZIJ DNA

Het idee om DNA in te pakken in kleine glazen bolletjes hield hoogleraar Robert Grass over aan een eerder project voor de olie-industrie. Bedrijven in die sector pompen op verschillende plaatsen water in een veld om zoveel mogelijk van de resterende olie eruit te krijgen. Maar het is vaak gissen naar de precieze vorm van zo'n olievelde. Daarom pompen ze water met tracers – verf of een radioactieve stof – op verschillende plekken de grond in. Door nu op andere plekken de concentratie van tracers in het opborrelende water te meten, krijgen ze een beeld van de weg die het water heeft afgelegd.

Van die tracers bestaan echter slechts een kleine honderd varianten, wat het aantal injectielocaties beperkt. Vooral voor langgerekte olievelde zijn meer injectiepunten ge-



DE PRODUCT- ONTWERPEN VAN MORGEN

EUROREKA

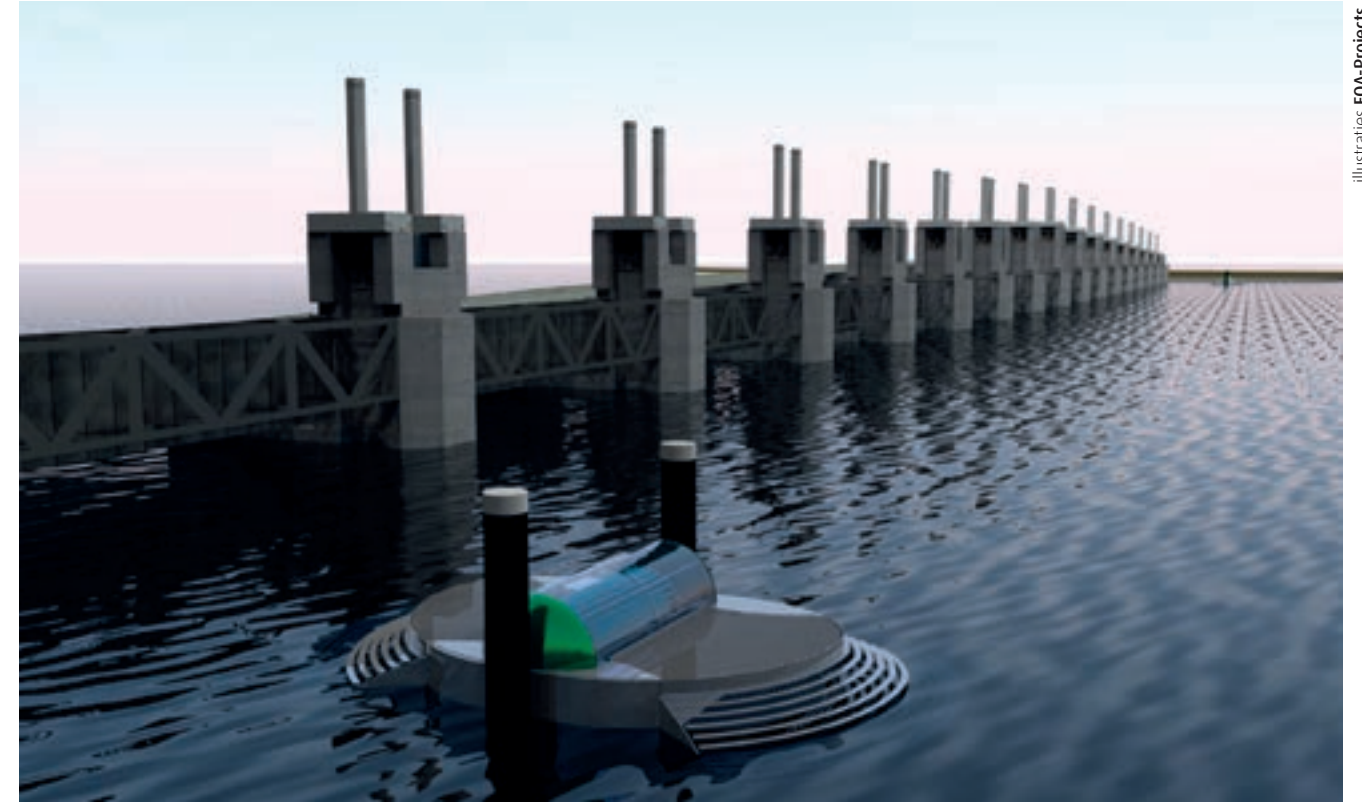
tekst ir. Jeroen Akkermans en
ing. Paul Schilperoord



PRINTBAND

De autoband van de toekomst bevat geen lucht. Dat is de visie waar Michelin – pionier van de verwisselbare luchtband – al geruime tijd aan werkt. Zo introduceerde de Franse bandenfabrikant vijf jaar geleden de Tweel, een wiel-band-combinatie met flexibele spaken die de verende functie van de luchtkamer in de band overnemen. Nu komt Michelin met de volgende stap in deze ontwikkeling: een 3D-geprint, verend wiel dat een organisch geheel vormt met het loopvlak. Het Michelin Vision-concept heeft een open structuur geïnspireerd op natuurlijke creaties zoals koraal en honingraat. Vanuit de naaf naar buiten toe wordt de structuur steeds opener. Hierdoor ontstaat in het gebied richting het loopvlak flexibiliteit voor een natuurlijke vering, vergelijkbaar met die van een luchtband. Het produceren van een dergelijke 'organische' structuur is alleen mogelijk door middel van 3D-printen. Het loopvlak, dat integraal deel uitmaakt van het wiel, is eveneens een 3D-print die wanneer nodig

kan worden aangevuld met nieuwe printlagen van synthetisch rubber. Sensoren in het loopvlak van de band detecteren wanneer de profieldiepte afneemt en het profiel vervangen moet worden. Of wanneer het moment daar is om over te schakelen van zomer- naar winterprofiel. Dit kan allebei zonder de complete banden te vervangen. Onderdeel van het toekomstconcept is een 3D-printstation waar een auto naar binnen kan rijden om extra profiel op de banden te laten aanbrengen. De Michelin Vision zou een nieuwe stap kunnen zijn naar een veiligere en milieuvriendelijkere autoband. Een lekke band of klapband behoren tot het verleden, terwijl de wiel-band-combinatie veel langer meegaat dan een conventionele autoband. In de nabije toekomst hoopt Michelin het rubber voor het loopvlak te kunnen winnen uit natuurlijke, recyclebare materialen, zoals stro of hout. De haalbaarheid van Michelin Vision is echter vooral afhankelijk van hoe goed 3D-printtechnieken zich verder ontwikkelen voor massaproductie. (PS)



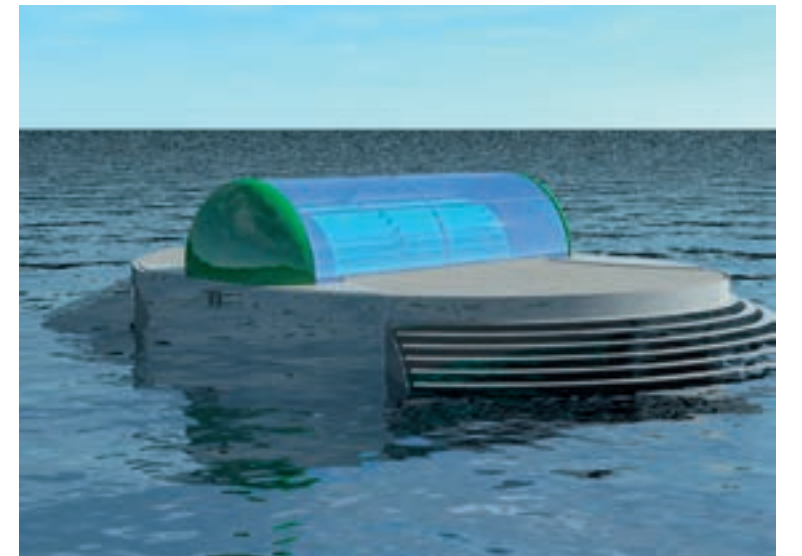
DRIJVEND WATERRAD

Start-up EQA-Projects wil het stokoude waterrad nieuw leven inblazen met een multifunctionele drijvende waterkrachtcentrale. De zogeheten EQA-River bestaat uit vier onderdelen die op locatie zijn te koppelen: een prefab-unit met een waterrad, twee drijflichamen en een 'open' bumper om grote takken en afval te weren.

De onderdelen zijn grotendeels gemaakt van afvalplastic en binnen een dag te monteren. 'De constructie is gemakkelijk te verplaatsen met een sleepbootje', vertelt John van Boxel, oprichter van EQA-Projects. 'En je kunt hem tijdelijk vastleggen met een anker of stutpalen.'

De EQA-River, afhankelijk van de afmetingen goed voor een geïnstalleerd vermogen van 10 tot 200 kW, wekt niet alleen energie op. De krachtcentrale is uitgerust met een camera en sensoren, onder meer om de stroomsnelheid, het waterpeil en de watertemperatuur te meten. Deze gegevens worden verstuurd naar een waterbeheerder.

De drijflichamen kunnen daarnaast water innemen of lozen zodat de diepgang van het rad is te variëren. Daarmee is het drijvende rad ook in te zetten als een flexibel verlengstuk van een krib (een korte, stenen dam die haaks staat op de oever), legt Van Boxel uit. 'Als het rivierwater te snel wordt afgevoerd, is het waterrad dieper te leggen door water naar binnen te pompen. Het vergrote schoepoppervlak vertraagt de stroomsnelheid en daarmee



de afvoer van water.' In het geval van een gezwollen rivier gebeurt het omgekeerde. 'Door water te lozen, verheft het rad zich grotendeels uit een rivier. Zo vormt het geen obstakel als er veel water moet worden afgevoerd. Met al deze functies is de EQA-River dus ook een instrument voor waterbeheerders.'

De start-up ontwikkelt nu een eerste prototype en presenteert dat later dit jaar. Onder meer Rijkswaterstaat heeft volgens Van Boxel belangstelling voor de drijvende centrale. 'We hebben een ligplaats gekregen voor het testen van het prototype. Daarmee willen we verder door het land trekken voor demonstraties.' (JA)



ROBOBAL

Met het interactieve bewegingsspel Qbi zijn ouderen weer even het kind van vroeger. De bal die ze op afstand besturen door met een arm of been te zwaaien, moet bijvoorbeeld die van de tegenstander aantikken of sneller een parcours afleggen. Of ze proberen in hun eentje een record op een hindernisbaan te verbeteren.

'Het mooie is dat mensen zich focussen op het manipuleren van de bal en zichzelf een beetje vergeten', vertelt ing. Luc Starmans, technisch directeur van Qineto, de start-up die Qbi ontwikkelde. 'Hierdoor bewegen ze met meer plezier en minder remmingen. Ook gebruiken ze onbewust meer spieren dan bij normale oefeningen.'

Qbi bestaat naast de op afstand bestuurbare ballen uit een bedieningspaneel en een 3D-camera op een standaard. De camera labelt de spelers en hun bal voordat een spel begint. Daarnaast kiezen de spelers via het bedieningspaneel met welk lichaamsdeel ze de bal willen besturen, bijvoorbeeld hun linkerbeen. De camera 'focust' hierop tijdens het spelen en stuurt de beelden naar een algoritme. Dat laat daarop de bal bewegen in de richting die het uitgestoken been aangeeft.

De bal slaagt daarin dankzij een vernuftige constructie binnenin, met onder andere gyroscopen, versnellingsmeters en een motortje met twee wielletjes. Zodra de wielletjes in beweging komen, verplaatst het zwaartepunt zich en gaat de bal rollen.

Voor het manipuleren van de bal kunnen overigens meerdere lichaamsdelen worden gekozen, licht Starmans toe. 'Je kunt bijvoorbeeld beide armen of schouders selecteren. De camera focust dan automatisch op de arm of schouder die het hoogst is geheven.'

Met Qbi zijn diverse spellen mogelijk waarbij twee mensen het tegen elkaar opnemen. Hierbij is soms ook het brein te trainen. 'Zet bijvoorbeeld twaalf kegels met cijfers op een rij. De uitdaging: werp zo snel mogelijk de kegels omver waarvan de cijfers bij elkaar opgeteld precies veertig zijn. Hierbij kun je je tegenstander frustreren door een kegel te pakken die nodig is om zijn som kloppend te krijgen.'

Qbi is vorig jaar getest bij diverse zorginstellingen. Zowel ouderen als fysiotherapeuten zijn enthousiast, zegt Starmans. 'Spelen met een bal deed je vroeger ook op straat. En het spel- en competitie-element spreekt erg aan. Zelfs mensen met zware rugklachten komen in beweging.' (JA)

MICROBENKLEDING

Sportkleding heeft vaak ventilatieopeningen om hitte en zweet van het lichaam af te voeren. In de buitenlucht wil je echter kou en regen buitenhouden. Om dat tegelijk voor elkaar te krijgen, zijn er onder meer ski-jassen met regelbare ventilatieopeningen die worden aangestuurd door sensoren en een microprocessor (zie het maantnummer van *De Ingenieur*). Een team MIT-onderzoekers weet nu met bacteriën hetzelfde te bereiken.

De onderzoekers maken gebruik van microben die krimpen en uitzetten in reactie op vocht, oftewel zweet. Hierdoor zijn ze in te zetten als kleine sensoren en actuators. De microben worden aangebracht op een sandwichmateriaal dat bestaat uit twee lagen latex. Als er vocht bij komt, zetten ze uit en trekt het materiaal krom. Zo kunnen ze, verwerkt in een sportpak, ventilatieopeningen bedienen. Als de atleet opwarmt en begint te zweeten, duwen de microben de ventilatieopeningen open. Koelt de atleet weer af en gaat hij minder zweeten, dan krimpen de microben en gaan de openingen dicht.

Er is echter geen directe relatie tussen de hoeveelheden warmte en zweet die het lichaam plaatselijk produceert. De onder rug geeft bijvoorbeeld veel zweet af maar vrij weinig warmte. Om hiervoor te compenseren, heeft het sportpak grotere ven-

tilatieopeningen op plekken waar het lichaam veel warmte afgeeft. De openingen variëren in grootte van ongeveer die van een vingernagel tot de lengte van een hele vinger. De microben kunnen ook voor andere doeleinden worden ingezet. Ze zijn bijvoorbeeld genetisch te modificeren zodat ze oplichten in reactie op vocht. Mogelijk is dit te verwerken in een sportjas voor hardlopers als alternatief voor een reflecterend hesje.

Als volgende stap willen de onderzoekers cellen maken die een 'lekker ruikende geur' afstoten om zweetluchtjes mee te verbloemen. (PS)



GOEDKOOP STAAN

Een paar uurtjes per dag staand werken zou goed zijn voor de gezondheid.

Bureaus die verstelbaar zijn van zit- naar stahoogte zijn daarom in steeds meer kantoorruimtes te vinden. Het meubilair is alleen aan de prijzige kant. 'Je telt al snel 1500 euro neer voor zo'n bureau', zegt Frank in het Veld, een voormalig

programmator bij de publieke omroep. 'Het is bovendien zonde van de bureaus die er al staan.'

In het Veld ontwikkelde samen met een bevriende meubeldesigner een alternatief voor het dure sta-meubilair: de You-Stand, een demontabel en in hoogte verstelbaar meubelstuk dat bovenop een

bureau is te zetten. Het stabureautje bestaat uit vier houten planken die via gleuven in elkaar te schuiven zijn. Het construct lijkt een beetje op de bekende Tripp Trapp-stoel voor kleintjes: de twee werkbladen, eentje voor het toetsenbord en de muis en eentje voor het scherm, zijn op verschillende posities in een schuinstaande houder te schuiven. Die wordt op zijn beurt overeind gehouden door een plank die er aan de achterkant doorheen steekt.

De You-Stand is in pakweg een halve minuut op te bouwen. Uit elkaar gehaald is hij terug te brengen tot een compact pakketje dat onder het bureau past. Het weegt 7,5 kilo, dus je neemt het zo mee naar een ander werkplek. 'En met één setje kunnen drie tot vier mensen een paar uur per dag staand werken', zegt In het Veld.

De You-Stand, krap een jaar op de markt, is in verschillende versies verkrijgbaar. Zo is er ook een stabureau dat vanaf de grond omhoog torent. De goedkoopste variant kost 179 euro. (JA)





HYBRIDE HELI

De helikopter heeft al bijna tachtig jaar hetzelfde iconische uiterlijk met een hoofdrotor voor de lift en een staartrotor voor de besturing en om te voorkomen dat de heli gaat rondraaien. Het principe werkt, maar is niet eenvoudig te besturen. Met de nieuwe Workhorse SureFly evolueert het helikopterontwerp in zeker zin terug naar de oorsprong, begin twintigste eeuw, toen diverse prototypes



werden gebouwd met meerdere rotors. De SureFly heeft de lay-out van een quadcopter: op elk van de vier rotorarmen zijn twee rotors gemonteerd. Hierdoor is hij makkelijker te besturen en veiliger dan een helikopter. Het nieuwe ontwerp maakt gebruik van technieken afkomstig van verschillende bestaande producten van het Amerikaanse bedrijf Workhorse. Een daarvan is de HorseFly, een drone met de lay-out van een octocopter die vanaf het dak van een bestelbus pakjes van maximaal 4,5 kg kan bezorgen. Net als de HorseFly heeft de SureFly een lichtgewicht multicopterrompconstructie van met koolstofvezel versterkte kunststof. Daarnaast is hij voorzien van een hybride aandrijving afkomstig uit de bestelbussen en pick-uptrucks van Workhorse. De in totaal acht rotors van de SureFly worden elk aangedreven door een aparte elektromotor. De benodigde stroom is af-

komstig van een generator met benzine-motor. Daarnaast is er een dubbel accupakket aan boord dat de elektromotoren vijf minuten lang van stroom kan voorzien. Dit zou net voldoende moeten zijn voor een noodlanding in het geval dat de benzinemotor uitvalt. Daarnaast is er een ballistische parachute aan boord. De SureFly is vooral bedoeld voor relatief korte afstanden op een hoogte van 1,2 km. Op een tank benzine kan de SureFly een uur vliegen, voldoende om een afstand van ongeveer 110 km af te leggen. Workhorse richt zich daarmee onder meer op forenzen, hulpdiensten, boeren en militaire toepassingen. De Surefly heeft twee zitplaatsen en een leeggewicht van bijna 500 kg. Een zitplaats kan worden opgeofferd om meer vrachtruimte te creëren. Tot slot zijn de vier rotorarmen inklapbaar om de SureFly in een gewone garage te kunnen parkeren. (PS)



PERSLUCHTVLOT

Een groepje Australische duikfanaten was er helemaal klaar mee: het huren, transporteren en vullen van zware persluchtflessen om een uurtje te duiken. Het viertal presenteerde dit voorjaar na jarenlang sleutelen een oplossing: de AirBuddy, een vlotje waarop constant perslucht wordt aangemaakt.

De duiker sleept het vlotje mee via een lange slang die vastzit op de rug en ademt via diezelfde slang de perslucht in. 'Je kunt hiermee drie kwartier lang tot een diepte van 12 m duiken', zegt mede-oprichter Lucy Palusova. Het vlotje bestaat grofweg uit een soort reddingsboei waarin een compressor is vastgeklemd. De compressor, die draait op een waterdichte batterij, zuigt continu lucht op, perst die samen en slaat hem op in de boei. Van daaruit loopt er een kurkentrekkerachtige slang naar een harnasje op de rug van de duiker, die via een mondstuk de lucht inademt. Veel voorbereidingen voor een duik zijn er niet nodig. De duiker trekt het harnas aan, draagt het vlotje (9,5 kg) als een mandje naar het water, bevestigt het mondstuk en zet met een magnetische armband de compressor aan. Daarnaast moet van tevoren de batterij worden opgeladen. Dat vergt ongeveer 3,5 uur. De Australiërs hebben alles op alles gezet om de AirBuddy veilig te maken. Zo kan de boei tot 110° kantelen zonder om te slaan en steekt er een vlag omhoog om de positie ervan aan te geven. Daarnaast gaat er een alarm af als de batterij bijna leeg is. En mocht de compressor geen slagen meer maken: de reddingsboei bevat op het moment van uitvallen nog 15 l lucht.

De AirBuddy haalde in juni 350 000 Australische dollar op via Kickstarter en komt waarschijnlijk in juni 2018 op de markt. (JA)

ONVERSNIJEN

De manier waarop productontwerpers praten over mensen verandert steeds. In de jaren vijftig hadden we het over 'de klant' of 'de consument'. Nu, in tijden van de *sharing economy* en *participatory design*, praten we over *adaptors of co-creators*. En toen ik Industrieel Ontwerpen studeerde, spraken we over 'gebruikers'. De enige andere beroepsgroep die zo over zijn clientèle spreekt, zijn de drugsdealers. En ja, ook ik heb enigszins obsessief de drang om het nieuwste van het nieuwste te willen hebben.

Het liefst haal ik mijn producten onversneden en rechtstreeks bij de ontwerper. Mijn eerste rechtstreekse aankoop was nog van voor het internettijdperk. Via telefoon en fax bestelde ik een lettertype van de Nederlandse typograaf Gerard Unger. Op een floppy disk kwam hij dat na betaling zelf op de fiets in Amsterdam afleveren. Bij echte producten was ik echter nog aangewezen op tussenhandelaren als Radio Modern en de MediaMarkt, later ingehaald door online leveranciers als Amazon, Coolblue, Bol.com.

Nu is mijn favoriete dealer op internet Kickstarter, waar makers direct om geld kunnen vragen voor de realisatie van hun ideeën. Het startte met de campagne van de Glif, een kunststof houdertje waarmee je eenvoudig je smartphone kon bevestigen aan een statief of schuin kon neerzetten op een tafel. De twee ontwerpers, Dan Provost en Tom Gerhardt, veroorzaakten het begin van een revolutie. Ze hadden een stop-motionfilmpje laten maken waarin alle mogelijkheden van het kleine hebbeding ontzettend vlot werden uitgelegd. Daarna kwamen ze zelf in beeld om vol trots hun vreemde plan wereldkundig te maken. In plaats van de 10 000 dollar die ze nodig hadden, haalden ze in een maand 70 000 dollar op.

Als tegenprestatie voor mijn ingelegde bedrag kreeg ik niet alleen het uiteindelijke product, maar ook een 3D-geprint prototype. Het ontwerp hadden ze gemaakt met een proefversie van het softwarepakket *Rhino*. Dat werd vervolgens geprint door Shapeways in Eindhoven. Helaas moesten de 3D-prints nog even langs New York, waar Dan en Tom zeshonderd prototypes een bronzen schroefdraad gaven en in een zakje met persoonlijke boodschap naar de *backers* stuurden. Gelukkig maakten ze daar weer een stop-motion-filmpje van – vastgelegd met een smartphone in een Glif.

Sindsdien moeten de bedenkers van een echt nieuw product eerst in een filmpje aan me uitleggen wat het belooft te veranderen in mijn dagelijkse leven voordat ik het wil kopen. Verder verwacht ik tenminste dat de makers zich even aan me voorstellen. Wel worden die filmpjes steeds mooier en daarmee steeds minder authentiek. Daarom haal ik mijn spullen de laatste tijd liever nog dichter bij de bron. Op sites als AliExpress krijg ik een directe inblik in de productie in China. Als je het kunt verzinnen en omschrijven, kun je het daar direct bij de producent bestellen. Onversneden!

KELEER

Dr.ir. Ianus Keller doceert aan de TU Delft en werkt als onderzoeker en ontwerper bij For Inspiration Only.

ROBOT WORDT MANUSJE-VAN-ALLES IN DE ZORG

Rose knapt het voor je op

Een kopje thee brengen, de was ophalen, de gordijnen dicht doen ... Dat soort klusjes gaat Rose op zich nemen binnen de verpleging. Begin volgend jaar moet de Nederlandse zorgrobot haar eerste diensten draaien.

tekst ir. Frank Biesboer

Ergens op de kaart op zijn beeldscherm zet de operator een punt. Robot Rose moet daar in het lab naar toe bewegen. Keurig ontwijkt ze de hoek van een tafel en ook de prullenbak wordt niet omver gereden. Om haar te pesten, gaat een medewerker in haar pad staan. In het begin draait de robot er keurig omheen, maar dan herneemt ze haar route iets te snel en rijdt de robot op wieltjes wel erg dicht langs de persoon. 'In onze ogen is het nog niet perfect, maar voor een buitenstaander is dit al heel wat', zegt dr.ir. Cock Heemskerk, directeur-eigenaar van Heemskerk Innovative Technology in het gebouw waar de Delftse Robovalley is gevestigd.

Robot Rose is een zorgrobot, bedoeld voor in de verpleging. Heemskerk verwacht begin volgend

jaar een vernieuwd model bij een zorginstelling te plaatsen. 'Rose zal zich daar lonend maken.' Want dat is de enige manier waarop Heemskerk verwacht dat de zorgrobot zijn intrede kan doen. 'Als er geen duidelijk

spronkelijk een acroniem voor Remotely Operated Servicerobot, werd aan de TU Eindhoven ontwikkeld. Eerst met een onderzoeksubsidie van Economische Zaken, vervolgens met steun van zorgverzekeraar CZ. Het kwam

We gebruiken besturing op afstand voor wat de robot niet zelf aankan

aanwijsbaar voordeel is voor de instelling of de bewoners, dan komt die zorgrobot er niet.'

Tafel dekken

De opmerking van Heemskerk is ingegeven door de geschiedenis die de robot achter de rug heeft. Rose, oor-

ook tot diverse prototypes, die vanaf 2013 proefdraaiden bij cliënten thuis en in verzorgingshuizen. Maar in de loop van 2015 raakte het geld op en moest het inmiddels opgerichte Rose BV zijn werkzaamheden staken.

Heemskerk nam de ontwikkeling van Rose over met zijn in robotica en

mechatronica gespecialiseerde bedrijf. 'We werken onder andere voor de nucleaire industrie; daar gebeuren alle handelingen met radioactief materiaal door op afstand bestuurd robots.' Rose is een mooie aanvulling op zijn portfolio. Maar dan wel met een zakelijke aanpak.

'We beginnen bij een zorginstelling, zodat Rose zowel het personeel werk uit handen kan nemen als de bewoners kan helpen.' Die combinatie noemt hij cruciaal. 'De vervolgstap is om bij een hulpbehoevende thuis een zorgrobot neer te zetten. Dat doen we pas als we voldoende lessen in de zorginstellingen hebben geleerd.'

Rose wordt de eerste werkrobot in de zorg. Daarmee onderscheidt ze zich van de meer op sociale interactie gerichte robots, zoals de betrekkelijk simpele en liefkozende zeehondrobot Paro, de experimentele chatbot Alice en de op activering gerichte Zora. Tafeldekken, afruimen, gordijnen sluiten, drinken en eten geven of weer terugbrengen, de was rondbrengen, afvalzakken verzamelen. 'Het gaat om taken in de dagelijkse omgeving van de cliënt en logistieke handelingen voor

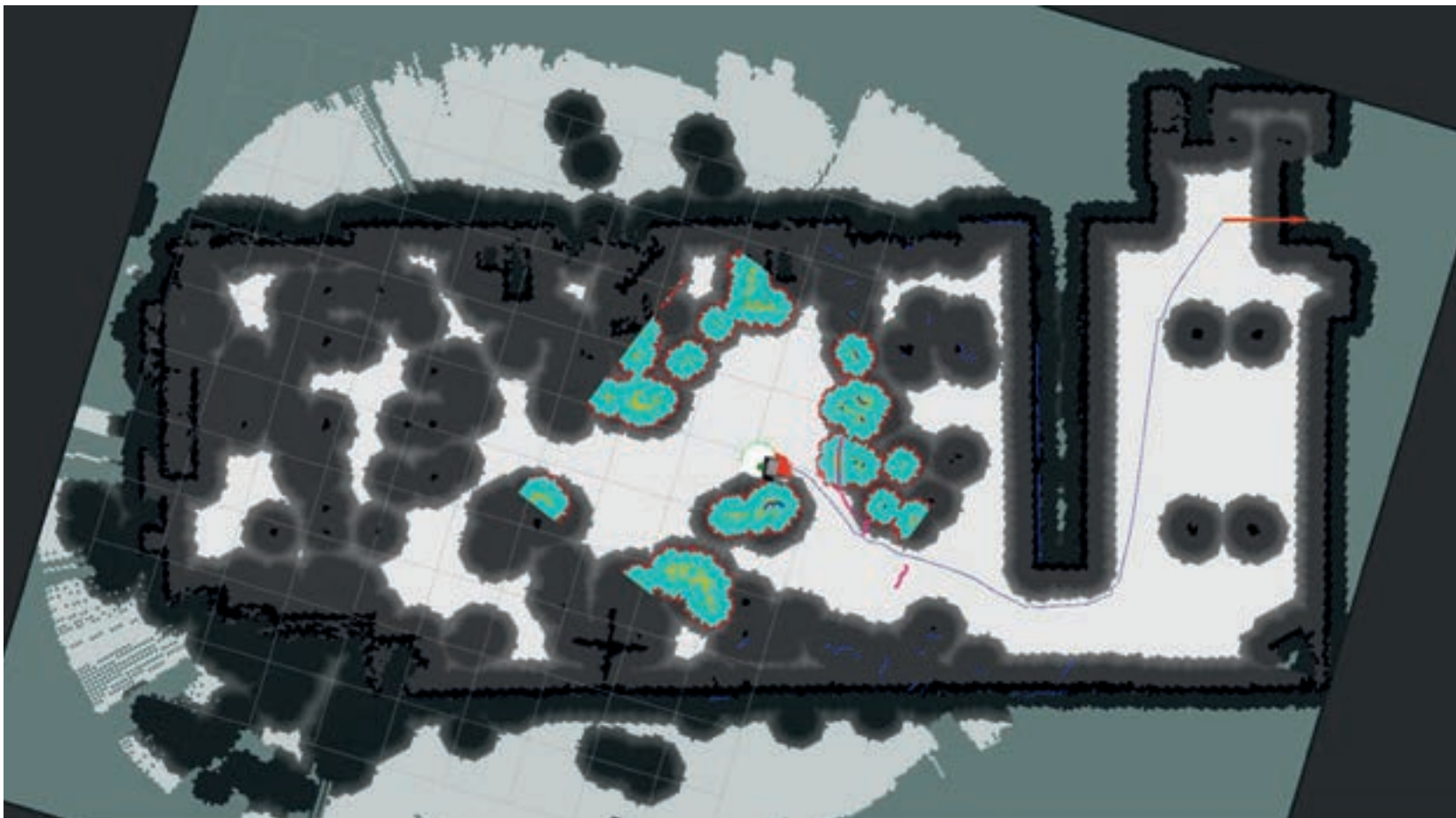
de verpleging. En we voegen daar zorg op afstand aan toe, zoals controleren van een wond, monitoren van plaszakken of consult met de fysiotherapeut.'

Keukenkast-algoritme

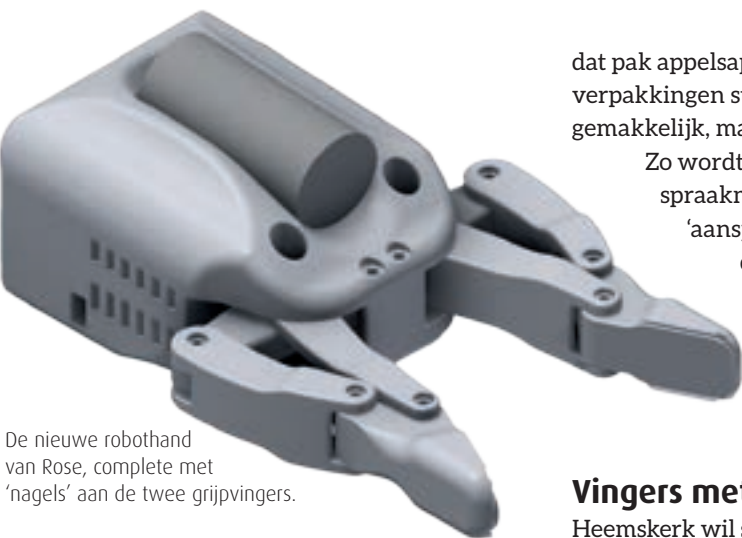
De ontwerpfilosofie van Rose is daarbij essentieel: *remotely operated*. 'Het maken van een volledig autonome robot is voorlopig veel te hoog gegrepen. We laten de robot zelf doen wat hij aankan en gebruiken voor de overige handelingen besturing op afstand.' Heemskerk verduidelijkt het ontwerpprincipe met een simpel voorbeeld. 'Stel, we hebben de robot getraind om appelsap van een bepaald merk te pakken, het glas in te schenken en dat naar de cliënt te brengen. Maar



Een testmodel van zorgrobot Rose grijpt een Dopper.



De kaart van het lab zoals Rose die in haar geheugen heeft gezet. Objecten zijn zwart, de veiligheidszones eromheen grijs. In kleur de directe waarneming van de robot, opgedaan met laserscanner en dieptesensor; de objecten zijn geel, de veiligheidszones lichtblauw. De donkerblauwe lijn is het pad dat Rose volgt naar haar bestemming.



De nieuwe robohand van Rose, complete met 'nagels' aan de twee grijpvingers.

dat pak appelsap te grijpen wanneer het tussen allerlei andere verpakkingen staat?', vervolgt Heemskerk. 'Voor een mens is dat gemakkelijk, maar probeer dat maar eens aan een robot te leren.'

Zo wordt er nog aan veel meer gewerkt. Bijvoorbeeld aan een spraakmodule die ervoor zorgt dat Rose voor de gebruiker 'aanspreekbaar' is. 'In onze ontwerpfilosofie is essentieel dat Rose alleen handelt op commando. De cliënt of de verpleegkundige is altijd de baas.' Voor die spraakmodule staat nu robot Pepper van Softbank in het lab. 'We gebruiken die als testplatform en zetten wat we met Pepper hebben ontwikkeld over op Rose.'

Vingers met nagels

Heemskerk wil spraak omdat gebruikers daarmee op een veel natuurlijker manier commando's kunnen geven dan via een tablet, hoewel dat middel zeker ook zal worden gebruikt. 'Maar spraak is vaak niet eenduidig', benadrukt Heemskerk. Dan gaat het niet om commando's als 'geef mij de thee'; dat lukt wel. Maar wat als de cliënt zegt: 'Geef mij die ansichtkaart op het theekastje even.' 'Een theekastje, wat is dat? De robot is prima in staat om alle voorwerpen in een kamer te inventariseren en daar zijn eigen kaart van te maken. Maar hoe weet je van tevoren welk label je eraan moet hangen? De ene cliënt noemt iets een theekastje, terwijl de ander het een muziekkast noemt omdat de radio erin staat. Het geeft maar aan hoe complex de zorgomgeving is.'

Aan de Rose zoals Heemskerk die overnam, is inmiddels veel veranderd. 'We hebben straks een Rose versie 2.0.' Sommige aanpassingen

dan is plotseling het merk appelsap veranderd, waardoor hij de nieuwe verpakking niet herkent. Het is voorlopig nog veel te ingewikkeld om de robot op al dat soort ongewone gebeurtenissen voor te bereiden. 'Wat in dit voorbeeld gebeurt, is dat de robot contact opneemt met de zorgcentrale en meldt dat hij appelsap moet pakken maar dat niet kan vinden. Daarop wijst de operator de robot de appelsap in de nieuwe verpakking aan. 'We doen nu onderzoek naar een soort 'keukenkast-algoritme': wat is de handigste strategie om



Taiga van het Spaanse PAL Robotics haalt een bord uit een vaatwasser. Deze robot dient als basis voor de nieuwe uitvoering van zorgrobot Rose, die vergelijkbare klusjes gaat doen.

komen voort uit de vroegere tests bij cliënten. 'De arm was bijvoorbeeld niet in staat om iets van de grond te pakken. Daarom kan de nieuwe versie zijn 'bovenlijf' op en neer bewegen.' De basis van Rose, gebaseerd op de maten van een rolstoel, bleek in de praktijk te omvangrijk om bijvoorbeeld tussen de tafel en het aanrecht te rijden. 'Die basis is nu smaller, wat weer zijn gevolgen had voor de stabiliteit van de robot.' De oude arm had zeven motoren, opeengestapeld als een slurf, wat de beweging complex maakte. 'We hebben nu een meer industriële robotarm ontwikkeld, die veel gemakkelijker is te besturen.'

Door de nieuwe krachtensor in haar arm kan Rose nu ook een tafel afstoffen

Rose kon ook niet overweg met spiegelen glas dat tot de vloer reikt. 'Ze heeft nu een sonar; geluid weerkaatst op glas net zo goed als op een dichte wand.'

Heemskerk ontwikkelde zelf een nieuwe hand die beter grijpt. En de vingers van de hand hebben aan hun uiteinde een soort nagels gekregen. 'Je hebt die nodig om een bankpasje of een sleutel die op de grond ligt op te kunnen pakken.' Op de hand is een camera geplaatst, zodat op afstand veel beter is te zien waar de hand zich bevindt dan

met alleen met de camera in het hoofd van Rose. Nieuw is ook de krachtensor in de arm. 'Die maakt het mogelijk dat Rose nu een tafel kan afstoffen.'

Stap voor stap

Het chassis van de nieuwe uitvoering van Rose is momenteel in de maak bij de Spaanse robotfabrikant PAL Robotics. 'We gebruiken hun Tiago-platform als basis.' De robot wordt eind van de zomer verwacht. 'We gaan dan de functionaliteit aantonen in het Medical Delta Living Lab Care Robots dat dit voorjaar bij de zorginstelling Pieter van Foreest in Delft in gebruik is genomen.' Er wordt ook begonnen met het trainen van mensen bij de zorgcentrale. 'Want die moeten leren de robot te bedienen.'

Het ligt in de planning om begin 2018 daadwerkelijk met Rose aan de slag te gaan. 'In eerste instantie nog op kleine schaal, dus niet iedere instelling kan direct met ons meedoen. Stap voor stap zullen we meer exemplaren van Rose inzetten.' Zo wil Heemskerk mensen die nu volledig afhankelijk zijn van verpleging met de robot weer enige autonomie teruggeven. 'De praktijk moet uitwijzen hoe snel ons dat lukt.' |



DE DIGITALE TOEKOMST IS BINAIR



We krijgen een wereld vol tegenstrijdigheden, waarin utopie en dystopie haast onontwaaarbaar naast elkaar bestaan, schrijven een informaticus en een wetenschapsvoorlichter uit Duitsland.

Wie naar een voorstelling gaat, betaalt zijn kaartje achteraf. De prijs ligt niet vast, maar hangt af van de mate waarin u van de voorstelling heeft genoten. Was u geroerd tijdens een romantisch drama, moest u lachen om de stand-up comedian of hebt u op het puntje van uw stoel gezeten tijdens een actiethriller? Camera's in de zaal registreren elke bezoeker en de software leest aan de hand van de meest subtiele gelaatsuitdrukkingen iemands gemoedstoestand. Vervolgens bepaalt de mate waarin die strookt met het karakter van de voorstelling de toegangsprijs.

Het is een van de vele toekomstscenario's die zijn te vinden in *Szenarien einer digitalen Welt - Heute und Morgen*. Auteurs zijn de Duitse informaticus Thomas Klauß en wetenschapsvoorlichter Annika Mierke, die zich in hun dagelijks leven bezighouden met de digitale modernisering van onze samenleving.

Strijdige meta-trends

Szenarien einer digitalen Welt is een toegankelijk en prachtig geïllustreerd boek dat voor verschillende aspecten van ons leven schetst hoe die digi-

tale modernisering zich openbaart en wat die zou kunnen betekenen voor de toekomst. Dat levert vaak herkenbare beschrijvingen op, met soms verrassende uitstapjes zoals het eerder geschetste scenario.

Het slot van het boek brengt al die gefragmenteerde beschrijvingen samen tot wat de auteurs de meta-trends van de digitale modernisering noemen. Dat levert een breed scala aan toekomstbeelden op. Zo vervangen nieuwe digitale infrastructuren als blockchain klassieke instituties als het notariaat. We gaan niet alleen allerhande implantaten of prothesen gebruiken om onze fysieke eigenschappen te verbeteren, we vervlechten onszelf ook steeds meer met een netwerk van kunstmatige intelligentie.

Naast fysieke en gezondheidsverbetering krijgen we een *extended mind*. We breiden onze intelligentie uit met het kunstmatige, zoals we ook de ons omringende werkelijkheid gaan verrijken met een denkbeeldige. Wil je in de suggestie leven dat je een huisje aan een tropisch strand hebt, dan roept het virtuele raam dat beeld op.

Privacy bestaat niet meer; de scheidslijn tussen privé en publiek verdwijnt. In plaats daarvan krijgen we verschillende digitale identiteiten, afhankelijk van het sociale platform waarin we ons manifesteren. We gebruiken een digitale persoonlijke assistent die ons beter kent dan wie ook.

Heel nieuw is dit allemaal niet. De schrijvers van het

boek verwijzen dan ook naar vele andere auteurs die dit soort toekomstbeelden eerder hebben geschetst. Wat vooral verrast, is dat sommige van die meta-trends voortdurend met elkaar in strijd zijn. Terwijl de wereldbevolking via internet en social media steeds verder met elkaar is verbonden, steken protectionisme en nationalisme de kop op. Burgers en ondernemingen krijgen de beschikking over steeds meer mogelijkheden voor zelforganisatie, maar tegelijkertijd wordt de macht van de staat over die burgers enorm uitgebreid vanwege cyberveiligheid en -terrorisme. Digitale techniek schept grote mogelijkheden voor lokaal produceren (denk aan 3D-printers), maar daar staat tegenover dat de informatie- en platformeconomie in handen is van slechts enkele machtige wereldspelers zoals Google, Facebook en Amazon. De digitale toekomst is zo een mix van utopie en dystopie, die eerder naast elkaar bestaan dan dat ze elkaar uitsluiten.

Waardevolle data

Moeten we hier iets mee? De auteurs vinden van wel en doen verschillende suggesties. Zo schrijven ze: zorg dat techniekontwikkeling mensen in staat stelt een betere wereld te maken. Dat klinkt erg algemeen en dat is het ook. Toch zegt deze zin wel degelijk iets. Er staat: techniek moet mensen in staat stellen de wereld te verbeteren, en dus niet: techniek zal de wereld verbeteren. Tussen beide zit een wezenlijk verschil. Verder pleiten de auteurs voor de invoering van een keurmerk voor IT-gerelateerde producten, bijvoorbeeld 'Gemaakt door en voor mensen' of 'Gegarandeerde gegevensbescherming'. Die producten moeten zo zijn gebouwd dat voor de gebruiker duidelijk is wat ze doen en hoe ze werken, net zoals we dat weten van een versterker of een staafmixer.

Die wens van transparantie trekken de auteurs door naar kunstmatige intelligentie: het moet duidelijk zijn hoe die is gebouwd en getraind, en welke data daarvoor zijn gebruikt. Dat klinkt mooi, maar op consumentenniveau is zoiets een illusie. Het lijkt eerder iets voor een instantie of organisatie die producten met kunstmatige intelligentie test of goedkeurt, zoals een staafmixertest van de Consumentenbond.

Voor bescherming van persoonlijke gegevens doet het boek een opvallend voorstel: creëer nieuwe digitale platforms die ervoor gaan zorgen dat niet alleen Google en Facebook profiteren van de data die we met zijn allen aanleveren, maar ook wijzelf. Wie data levert aan een commerciële partij, moet daar ook iets voor terugkrijgen: geld, een dienst of wat dan ook. Hoe dat praktisch is in te vullen, laat het boek buiten beschouwing, maar het is op z'n minst een poging om de waarde die data vertegenwoordigt rechtvaardiger te verdelen.

Willen we als gebruikers van digitale diensten invloed hebben op hoe die eruit zien en wat ze met onze gegevens doen, dan kan dat alleen door ons met die ontwikkeling te bemoeien. Het minste dat daarvoor nodig is, is dat we enig zicht hebben op die ontwikkeling, zo besluiten de auteurs. Hun boek levert daar een prima bijdrage aan. (FB)

SZENARIEN EINER DIGITALEN WELT | 288 blz. | € 39 (e-book € 29,99)

VAKWERK



De oervaders van de technomuziek, Kraftwerk, laten in hun op film verschenen concerten zien dat zij misschien wel de enige band zijn die technologie echt omarmt.

Liefde. Geld. Drugs. Seks. Elk jaar komen er honderden uren muziek uit over deze dingen des levens. Ondertussen zingt bijna niemand over de zaken die ons leven écht ingrijpend veranderen. De autosnelweg. De trein. Kern-



energie. Big data. Robots.

Nou ja, niemand behalve Kraftwerk. Want dit zijn precies de onderwerpen die al sinds 1978 in de muziek van deze Duitse band voorbijkomen. Van de eerste hit *Autobahn* tot het nummer *Computer World*, waarin wordt gewaarschuwd voor big data en de macht van grote bedrijven en instellingen. En dat deed de band in 1981.

Het is die voorspellende gave waarmee Kraftwerk al decennia furor maakt. Het was de eerste populaire band die helemaal elektronisch was: geen synthesizers als ondersteuning van gitaar, bas en drum, maar vier ietwat stijve Duitsers achter hun keyboards. Wat ze maken, klinkt gek genoeg nog steeds modern en fris. Hoewel ze het hele muzieklandschap hebben veranderd, zijn er weinig echte kopieën van Kraftwerk geweest.

De film die onlangs onder de naam *The Catalogue - 3-D* verscheen, is een compilatie van verschillende concertregistraties. Dikwijls in de kale, strakke zalen van moderne musea: het Tate Modern in Londen en het MoMa in New York bijvoorbeeld. Maar ze deden ook concertzalen aan, waaronder Paradiso in Amsterdam. Dankzij goed knip- en plakwerk heb je echter niet door dat de nummers op verschillende locaties zijn gefilmd.

Kraftwerk weet dondersgoed dat vier stilstaande mannen achter synthesizers geen boeiende show opleveren. Dus zijn de optredens doorspekt met 3D-animaties die doen denken aan de vroege dagen van computers. Retro, met een half ironisch randje – een beetje zoals de hele show is. Lang niet iedereen zal Kraftwerk kunnen waarderen. Maar Adele en Justin Bieber zullen nooit een ode brengen aan de Trans Europ Express. Kraftwerk wel. (MS)

THE CATALOGUE - 3-D | Blu-ray | € 29,99



Kraftwerk live in Kiev.

Foto: Andriy V. Makukha

MEDIA

onder redactie van
ir. Frank Biesboer
m.m.v. drs. Herbert Blankesteijn,
dr. Willem van der Ham en
Marc Seijlhouwer MSC



Verbeelding van een utopie uit *Szenarien einer Digitale Welt*. Hier is er onder meer sprake van geïndividualiseerde gezondheidszorg en milieuvriendelijk gerenoveerde stadscentra.

BANGKOK IN DE POLDER



Het waterloopbos schetst in woord en beeld het werk dat zeventig jaar lang werd gedaan op misschien wel de meest bijzondere onderzoeksplek van ons land.

In de twintigste eeuw verwetenschappelijkte de ingenieurskunst. Symbool daarvan was het Waterloopkundig Laboratorium dat Johannes Thijsse in 1927 oprichtte. Thijsse was nauw betrokken bij het Zuiderzeeproject en was ook lid van de Staatscommissie onder leiding van Hendrik Lorentz die voor de vrijwel onmogelijke opgave stond het effect van het aanleggen van de Afsluitdijk te berekenen. Het was snel duidelijk dat ook met behulp van modelonderzoek inzicht was te verwerven in complexe waterbouwkundige vraagstukken. De modelproeven die Thijsse in Delft deed, sloegen zo aan dat het Waterloopkundig Laboratorium de ene na de andere opdracht kreeg en de behoefte groeide aan een buitenlaboratorium. De Noordoostpolder bleek daarvoor erg geschikt. Een nieuw groot werk, de Deltawerken, kondigde zich al aan. Toen de stormvloed op 1 februari 1953 toesloeg, was alles in feite al in gereedheid om de ingewikkelde afsluitingen voor te bereiden en te begeleiden.

In enorme modellen van soms wel honderden meters lengte werd de situatie van zeearmen nagebootst. De Oosterscheldehal kreeg zelfs een oppervlakte van 25 000 m². Hoewel veel in het teken van de Deltawerken stond, waren er ook voldoende andere opdrachtgevers die van de expertise van het laboratorium gebruik wilden maken. Grenzen leken daarbij nauwelijks te bestaan. Zo was het bijna alsof het Noordzeekanaal uitmondde in de haven van Bangkok; pal daarnaast lag de kust van Libië. Daarbij gebeurde eerst alles in de buitenlucht. Maar omdat een klein briesje wind op modelschaal al snel een fikse storm is, vonden later vrijwel alle proeven overdekt plaats. In het prachtig vormgegeven boek *Het Waterloopbos* vertellen oud-medewerkers enthousiast over het

werk dat zij verrichtten op misschien wel de meest bijzondere onderzoeksplek van Nederland. Wat ze niet vertellen, is wel op de foto's te zien, waar het avontuurlijke van afspat. De indrukwekkende golfmachines, de getijmodellen met piketpaaltjes om het bodemreliëf te bepalen, de gigantische fototorens waarmee stroompatronen werden vastgelegd ... Niet zo gek dus dat de mensen soms zo verslingerd raakten aan hun werk dat ze na hun pensioen niets liever deden dan op het strand dammetjes bouwen. Toen het laboratorium in 1997 de poorten sloot, namen de natuur en vandalen het over. Net op tijd werd onderkend dat het Waterloopbos bijzonder cultureel erfgoed is dat bovendien een hoge natuurwaarde heeft. Natuurmonumenten is de nieuwe trotse bezitter van het bos en is daarmee gelukkig net zo begaan als de oud-medewerkers. (WvdH)

HET WATERLOOPBOS | 240 Blz. | € 29,50



Een proefmodel van de pieren bij IJmuiden op het terrein van het Waterloopkundig Laboratorium.



Een medewerker van het Waterloopkundig Laboratorium meet golfhoogtes in een model van de Deense Thyborøn-haven.

foto: De Ingenieur



Het Waterloopbos in zijn huidige staat.

GRATIS FAKE NEWS

Illustratie SpaceX



Vorig jaar kwam SpaceX met een video van het niet bepaald realistische Interplanetary Transport System, dat per vlucht honderd astronauten naar Mars zou kunnen brengen.

Het is verbazingwekkend hoe gemakkelijk journalisten worden als ergens video van bestaat. Hup, op de site er mee. Want gratis bewegend beeld is altijd goed.

In 2011 blogde Floris Kaaijk onder de schuilnaam Jarno Smeets een half jaar dat hij wilde vliegen als een vogel. Vleugels aan zijn rug, aangedreven door elektromotoren. Heel modern bestuurd met een app. Hij filmde de technische voorbereidingen en interviewde deskundigen die verklaarden dat het mogelijk was. Toen hij in maart 2012 een video publiceerde waarop hij leek te vliegen, slikten bijna alle media dat voor zoete koek. Een paar dagen later bleek het allemaal fake.

Krombuigende bus

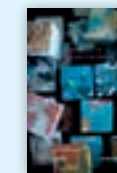
In augustus vorig jaar werd overal ter wereld juichend bericht over een bus in China die als een soort rijdende tunnel over het verkeer heenreed. Dat riep veel vragen op, want je kon duidelijk zien dat vrachtwagens er niet onder pasten. En wat zou er gebeuren dat als de bus moest afslaan en de auto's eronder niet, of andersom? Vrijwel niemand stelde zulke vragen. Dat het testtraject recht was en maar 300 m lang: een kniesoor die daarop lette. Dat kort tevoren een animatie over deze bus was ontzenuwd – te zien was hoe de bus kromboog in de bochten – was onopgemerkt gebleven. In december meldde CNN dat het levensgrote model er nog altijd stond, ongebruikt, een obstakel in plaats van een oplossing voor files. Nu heeft de Chinese politie zelfs arrestaties verricht omdat het

bedrijf erachter de publiciteit heeft gebruikt om meer dan een miljard aan investeringen aan te trekken zonder activiteiten van betekenis te ontplooiën.

Reclamespots

Nog een voorbeeld. In september 2016 kwam SpaceX met een animatie over het ruimteschip dat mensen met honderd tegelijk naar Mars zou gaan vervoeren: het Interplanetary Transport System (ITS). SpaceX wist de indruk te wekken dat de blauwdrukken klaarlagen. Zelfs het deskundige Space.com trapte erin en schreef alsof de toekomst al vaststond: 'Het ruimteschip zal 49,5 m lang worden ...' enzovoort. Eerste vlucht: misschien al in 2022, eerste bemande vlucht: 2024. Volstrekt ongeloofwaardig. Waar haal je zo gauw honderd capabele en getrainde astronauten vandaan? Niemand deed moeilijk over het plan in honderd jaar een miljoen mensen op Mars te zetten. Een eeuw lang gemiddeld elke drie dagen zo'n raket, zou dat betekenen. Nu haalt SpaceX bakzeil. De Red Dragon, een kleine voorloper van het ruimtecruiseschip, moet terug naar de tekentafel omdat de landing op Mars met behulp van raketmotoren te onveilig wordt geacht voor de bemanning. De eerste vlucht in 2018 was al uitgesteld naar 2020, maar ook dat is nu onzeker. We gaan een tijdje niets over dat ITS horen. Gratis video's zijn reclamespots: ze dienen de doelen van degene die ze heeft gemaakt. Media moeten ze niet tot nieuws promoveren. En ze moeten rectificeren als blijkt dat ze onzin hebben gebracht. (HB)

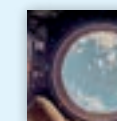
Technologiejournalist drs. Herbert Blankesteyn schrijft in *De Ingenieur* elke maand over wat hem opvalt op internet.



De City Foundation is een internationale gemeenschap van onderzoekers en publicisten die in *The Wasted City* hun inzichten bundelen

op het gebied van de circulaire economie in de stad, zowel met casestudies als meer systeemgerichte analyses.

THE WASTED CITY | 164 Blz. | € 22,50



Altijd al eens astronaut willen zijn in het International Space Station? Google Street View brengt je er nu heen. De haarscherpe beelden werden gemaakt door astronaut Thomas Pesquet.

STREET VIEW IN SPACE | deingenieur.nl/ISS



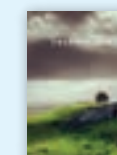
Andrew McAfee en Erik Brynjolfsson maakten naam met *The Second Machine Age*, over de gevolgen van de digitalisering van de economie. Dat onderwerp werken ze nu verder uit: de toekomstige interactie tussen mens en machine, de rol van sociale platforms en de betekenis van de menigte in een genetwerkte wereld.

MACHINE PLATFORM CROWD | 384 Blz. | € 24,99 (ebook € 27,33)



Met de iPad-app *Swift Playgrounds* kunnen kinderen spelenderwijs Apple's programmeertaal Swift leren. Onlangs verscheen versie 1.5, waarmee onder meer bepaalde drones, robots en muziekinstrumenten zijn aan te sturen.

SWIFT PLAYGROUNDS | iOS (iPad) | gratis



Welke rol kunnen de Stelling van Amsterdam en de Nieuwe Hollandse Waterlinie spelen bij duurzame energievoorziening? Een studie over het zorgvuldig inpassen van groene energie.

ENERGIELINIE | 110 Blz. | gratis

HET GRENZELOZE OPTIMISME VAN DE SPACE AGE

Raketten op je rug

Het jetpack is een van de iconen van het ruimtevaarttijdperk. Het concept verwierf bekendheid dankzij de sciencefiction en werd dertig jaar later verwezenlijkt met ruimtevaarttechniek. Maar in de praktijk voldeed het in de verste verte niet aan de hooggespannen verwachtingen. tekst Fanta Voogd

Het verlangen om te vliegen is waarschijnlijk zo oud als het menselijk inlevingsvermogen. Arthur C. Clarke, de toonaangevend sciencefictionschrijver en futuroloog van de *space age*, brengt het in zijn boek *Tasten in de toekomst* (1962) treffend onder woorden: 'Van alle natuurkrachten is de zwaartekracht de geheimzinnigste en onverbiddelijkste. Ze beheerst ons leven van geboorte tot dood en vermoordt of verminkt ons zodra we de kleinste misstap doen. Het is geen wonder dat de mens, zich bewust van zijn aan de aarde gebonden slavernij, steeds smachtend omhoog heeft gekeken naar vogels en wolken en zich de hemel heeft voorgesteld als de verblijfplaats van de goden.'

Het Amerikaanse sciencefictionblad *Amazing Stories* introduceerde het vleugelloze vliegpak in augustus 1928, nota bene in twee verschillende verhalen. Het tijdschrift bevat het eerste verhaal over de ruimteheld Anthony 'Buck' Rogers. In dit door Philip Francis Nowlan geschreven verhaal, dat zich afspeelt in het jaar 2419, verplaatst

men zich met op de rug gebonden raketmotoren. In het verhaal *The skylark of space* beschrijft Edward E. Smith ook een jetpack. Tekenaar Frank R. Paul verbeeldde voor de omslag van het tijdschrift de gelukzaligheid van een vlucht met zo'n apparaat.

Radicaal optimisme

Nowlan en Smith waren overigens niet de eersten die het jetpack bedachten. Het oudste patent op een 'draagbaar raketapparaat bedoeld voor het vervoer van een persoon' werd in 1921 aangevraagd door de Rus A.F. Andreev, maar er zijn geen aanwijzingen dat dit toestel ook echt is gebouwd. Vervolgens werd tijdens de Tweede Wereldoorlog de nodige vooruitgang geboekt op het vlak van rakettechnologie. Dat inspireerde verschillende mensen op verschillende plekken tot de gedachte dat de mens een draagbare reactiemotor zou kunnen ombinden om het luchtruim te veroveren.

In oktober 1958 maakte het blad *The Star Weekly* in de rubriek 'Closer than we think!' melding van een *rocket assist* waarmee soldaten of postbodes zich in de nabije toekomst met enorme sprongen kunnen verplaatsen. Waarschijnlijk verwijst het artikel naar de zogeheten *jump belt*, die het chemiebedrijf Thiokol uit New Jersey onder de code-naam Grasshopper had ontwikkeld.

In deze editie van het tijdschrift *Amazing Stories*, verschenen in augustus 1928, werd het jetpack in twee verschillende verhalen geïntroduceerd.

Popular Science publiceerde in december 1958 actiefoto's van een soldaat met zo'n springriem. Buck Rogers was tot leven gekomen. Het eeuwige verlangen was geëvolueerd in een belofte.

Er zijn boeken vol te schrijven over alle pogingen die sinds 1958 zijn gedaan om een vliegpak te ontwikkelen. Auteur Steve Letho vat in *The Great American Jet Pack* (2013) bijna zestig jaar jetpackgeschiedenis bondig samen: 'Hoewel de vroege ontwikkelingen veelbelovend waren, stagneerde de technologie. Het praktische jetpack leek verleidelijk dichtbij, maar bleef telkens net buiten bereik. Als het



Uncle Sam's postbodes kunnen erop vooruitzien zich sneller, verder en met minder inspanning voort te bewegen dan ooit te voren. Alles wat daarvoor nodig zal zijn, is een apparaat zoals de onlangs geperfectioneerde *rocket assists* die oorspronkelijk zijn ontwikkeld om infantristen als sprinkhanen te laten springen. Hoe een dergelijke uitrusting werkt, is nog een militair geheim.

Het Canadese tijdschrift 'The Star Weekly' (4 oktober 1958).

wekt door een waterscooter. De piloot staat met een waterslang in verbinding met de waterscooter die op het wateroppervlak het benodigde water oppompt. Het oogt spectaculair, maar met zijn beperkte actieradius staat het hydro-jetpack ver af van het oorspronkelijke visioen van volmaakte vrijheid.

Verder is er het Martin Jetpack uit Nieuw-Zeeland. Dat functioneert, maar is in essentie een rugzakhelikopter en mist met een gewicht van meer dan 200 kg de handzaamheid van het originele droombeeld. Het Daedalus Flight Pack van de Britse uitvinder Richard Browning is handzaam in de letterlijk zin van het woord. Het toestel, dat voor het eerst werd gedemonstreerd tijdens een TED-conferentie in Vancouver, is bestuurbaar met aan de armen bevestigde reactiemotoren. Maar vliegduur en actieradius zijn door het enorme brandstofverbruik nog heel beperkt. Indrukwekkend is het YouTube-filmpje van de beheerste en wendbare vlucht van JetPack Aviation JB10 boven de zee van Monaco (oktober 2016). Uitvinder Nelson Tyler was in 1984 al betrokken bij de jetpackdemonstratie tijdens de opening van de Olympische Spelen in Los Angeles. Jetpack Aviation is van plan het toestel in 2019 op de markt te brengen, voor 250 000 dollar. Een aankondiging die getuigt van gevoel voor traditie. Al meer dan vijftig jaar verkondigen jetpackuitvinders dat hun toestel binnen twee à drie jaar verkrijgbaar zal zijn. |

ene probleem was opgelost, diende het volgende zich aan. Het jetpack bleek te instabiel, te luidruchtig, te dorstig, te duur, te gevaarlijk ... De enige constante was de belofte - de belofte dat jetpacks binnenkort voor iedereen beschikbaar zouden zijn. Maar binnenkort kwam nooit.'

Wie Clarke's *Tasten in de toekomst* openslaat bij het hoofdstuk 'De overwinning van de zwaartekracht', beseft hoe radicaal het optimisme van die jaren was. Volgens de schrijver is het 'een algemene regel dat wanneer een technische behoefte bestaat, er altijd iets komt om deze te bevredigen. Om

die reden ben ik er zeker van dat wij te zijner tijd de middelen zullen bezitten om de zwaartekracht te neutraliseren of deze door geweld de baas te worden.'

Rugzakhelikopter

Natuurlijk heeft de techniek niet stilgestaan sinds 1958. Inmiddels zijn er een paar toepassingen die het oorspronkelijke idee van het jetpack benaderen. Daarvan is de zogeheten hydro-jetpack het enige systeem dat de test- en demonstratiefase is ontgroeid. Zo'n waterjetpack werkt - evenals het nauw verwante *flyboarding* - met twee krachtige waterstralen, opge-

Technologische voorspellingen uit het verleden zijn soms griezelig accuraat; een andere keer slaan ze de plank op gemakkelijke wijze mis. De rubriek Voorwaarts verdiept zich in de geschiedenis van de toekomst.

Haar ouders volgden geen academische opleiding, zelf deed ze een technische studie en had daarna een bloeiende carrière. Dat gunt Marina van Damme anderen ook en daarom stimuleert ze jaarlijks drie vrouwelijke ingenieurs met een beurs. Onlangs werd ze door KIVI benoemd tot erelid. tekst drs. Desiree Hoving illustratie Marcel Groenen

Bevlogen beursuitreiker

Marina was een erg opvallend type', zegt ir. Gerard Couwenberg, die haar zo'n zestig jaar geleden als promovendus leerde kennen. 'Niet alleen omdat ze als een van de vijf vrouwen in een mannenmenigte scheikunde had gestudeerd aan de Technische Hogeschool Delft. Ze hield er ook een sterke mening op na. Daardoor raakte ze in conflict met haar hoogleraar, wat ertoe leidde dat ze haar biezen pakte. 'Professor, u zoekt het maar uit, maar ik ben het niet eens met de wijze waarop ik mijn promotie moet inrichten', zei ze.' Daarom ging ze naar de Technische Hogeschool Twente, waar ze in 1965 de eerste vrouw was die er promoveerde. Dat was het begin van een bloeiende carrière, waarin ze het in 1977 tot directeur chemische strategie bij Akzo schopte en de raad van bestuur adviseerde.

Inmiddels is dr.ir. Marina van Damme 87 jaar. In juni werd ze benoemd tot erelid van KIVI vanwege haar bijdrage aan de kansen voor vrouwelijke ingenieurs in Nederland. De meest tastbare manier waar-

'Marina heeft veel lef, is niet bang en weet wat ze wil'

op ze hen stimuleert, is door jaarlijks drie beurzen uit te reiken van elk 9000 euro, die ze uit eigen zak betaalt. Sinds 2003 krijgt een alumnus van de Technische Universiteit Twente er een, sinds 2004 ook een van de Technische Universiteit Delft en in 2010 kwam daar de Technische Universiteit Eindhoven bij. Volgend jaar zal de eerste Wageningse een Marina van Dammebeurs winnen.

Gymnastieklerares

'Ze zit er heel erg bovenop hoe de beursuitreikingen verlopen', weet drs. Iris van de Kamp, die in 2015 de eerste voorzitter was van het Marina van Damme Netwerk, dat toen bestond uit ruim dertig winnaressen. 'Als netwerk steunen we Marina bij haar contacten met de universiteiten en willen we de beurs in haar geest laten doorgaan, mocht

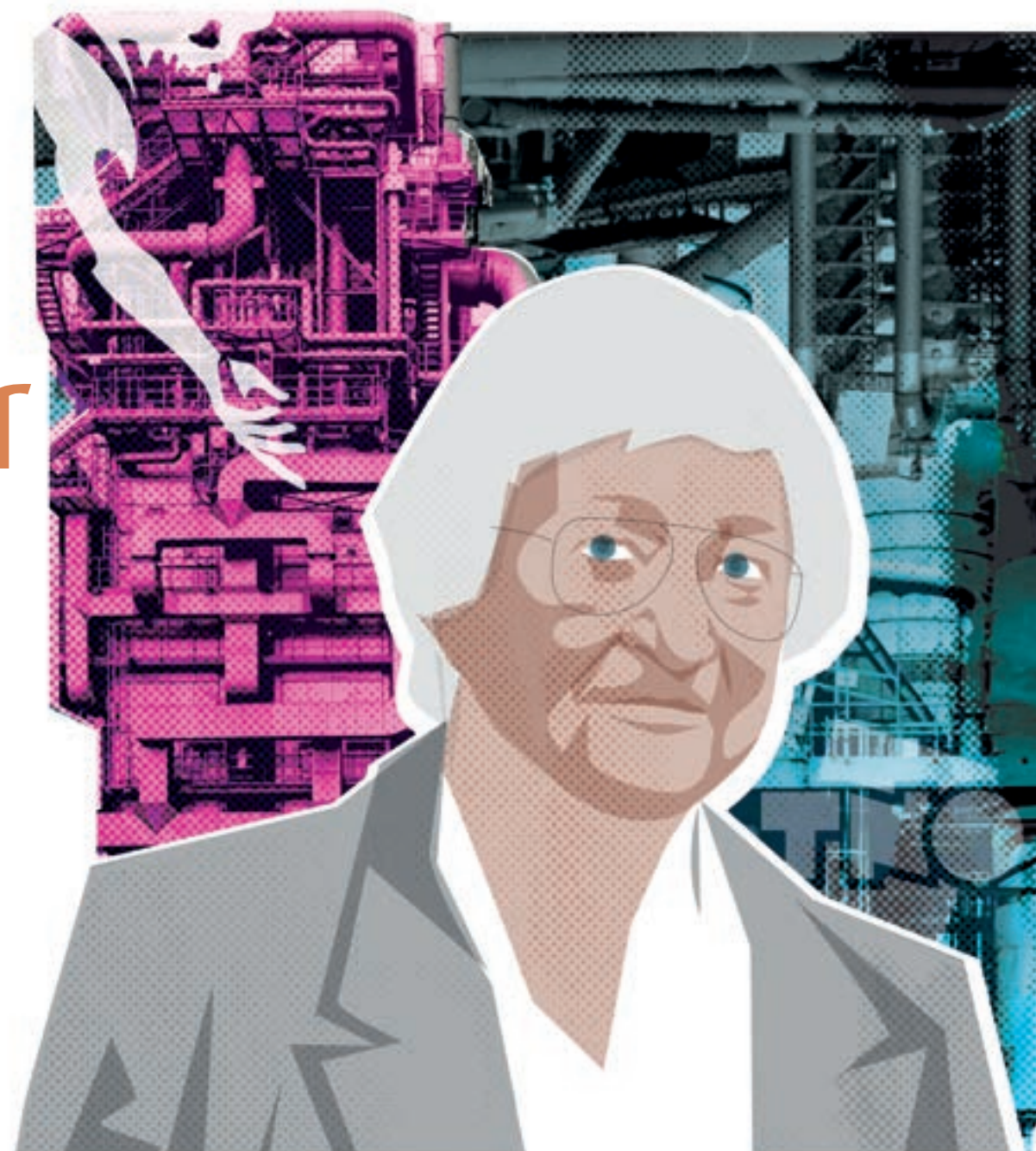
Naam Marina van Damme | **Leeftijd** 87 | **Titel** dr.ir. | **Opleiding** scheikundige technologie, Technische Universiteit Delft | **Functies** oprichter van de Marina van Dammebeurs, eerder onder meer directeur chemische strategie bij Akzo

ze overlijden. Zo moet het geld terecht blijven komen bij de bedoelde winnaressen; vrouwen van wie de ouders geen academische opleiding hebben gedaan.'

Net zoals Marina zelf, die volgens ir. Jacobien Rensing uit een eenvoudig, maar warm nest in Rotterdam kwam. 'Aanvankelijk wilde ze gymnastieklerares worden, maar ze deed zo'n goed eindexamen dat haar school een beurs voor haar aanvroeg. Daardoor kon ze in Delft studeren.'

Toen Van Damme bij het toenmalige hoofdgebouw in Delft stond om zich in te schrijven voor de studie scheikunde, werd ze door een meisje aangesproken dat vroeg: ben je al op de club geweest? Ze bedoelde de Delftse vrouwelijke studentenvereniging (DVSV). Na de inschrijving toog de kersverse student erheen en besprak vervolgens thuis of ze lid mocht worden. Haar moeder vond dat best. Rensing: 'Daar heeft ze veel opgestoken, vooral op sociaal gebied. Als het wat later werd, kon ze in het clubgebouw blijven slapen. Ook kwam ze in het bestuur.'

In 1976 fuseerde de DVSV met het Delftsch Studenten Corps, waardoor er geen aparte vereniging voor vrouwelijke studenten in Delft meer was. Toen veel oude DVSV-leden zeiden



terug te verlangen naar een eigen lustrumviering zoals voor de fusie, kwam die in 1994 mede door inzet van Van Damme weer tot stand.

'We hebben samen drie geweldige lustra georganiseerd en in totaal vijftien jaar in de reüniecommissie gezeten', zegt Rensing. 'Toen we besloten dat de reüniecommissie moest verjongen, konden we daar niemand voor vinden. Tijdens een reünie in Almere zei Marina: nu moet het gebeuren. Ze koos drie mensen uit om

ons op te volgen en die overviel ze daarmee. Achteraf schaamde ze zich daar een beetje voor, maar het leverde een uitstekend team op.'

Niet bang voor wrijving

Het is tekenend voor de manier waarop Van Damme handelt. Rensing: 'Als ze iets in haar hoofd heeft, komt ze er niet makkelijk van af.' Dat bevestigt Van de Kamp: 'Marina heeft veel lef, is niet bang en weet wat ze wil. Veel mensen zijn dat niet gewend van een vrouw; die verwachten iemand die meegaander is. Terwijl diezelfde eigenschappen bij mannen vaak visionair of daadkrachtig worden genoemd. Marina's aanpak getuigt van leiderschap en daardoor bereikt ze veel. Ze is niet bang voor wrijving en daardoor komt ze waar ze zijn wil, al maakt ze daar niet altijd vrienden mee.'

Ing. Joyce Kuiken MSc, de huidige voorzitter van het Marina van Damme Netwerk, beaamt dat: 'Ze heeft een bepaalde vastberadenheid en vasthoudendheid die sociaal soms minder handig is, maar zakelijk goed van pas komt. Daar kunnen wij vrouwen wel wat van leren.' |

De rubriek Kopstuk presenteert een portret van een ingenieur die bijzondere prestaties op zijn of haar naam heeft staan.

Muzikant in mineur

HET NIEUWE WERKEN

Robots worden steeds beter in het spelen en componeren van muziek. Toch hoeven musici, componisten en producers zich volgens onderzoek weinig zorgen te maken. Maar niet iedereen is het met die conclusie eens.

Kunt u een muziekstuk van Bach onderscheiden van een stuk dat zojuist is bedacht door een computer? Uw eerste gedachte is waarschijnlijk: 'Natuurlijk. Bach is een genie; daar kan een computer nooit aan tippen.' En misschien lukt het u inderdaad om het verschil te herkennen. Maar dan doet u het beter dan een publiek uit 1997 bij de University of Oregon. Daar werden drie muziekstukken uitgevoerd: een van Bach, een van een lokale muziekhoogleraar en een van een computerprogramma. Vervolgens mocht het publiek zeggen welk stuk door wie was gemaakt. De uitkomst: men dacht dat het computerstuk van Bach was, het stuk van de hoogleraar uit de computer kwam en het stuk van Bach zelf door de professor was geschreven.

Toegegeven, het was geen uitgebreid onderzoek. Maar het is opvallend dat de wetenschap twintig jaar geleden al zo ver was op het gebied van robotcomponisten. Want daar hebben we het hier in feite over: machines die nieuwe muziek maken die vergelijkbaar is met die van een componist van vlees en bloed. Waar de mens zich laat inspireren door de groten uit de barok,

romantiek en andere stijlen, zo leert een computer hoe een klassiek stuk hoort te klinken met een zelflerend algoritme. Vervolgens maakt hij een eigen stuk dat bestaat uit stukjes van oude stukken. Dat klinkt als ordinair stelen, maar door genoeg te remixen, ontstaat een product dat in feite een nieuw stuk is geworden.

Marimba-robot

Voor sommige toepassingen voldoet dat uitstekend. In 2016 verscheen de start-up Aiva ten tonele. Die maakt 'soundtrack-muziek' voor elke gelegenheid. Tijdens een presentatie van video-kaartenbedrijf NVIDIA draaide de klassiek aandoende muziek van Aiva op de achtergrond. Een volledig origineel werk, gebaseerd op honderden klassieke stukken die het programma tot zich nam en verwerkte tot een eigen creatie. Amateurcomponisten kunnen aan de slag met *Jukedeck* en *Youcompose*; computerprogramma's om snel en simpel liedjes mee te componeren. Makkelijker dan het inhuren van een ervaren componist en voor veel doeleinden net zo effectief.

Er zijn meer voorbeelden van dit soort 'componen'



foto Georgia Tech

Deze robot bespeelt een marimba en bedenkt intussen zijn eigen melodieën. De stokjes houdt hij met vier handen vast.

waarbij computers voortborduren op wat mensen hebben gedaan. Ze worden er ook steeds beter in, doordat de leermethodes die ze voorhanden hebben krachtig zijn en de rekenkracht praktisch onbegrensd is.

Ook de muzikant zelf is vervangbaar. Eind juni kwam het Amerikaanse Georgia Institute of Technology met een treffend voorbeeld: een marimba-robot, die met twee stokjes en een kunstmatig brein zijn eigen muziek bedenkt én uitvoert. Het eerste optreden van de robot op video overtuigt snel: dit klinkt precies als de swingende, heldere en vrolijke stukken die we kennen van de van origine Afrikaanse xylofoon. Het is knap dat het brein van de computer zelf stukken bedenkt, maar de mechaniek van de robot is net zo indrukwekkend. De makers hebben de mens nagebootst en bouwden dus een apparaat met 'handen' met speelstokjes erin. Daarmee snel en accuraat op de toetsen slaan, is niet eenvoudig voor een robot. Dit exemplaar slaagt er echter voorbeeldig in.

Artiest wordt merk

Ondanks de vooruitgang in het veld en het feit dat deze 'robots' werk kunnen afpakken van componisten en artiesten, denken economische experts niet dat muzikanten zich zorgen hoeven te maken. De kans dat robots de componist, songwriter of de performer zelf vervangen, is minder dan 10 procent, volgens Oxford University. Rakendra Smit, beleidsmedewerker pop en intel-

lectueel eigendomsrecht bij de Nederlandse Toonkunstenaarsbond, kijkt er anders tegenaan. Hij ziet hoe de automatisering al decennialang huishoudt onder beroepsmuzikanten. 'Het begon met de Commodore 64 en de Atari', vertelt hij. 'Dat was de geboorte van sampling- en sequencetechnieken die zich technisch snel ontwikkelden, waardoor er steeds minder muzikanten nodig waren in het live- en opnamecircuit.'

Het gevolg is dat een muzikant nauwelijks nog voldoende werk kan vinden. 'De laatste jaren worden ook componisten en producers vaker overbodig, doordat computerprogramma's de muziek deels zelf maken. Dat betekent dat er steeds minder mensen nodig zijn om een plaat te componeren. 'De artiest achter een nummer wordt meer een merk; de muzikaliteit komt uit de computer', verzucht Smit.

Nieuwe mogelijkheden

Hij ziet de opkomst van kunstmatige intelligentie en robotmuzikanten dan ook niet als een nieuwe dreiging. 'Dit is simpelweg de volgende automatiseringsstap in een lange reeks. Als vakbond kunnen we niet veel doen. We blijven in ieder geval lobbyen voor betere wetgeving en subsidiëring zodat muzikanten, producers en componisten nog kans maken op een menswaardig bestaan. Maar ik zie de traditionele banen in de muziek steeds sneller verdwijnen. Ook in het muziekonderwijs wordt namelijk meer gebruik gemaakt van online tools. En in de musical- en entertainmentwereld is het gebruik van computermuziek al ruim twintig jaar geleden geïntroduceerd en inmiddels gemeengoed geworden.'

Het is een deprimerende conclusie van Smit, die de opkomt van kunstmatige intelligentie in een ander daglicht plaatst. Natuurlijk hebben andere beroepsgroepen ook te lijden gehad onder eerdere automatisering, maar daarbij werden vaak ook nieuwe banen gecreëerd. Voor de muzikant of componist betekende elke technologische vernieuwing een verlies van inkomen. Niet alleen doordat een machine de muziek (deels) kon maken, maar ook doordat het bijvoorbeeld makkelijker werd om muziek illegaal te downloaden.

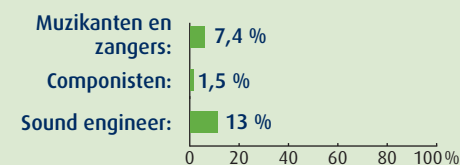
Toch is Smit niet alleen maar pessimistisch. 'Natuurlijk ontstaan er dankzij nieuwe technieken ook weer nieuwe mogelijkheden om muziek te maken. De professional zal daarom die ontwikkelingen moeten omarmen. Een combinatie van mens en computer – misschien ligt daar wel de toekomst voor de aankomende generatie muzikanten en componisten. |



De Commodore 64 was het eerste apparaat waarmee muziekstukken waren te samplen. Daarmee begon een lange lijn van automatisering in de muziekindustrie.

ROBOTISERINGSKANS

Hoe groot is de kans dat een beroep binnen twintig jaar wordt geautomatiseerd? Onderzoekers van Oxford University kwamen tot deze cijfers:



bron The Future of Employment

In Het nieuwe werken beantwoordt *De Ingenieur* elke maand voor een andere beroepsgroep de vraag: moet je bang zijn dat een robot je baan afpakt?



Voor de hobby van Alex Pietrow – student sterrenkunde te Leiden – bestond nog geen woord. Zelf noemt hij het Game Boyfotografie. Wat hij doet: op een Game Boy (een draagbare spelletjescomputer) bevestigt hij de speciaal hiervoor gemaakte Game Boy Camera uit 1998, de eerste betaalbare digitale camera (128 bij 112 pixels). Die Game Boy plakt hij dan aan een van de oudste sterrenkijkers van Nederland (uit 1838). Dat ding staat in een koepeltje op het dak van de Oude Sterrewacht van de Universiteit Leiden. En zo fotografeert hij 's nachts diverse planeten. In een NASA-T-shirt, maar dat laatste was voor de cult.

Fotograaf Elmer en ik troffen de sterrenkundestudent in dat koepeltje, waar hij door die oude sterrenkijker stond te staren. Hij zag niet veel – het was dag en bovendien bewolkt – maar zo kregen we wel een indruk.

'De buis is van hout', zei Alex terwijl hij de kijker met zijn linkerhand streelde. 'Het is bijna letterlijk een uitgeholde boomstam waar ze wat lenzen in hebben gestopt. Ik vind het heel leuk om er doorheen te kijken, puur omdat het ouderwetse techniek is.'

Alex vertelde dat moderne telescopen helemaal zijn gecomputeerd, waardoor de oude kijkers van vroeger wetenschappelijk geen waarde meer hebben. 'De moderne kijkers doen alles voor jou; je hoeft er alleen maar doorheen te kijken. Bij zo'n oud beestje moet je zelf mikken. Dat geeft veel meer voldoening.'

Ik vroeg: 'Hebben de foto's die je ermee maakt enige wetenschappelijke waarde?'

Alex: 'Niet echt.'

Ik: 'Zijn het bijzondere foto's?'

Alex: 'Zo zou ik ze niet omschrijven.'

Ik: 'Het maken van deze foto's heeft dus geen enkel nut?'

Alex: 'Eigenlijk is het gewoon de *challenge*. Ik zag op internet dat nog niemand ooit op deze manier foto's van planeten had gemaakt. De kick is om de limieten op te zoeken van wat er kan met een ding dat totaal ergens anders voor is gemaakt. Ik ben er ook geen uren mee bezig. Ik wil nog een keer de zon waarnemen. En Saturnus. En dan is er wel weer wat anders.'

Daarna spaken we nog kort over het eventueel bestaan van buitenaards leven. Alex geloofde daar wel in. Hij kon zich zelfs voorstellen dat Elmer van een andere planeet komt. 'Ik hoop ooit in contact te komen met buitenaardsen; ze mogen zich altijd bij me melden. Dat is in het verleden ook weleens gebeurd. Ik wil alleen wel dat ze kunnen bewijzen dat ze ergens anders vandaan komen.'

Van het contact met buitenaardsen moesten wij ons niet te veel voorstellen. 'Als ze hierheen komen, zijn ze dus intelligenter dan wij. In dat geval zijn wij voor hen niet meer dan een mierenhoop. Die trappen wij mensen ook gewoon kapot.'

We bedankten Alex voor de fijne middag in de koepel op het dak van de Oude Sterrewacht. Hij schreeuwde ons nog na dat hij binnenkort naar Stockholm gaat verhuizen en of we het tijdschrift daarnaartoe konden sturen. Op zijn beurt zou hij ons op de hoogte houden van eventuele nieuwe ruimtehobby's. |

tekst Marcel van Roosmalen foto Elmer van der Marel

KCS

Elektronica R&D



Een goed productidee ...
maar hoe nu verder?

KCS wil u adviseren en begeleiden. Vanaf concept, R&D, hardware, software, mechanisch ontwerp, prototype tot en met de serieproductie.

Maak gebruik van onze 30 jaar aan kennis en ervaring, in welke fase u ook verkeert met uw product.

Interesse? Neem vrijblijvend contact met ons.

ENGINEER YOUR CAREER

KIVI helpt je verder in je carrière. Als beroepsvereniging van ingenieurs biedt KIVI carrièreservices. Leden kunnen onder meer gratis gebruikmaken van een cv-check, sollicitatietraining en loopbaancoaching. Ook brengt KIVI aantrekkelijke vacatures onder de aandacht.

WIERINGERWERF

LEAD ENGINEER WERKTUIGBOUWKUNDE

Gaat jouw ambitie verder dan alleen technische uitdagingen en wil jij je graag verder ontwikkelen op het gebied van leiderschap en technische expertise? Dan zijn wij op zoek naar jou!

Voor het versterken van het Engineering team zoeken wij een Lead Engineer. De vacature vind je terug op www.intriq.nl/vacatures/lead-engineer-wieringerwerf

INTRIQ
people in the lead

HGG is het wereldwijd toonaangevende bedrijf in het op maat snijden van dikwandige metalen buizen en profielen in allerlei vormen en formaten.

HGG
specialists
in 3D profiling
www.hgg-group.com

WIERINGERWERF

MECHANICAL ENGINEER

Passie voor hightech techniek? Wil jij bovendien deel uitmaken van een internationaal team en dynamische organisatie waar innovatie en kwaliteit centraal staan? Dan zijn wij op zoek naar jou!

Voor de afdeling engineering zoeken wij een enthousiaste Mechanical Engineer. De vacature vind je terug op www.intriq.nl/vacatures/mechanical-engineer-machinebouw-wieringerwerf

INTRIQ
people in the lead

HGG is het wereldwijd toonaangevende bedrijf in het op maat snijden van dikwandige metalen buizen en profielen in allerlei vormen en formaten.

HGG
specialists
in 3D profiling
www.hgg-group.com

WIERINGERWERF

PRODUCT MANAGER

Passie voor hightech techniek? Ben je communicatief, klantgericht en creatief? Wil jij bovendien deel uitmaken van een internationaal team en dynamische organisatie waar innovatie en kwaliteit centraal staan? Dan zijn wij op zoek naar jou!

Voor het versterken van het Engineering team zoeken wij een technisch talent met commerciële vaardigheden voor de functie van Product Manager. De vacature vind je terug op www.intriq.nl/vacatures/product-manager-wieringerwerf

INTRIQ
people in the lead

HGG is het wereldwijd toonaangevende bedrijf in het op maat snijden van dikwandige metalen buizen en profielen in allerlei vormen en formaten.

HGG
specialists
in 3D profiling
www.hgg-group.com

ZWOLLE

LEAD ENGINEER MECHANICAL & PROCES

Projectdynamiek, internationale opdrachten, eigenaarschap

Onze opdrachtgever Ventilex ontwerpt en produceert industriële drogers en luchtontvochtigers voor opdrachtgevers in zeer uiteenlopende industrieën (food, minerals, chemicals). Ventilex behoort in deze niche markt tot de mondiale top 5. De organisatie groeit snel en wil daarom het engineering team uitbreiden met een ervaren lead engineer mechanical en proces. Relevante HTS/TU-achtergrond. Bij voorkeur ben je bekend met de dynamiek van een project en heb je ervaring in een internationale omgeving.

Nieuwsgierig?

Zie: www.buildingcareers.nl / Sanna Willebrands / 06 4241 1612

BuildingCareers is dé arbeidsmarktspecialist voor HBO-/WO-ingenieurs en technologen. Voor hoogwaardige specialistische functies alsmede commerciële en managementposities. Onderdeel van IngenieursOnly.

**BUILDING
CAREERS**

HEEL NEDERLAND

WERKVOORBEREIDER INSTALLATIETECHNIEK - E & W-INSTALLATIES

Ga jij via Brunel aan de slag bij toonaangevende bedrijven/projecten binnen de aannemerij? Als werkvoorbereider heb je een technische spilfunctie, waarin je samen met jouw team zorgt voor het optimaal functioneren van gebouwgebonden installaties. Dagelijks organiseer jij service- en onderhoudswerkzaamheden aan complexe WTB- en E-installaties bij klanten in de gezondheidszorg, industrie en utiliteit. Je stuurt jouw monteursploegen aan, bewaakt de voortgang en je zorgt daarnaast voor een heldere terugkoppeling naar de klant.

Heb jij een afgeronde mbo-/hbo-opleiding richting installatietechniek, werktuigbouwkunde of elektrotechniek met 0 à 5 jaar werkervaring en heb jij een communicatieve houding? Zet dan de stap naar Brunel.

Neem contact op met Benson van den Bilt, b.van.de.bilt@brunel.net, 06 5166 0959.

Dan openen wij de deuren voor jou bij toonaangevende organisaties.

Info: <https://www.brunel.nl/pub129283>

Brunel

HEEL NEDERLAND

WATER VACATURES

Constructieve en maritieme waterbouw, klimaatadaptatie & stedelijk water, waterveiligheid, assetmanagement, hydrologie, geotechniek, watertechnologie ... Wat drijft jou?

Binnen onze divisie Water krijg je de kans én ruimte om je passie, kennis en kunde volop in te zetten en verder te groeien in je functie. Word jij onze nieuwe collega?

Bekijk onze vacatures op <http://vacatures.werkenbijarcadis.nl> en neem contact met ons op.

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

KIVI
Engineering Society

TECHNIEK MAAKT JE WERELD

DE INGENIEUR