



**DELFT** Nr. 3 | OKT 2017 | JAAR-  
**INTEGRAAL** GANG 34  
TU Delft

**HollandPTC**  
Eerste Nederlandse  
protonenkliniek in Delft

**VERBRANDINGSMOTOR**  
Het einde in zicht?

**Paulien Herder**  
*'CO<sub>2</sub>-problematiek  
wordt bij ons in de  
industrie nog  
niet gevoeld'*

THEMA  
**Sensoren**

**Cover:**

Laat Rolf Hut een telefoon openschroeven en hij voelt zich als een kind in de snoepwinkel. Een telefoon zit vol met sensoren die je kunt gebruiken voor allerlei functies waar ze al dan niet voor zijn ontworpen.  
(Fotograaf Sam Rentmeester)

**REDACTIONEEL**

Saskia Bonger

**Sensoren**

In dit nummer geen sensoren die uw leesgedrag volgen, nóg niet. Het magazine staat wel vol met verhalen óver sensoren. Het is een cliché, maar ze bepalen steeds meer ons leven en het einde van de toepassingsmogelijkheden is nog niet in zicht. Mede dankzij onderzoek aan de TU Delft. Neem 'MacGyver-onderzoeker' Rolf Hut (CiTG). Verderop in dit nummer laat hij zien waar smartphone-sensoren voor gebruikt kunnen worden naast de standaardtoepassingen: voor metingen aan rivieren bijvoorbeeld. Huts ideeënstroom is eindeloos. Zelfs tijdens het gesprek met Delft Integraal heeft hij een ingeving. Onderzoekers kunnen bestaande sensoren op nieuwe manieren gebruiken. Op verschillende plekken in de wereld zijn tests gaande met de Delftse vinding WaveDroid,

een boei met smartphone-technologie waarmee bijvoorbeeld kusterosie gemeten kan worden. De technologie is tien keer goedkoper dan zijn conventionele tegenhanger.

En er gebeurt meer: hittemetingen in Den Haag, trillingsmetingen in Groningen, ademmetingen voor het diagnostiseren van ziektes, enzovoort. Allemaal nuttig en handig, het gemak van de mens dienend.

De vraag is: waar eindigt dit? Misschien bij de smart dust uit de toekomstvisie van EWI-onderzoeker Przemyslaw Pawlczak. "Als ze goedkoop [en klein] genoeg worden, kun je sensoren straks uitstrooien vanuit een vliegtuig", vertelt hij. Een stap te ver of juist lekker makkelijk? Dat zal de samenleving moeten uitmaken.

Saskia Bonger,  
hoofdredacteur



pagina 07  
Thema Sensoren



**KORT DELFTS**  
04

**STILLE  
WINDTURBINES**  
22

**PERSOONLIJK**  
28

**COLUMN**  
Tonie Mudde  
28

**NA DELFT**  
Douwe Lycklama  
29

**DESGEVRAAGD**  
Einde van de verbrandingsmotor?  
30

**HORA EST**  
36

**DE ZAAK**  
Spaac  
37

**ALUMNINIEUWS**  
38

**COLOFON**

Coverfoto Sam Rentmeester  
Redactie Saskia Bonger (hoofdredacteur),  
Dorine van Gorp, Katja Wijnands (eind-  
redactie), Tomas van Dijk,  
Sam Rentmeester (beeldredacteur),  
Roos van Tongeren,  
Connie van Uffelen, Jos Wassink  
Telefoon (015) 278 4848,  
e-mail [delftintegraal@tudelft.nl](mailto:delftintegraal@tudelft.nl)  
Medewerkers aan dit nummer  
Jorinde Benner, Auke Herrema,  
Christian Jongeneel, Tonie Mudde, Annemijn Smid  
Ontwerp Maters en Hermesen  
Vormgeving Liesbeth van Dam  
Druk Quantas  
Abonnementsadministratie  
[delftintegraal@tudelft.nl](mailto:delftintegraal@tudelft.nl)  
Advertentie H&J Uitgevers, (010) 451 5510

Delft Integraal is een uitgave van de TU Delft

18

**Paulien Herder**

'Je moet belangenloos je kennis delen met anderen'



24

**Protonenkliniek**

Eerste in Nederland

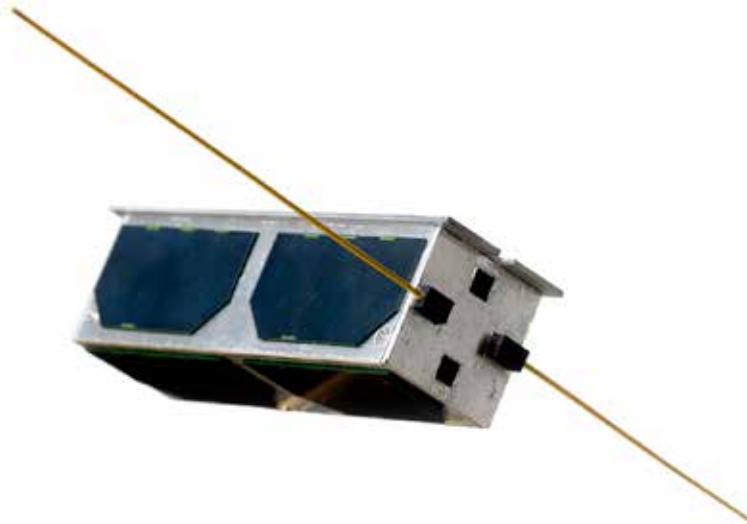


**Expeditie Noordzee**

Zicht op de zeebodem

32

# KORT DELFTS



## Lopen op robotbenen

Het was een spannend moment voor de 31 studenten van Project March en hun dwarslaesiepatiënt Ruben de Sain. Voor het oog van de verzamelde pers schakelde De Sain het exoskelet in en stond op in zijn volle lengte van 1,90 meter. Ondersteund met krukken liep hij vervolgens 20 meter door de hal. Het was de demonstratie van het exoskelet (robotbenen) waarmee de

studenten en De Sain begin oktober deelnemen aan de Cybathlon Experience in Düsseldorf. Daar wacht hen een aantal lastige hindernissen zoals hellingen en oneffen terrein. Na terugkomst werkt het team verder voor de tweede Cybathlon competitie in Zürich in 2020.

[delta.tudelft.nl/article/ruben-walked-again-exoskeleten](https://delta.tudelft.nl/article/ruben-walked-again-exoskeleten)



# Krimpemde satellieten

Volgend jaar april viert de eerste minisatelliet van de TU Delft zijn tiende verjaardag in de ruimte. De CubeSat Delfi-C3 meet 10x10x30 centimeter en de smartphone-elektronica aan boord werkt nog steeds. Het platform is een succes geworden dankzij goedkope aardobservatie voor landbouw en infrastructuur. De nieuwe generatie PocketSats die ontwikkeld wordt bij de space system engineering van de faculteit L&R is zo klein als een flinke zaklantaarn en weegt nog maar 500 gram. Het formaat en de lage kosten maken het mogelijk de satellieten als een zwerm te laten opereren waardoor of het gebied of de observatietijd groter worden. Dit brengt aardobservatie binnen het bereik van bedrijven of NGO's. De groep denkt eind volgend jaar de eerste zaksatelliet in de ruimte te brengen.

[delta.tudelft.nl/article/science-shrinking-satellites](http://delta.tudelft.nl/article/science-shrinking-satellites)



## Topdrukke op de campus

Zo'n vijftienduizend nieuwe studenten moeten hun weg vinden op de campus, onder wie 3200 bachelorstudenten en 1543 internationale masterstudenten. Daarmee komt de totale Delftse studentenpopulatie dit jaar uit op meer dan de 22 duizend van vorig jaar. Om hen allemaal les te kunnen geven, zet de TU niet alleen alle onderwijszalen volledig in, maar ook bioscoop Pathé en het hoofdkantoor van studentenhuusvesters Duwo.

Foto: Thomas Zwart

## Piano spelen met je brein

Zogeheten braincomputer interfaces gaan ons dagelijks leven op zijn kop zetten, meent elektrotechnisch ingenieur prof.dr.ir. Wouter Serdijn (EWI). Op een chipconferentie in Washington (VS) speculeerde hij over de toepassingen van *bidirectional brain computer interfaces*. Dankzij breinimplantaten met deze chips zouden mensen met een prothese weer gevoel krijgen in hun verlamde ledematen. Ook Elon Musk werkt aan deze chips. Hij verwacht dat we er telepathisch mee met elkaar gaan communiceren. Hij hoopt ingewikkeldere gedachten te kunnen ontcijferen en van het ene brein naar het andere te kunnen zenden. Serdijn ziet een groot obstakel: "De elektrodes zijn te groot en zitten te ver van de neuronen af. Ik kan me voorstellen dat je in de toekomst met je gedachten piano speelt. Dat kan fijn zijn als je door ouderdom de behendigheid in je handen verliest."

## De wereld meten

"Dacht je dat je vrije keuzes maakte? Onze levens worden gestuurd door algoritmes." Dat vertelde hoogleraar Dirk Helbing (computationele sociologie ETH Zurich en TU Delft) tijdens een lezing op de TU. Helbing is expert op het gebied van gedragsmanipulatie via digitale technologie. "Elke minuut zijn er 700 duizend nieuwe zoekopdrachten via Google. Alles wat we doen laat sporen achter en alles wordt geanalyseerd door computers met *machine learning* algoritmes." Toch is Helbing positief gestemd. Alle data die we tezamen genereren kunnen ten goede worden gebruikt. Daarvoor heeft hij het digitale open source platform Nervousnet opgericht, een vergaarbak van data. "In onze smartphone zitten allerlei sensoren, zoals versnellingsmeter, een gyroscoop, een barometer en een lichtsensor. Daarmee kunnen we de wereld meten."

[delta.tudelft.nl/article/you-can-influence-algorithms-now-dictate-your-life](http://delta.tudelft.nl/article/you-can-influence-algorithms-now-dictate-your-life)

## Website als wijkverpleegster

Nierpatiënten moeten na een transplantatie dagelijks hun bloeddruk en het creatinineniveau in hun bloed meten omdat dat de eerste signalen zijn bij afstoting van het donororgaan. Dr. Wenxin Wang experimenteerde bij intelligent systems (EWI) met verschillende communicatiestijlen die door een groep patiënten van het LUMC getest zijn. Vooral patiënten die met een terugval te maken blijken gevoelig voor de communicatiestijl. Ze gaven dan de voorkeur aan een zakelijke stijl, voorzien van achtergrondinformatie.

[delta.tudelft.nl/article/virtual-nurses-empower-patients](http://delta.tudelft.nl/article/virtual-nurses-empower-patients)



## Zout bestralen

Goedkope elektriciteit, geen langlevend radioactief afval en geen plutonium als restmateriaal waar kernwapens mee gemaakt kunnen worden. De voordelen van de gesmolten zout thoriumreactoren boven uraniumreactoren zijn groot. Theoretisch dan. Hoe haalbaar is de technologie achter deze centrales? Dat willen Delftse wetenschappers uitzoeken in samenwerking met collega's van het Institute for Transuranium Elements in Karlsruhe en de NRG Hoge Flux Reactor in Petten. Afgelopen zomer startten ze een bestralingsexperiment in Petten. Ze bestralen gedurende twee jaar fluoridezout om te zien hoe het zich gedraagt en welke nevenproducten ontstaan.

[delta.tudelft.nl/article/cheap-nuclear-electricity-without-long-lived-radioactive-waste](https://delta.tudelft.nl/article/cheap-nuclear-electricity-without-long-lived-radioactive-waste)

## Spel Tafel voor dementerenden

In maart promoveerde Hester Anderiesen bij Industrieel Ontwerpen op haar onderzoek naar speels ontwerp. In de tussentijd groeide de door haar ontwikkelde Tovertafel en haar bedrijf Active Cues uittot een succes. De kern van de Tovertafel is een hangende projector die bewegende vormen van bloemen, vissen of vogels op een tafel projecteert. Infraroodsensoren detecteren handbewegingen waar het systeem op reageert. Bij proeven bleek de Tovertafel demente bejaarden te activeren en te vermaken. Het bedrijf heeft nu ook een versie voor geestelijk gehandicapten (model UP) en voor kinderen met autisme (model Unique). Studenten van TU Delft TV maakten een video:

[delta.tudelft.nl/article/video-magic-table-activates-people-dementia](https://delta.tudelft.nl/article/video-magic-table-activates-people-dementia)



## Leren van orkaan Harvey



Foto: Zachary West

Na de ravage die orkaan Harvey eind augustus in Houston aanrichtte, besloot prof.dr.ir. Bas Jonkman (CiTG) samen met de faculteit TBM tot de oprichting van het Delft Harvey

Research Team. Eerst gaan de onderzoekers gegevens verzamelen over meteorologie, wateroverlast en rampenbestrijding in de Texaanse hoofdstad. Die gegevens belanden in een rapport waarbij ook de sociaal-economische en planologische aspecten van de verschillende wijken aan bod komen. Daarna willen de onderzoekers hun bevindingen vertalen naar de Nederlandse situatie en voorleggen aan betrokkenen bij overstromingsbestrijding.

[delta.tudelft.nl/article/tu-delft-sets-harvey-research-team](https://delta.tudelft.nl/article/tu-delft-sets-harvey-research-team)

## Cement van afval

Het geopolymeerteam van de faculteit CiTG werkt aan de simultane oplossing van twee wereldproblemen: de hoge CO<sub>2</sub>-uitstoot van cementproductie (5% van het jaarlijkse totaal) en de groeiende berg aan afval en bijproducten.

Op een video van TU Delft TV legt promovenda Marija Nedeljkovic uit hoe een mix van verschillende industriële bijproducten geactiveerd wordt met een base tot een cement dat materiaal bindt. Na uitharden heeft het geopolymeerbeton vergelijkbare of betere eigenschappen dan traditioneel materiaal, aldus Nedeljkovic. Een bank



is ermee gebouwd, een betonnen kano, en nu wordt aan een brug gewerkt van dit ecobeton.

[delta.tudelft.nl/article/waste-concrete](https://delta.tudelft.nl/article/waste-concrete)

# THEMA

## Sensoren

Sensoren zijn overal en worden steeds kleiner. Ze drijven in zee, hangen in de lucht, zitten in de grond en we dragen ze in onze zak. Op deze foto de Delftse uitvinding Wisent, waarmee je batterijloze sensoren op afstand kunt programmeren, ook nog eens draadloos. Het opent eindeloze mogelijkheden voor trackingsystemen, legt bedenker Przemyslaw Pawlczak uit op pagina 15.



# Je telefoon als supercomputer



Zelfverklaard 'geek' Rolf Hut ontwikkelt meetapparatuur van consumentenelektronica. Hij is dol op smartphones, want die zitten bomvol sensoren.

**N**iets minder dan een revolutie staat ons volgens dr.ir. Rolf Hut (afdeling water resources, CiTG) te wachten. "Heb je het nieuws gevolgd over de iPhone X? Die heeft gezichtsherkenning. Wetenschappers gaan apps ontwikkelen om deze *feature* uit te buiten, dat kan niet anders."

Als je gezichten kunt herkennen, kun je ook planten, vogels en insecten herkennen, zo redeneert de Delftse onderzoeker. Veldwerk zal voor biologen nooit meer hetzelfde zijn. "Het is binnenkort gedaan met die types die

het veld in gaan en Linnaeus-achtige tekeningen maken van enkele planten. Straks stuur je een schoolklas het bos in, die met smartphones in een handomdraai alle flora en fauna in kaart brengt."

## Verjaardagskaart

De MacGyver-onderzoeker, zoals collega's Hut noemen, maakt meetapparatuur van consumentenelektronica. Voor een van zijn eerste experimenten gebruikte hij sensoren uit de speakers van verjaardagskaarten die deuntjes laten horen als je ze openvouwt. Die onderdeeljes bouwde hij om tot

regensensoren die neerploffende druppels registreren.

Momenteel volgt Hut de ontwikkelingen in de smartphone-industrie op de voet. Zijn onderzoeksveld heeft raakvlakken met zowat elke tak van de wetenschap waarin gemeten en gemonitord wordt.

Landbouwtechnologie is een van die gebieden. De technologie achter *bluetooth beacons*, door musea gebruikt om audiorondleidingen af te stemmen op het tempo van bezoekers, zou boeren ook wel eens kunnen helpen om de bodemvochtigheid van hun akkers te meten.



“We zijn hier in ons lab mee aan het experimenteren”, legt Hut uit. “De bakens zenden een radiosignaal uit. Op basis van dit signaal kunnen apps op smartphones specifieke taken uitvoeren, zoals uitleg geven over een kunstwerk dat in een bepaalde ruimte staat. De apps bepalen de afstand tot het bakken. Wij hebben een aantal van die zenders ingegraven in zand. Als we water toevoegen, verzwakt dit het signaal van de bakens. Dit gegeven kunnen we gebruiken om het vochtpercentage in de grond te meten.”

### Ingeving

Het lijkt simpel, maar je moet er maar net opkomen. Hetzelfde geldt voor de drijvers die begin dit jaar de Irrawaddy in Myanmar afstroomden om de dynamiek van deze rivier in beeld te brengen. “We gebruikten grote stukken piepschuim met daarop een gps-tracker die elke minuut zijn positie op een lokale sd-kaart wegschreef en eens per kwartier inbelde om zijn meetgegevens onli-

### ‘De technologie achter bluetooth Beacons kunnen boeren gebruiken om de bodemvochtigheid te meten’

ne te zetten. In feite gebruikten we telefoons in hun meest uitgekledede vorm. Dit om te voorkomen dat ze gestolen werden.”

Halverwege het interview demonstreert Hut een smartphone om diverse sensoren aan te wijzen. Hij is druk in de weer met schroevendraaiers en tangetjes wanneer hij plots alles uit zijn handen laat vallen en naar zijn computer rent. Hij heeft een ingaving.

“Ik moet uitvogelen of we iets kunnen doen met Siri, het spraakherkenningsprogramma van iOS. Ik



Rolf Hut: “Dertig jaar geleden moest je voor veldonderzoek kabels trekken en afspraken maken met de PTT. Nu gooi je gewoon je telefoon met sensor in de rivier.” (Foto: Sam Rentmeester)

stuur mezelf een mail ter herinnering.”

“Als je Siri altijd aan hebt staan op je telefoon - veel geeks hebben dat, dan registreert je telefoon non-stop achtergrondgeluiden. Die geluiden klinken anders wanneer het regent. Wie weet kunnen we dat herkennen.”

Siri zou een goudmijn kunnen zijn. Een typisch gevalletje van *big data mining* door middel van smartphones. Dit soort data-analyses neemt volgens Hut een vlucht.

Een collega van Hut wist onlangs de hand te leggen op 220 miljoen temperatuurmetingen. Hut: “Aan de batterijen van telefoons zitten thermometertjes om oververhitting te voorkomen. Als een batterij te heet dreigt te worden, schakelt hij zichzelf uit. Onderzoeker Aart Overeem van het KNMI heeft metingen van die sensoren gebruikt om hittekaarten te maken voor onder meer Londen, Parijs, Moskou en Buenos Aires.”

Gegevens analyseren die standaard en centraal worden opgeslagen. Het is een van de methoden om aan gro-

te hoeveelheden gegevens te komen waarmee je fijnmazig zaken als temperatuur, geluid, vochtigheid en vervuiling in kaart kunt brengen. Een andere methode is *citizen science*: burgers actief betrekken bij je onderzoek. “Een geweldig voorbeeld vind ik de iSPEX-meetcampagne, geleid door Frans Snik van de Universiteit Leiden”, vertelt Hut. Doel van dit project is om de fijnstof in de atmosfeer te meten. Duizenden vrijwilligers maakten de afgelopen jaren met hun telefoon foto’s van de lucht op heldere dagen. “Dat deden ze met een opzetstukje met bijbehorende app die de lichtspectra meet. Het achterliggende idee is dat bepaalde kleuren licht minder ver door de atmosfeer heen dringen doordat ze door fijnstof geabsorbeerd worden.”

### Supercomputers

“Telefoontjes zijn tegenwoordig supercomputers”, stelt Hut. Een mooie bijkomstigheid is dat je er ook nog eens mee kunt bellen of anderszins informatie mee kunt verzenden.

Dit klinkt als een open deur. “Toch zit de kracht van vrijwel alle toepassingen ook in het feit dat je bij smartphones de sensoren en de telemetrie gecombineerd hebt”, zegt Hut. “Het verzenden van gegevens was tien jaar geleden nog een *bottleneck* bij veel metingen. Je moest op locatie - in een weiland, langs een rivier of in een stad - gsm-modems plaatsen die de metingen konden doorseinen. Om die aan de praat te krijgen had je mensen nodig met een elektrotechnische opleiding. Dertig jaar geleden was het helemaal een ramp. Toen moest je nog echt kabels trekken en afspraken maken met de PTT. Nu gooi je gewoon je telefoon met sensor in de rivier.” 

# Nieuw licht op ademanalyse



Uitgeademde moleculen bevatten informatie over iemands gezondheid. Een nieuw optisch sensor-systeem kan in de toekomst een standaard worden.

**A**dem kan wel duizenden verschillende organische stoffen bevatten die aanwijzingen kunnen geven over ziekten als maag- en darmaandoeningen, luchtweginfecties, astma, suikerziekte of bepaalde kankers. De concentratie van die stoffen is echter laag, in de orde van een deel per miljoen (ppm). Een gaschromatograaf of een massaspectrometer kan die concentratie meten, maar is te duur voor klinisch gebruik.

Een nieuw sensorenstelsel gebruikt infrarood licht om organische moleculen te detecteren. Deze sensor is ontwikkeld door dr. Adonis Reyes Reyes (optics research, TNW) tijdens zijn promotieonderzoek.

De straling kaatst honderden keren heen en weer in een holte met ademgassen om zo de absorptie te vergroten. Het ongeabsorbeerde licht van verschillende infrarood

**Een nieuw sensorenstelsel gebruikt infrarood licht om organische moleculen te**

golflengten wordt met een hoge resolutie spectrometer uiteen gerafeld. Door dit licht te vergelijken met een referentiestraal volgt de absorptie bij iedere golflengte. Een analyse aan de hand van bekende absorptiespectra

maakt vervolgens duidelijk welke stoffen er in de ademgassen zitten en hoeveel.

Tijdens een kleinschalige klinische test kon Reyes Reyes bij volwassen suikerziektepatiënten (type 1) een hogere concentratie aan aceton in hun adem aantonen dan bij de controlegroep.

Reyes Reyes ziet toepassingen voor optische gasanalyse in medische diagnose, alcoholtests en beveiliging. 'We kunnen de eerste draagbare en hooggevoelige optische gasanalyse-apparaten over tien jaar op de markt verwachten', schreef hij in zijn proefschrift. **JW**

*Meer lezen? [delta.tudelft.nl](http://delta.tudelft.nl): 'New light on breath analysis'*

# Weerstations voor Afrikaanse boeren

Een netwerk van twintigduizend goedkope weerstations moet Afrikanen meer zekerheid geven over weer en water. Dat is het doel van het Tahmo-project van de Oregon State University (VS) en de TU Delft.

**E**en van de initiatiefnemers is prof.dr.ir. Nick van de Giesen (CiTG). Het Trans-African Hydro-Meteorological Observatory project, dat in 2013 startte, verloopt niet zonder slag of stoot, vertelt hij. “De teller staat nu bijna op vijfhonderd weerstations verspreid over onder meer Ghana, Senegal, Oeganda, Rwanda, Kenia, Tsjaad, de Democratische Republiek Congo en Nigeria. Onze sensoren vertoonden elektrische lekjes waardoor de batterijen te snel leeg raakten. En het is ons duidelijk geworden dat we in sommige landen concurreren met bedrijven. We krijgen regelmatig scheldpartijen over ons heen.”

De droom is om over enkele jaren over heel Afrika duizenden weerpalen werkend te hebben die beheerd worden door voornamelijk scholen. Boeren worden dan op de hoogte gehouden van weer en neerslag via (gesproken) sms-berichten of smartphones. 

*Lees ook: [delta.tudelft.nl](http://delta.tudelft.nl) ‘Een weerpaal voor weinig’*

Met onderdelen uit de bouwmarkt bouwen Afrikanen hun eigen weerstation.



# Haagse hitte

Is Den Haag de heetste stad van Nederland? In opdracht van de gemeente doet Franklin van der Hoeven drie jaar lang metingen in samenwerking met inwoners.



Foto: Sam Rentmeester

In grote steden is het in de zomer aanzienlijk warmer dan op andere plekken in het land.

**S**teden zijn bepaalde delen van de dag en het jaar aanzienlijk warmer dan hun natuurlijke omgeving. In de winter is dat positief, in de zomer niet. We spreken dan van stedelijke warmte- of hitte-eilanden.

Dr.ir. Franklin van der Hoeven (Bouwkunde) deed er onderzoek naar in Rotterdam en in Amsterdam, waarna Den Haag niet wilde achterblijven. Temeer omdat TNO-onderzoek in 2012 uitwees dat de stad het sterkste hitte-

eiland van alle Nederlandse steden zou hebben.

Hitte-eilanden hebben effect op de gezondheid. “Bij extreem warm weer overlijden er fors meer mensen dan bij een koele zomer”, zegt Van der Hoeven. “Juli 2006 stak met kop en schouders boven alle zomermaanden uit met duizend meer sterfgevallen in heel Nederland. In Den Haag waren dat er 59 meer, vergeleken met het gemiddelde van 2000 tot en met 2015. Vergelijken met de zomer van 2007 waren het er negentig meer.”

Voor Rotterdam kon Van der Hoeven al laten zien dat het hitte-eiland daarbij een rol speelt. Voor Den Haag verwacht hij dat evengoed. Om erachter te komen aan welke temperatuur mensen worden blootgesteld, gaf hij weerstations aan honderdtwintig Haagse huishoudens. Die meten met sensoren de luchttemperatuur op hun balkon en in hun tuin.

Met satellieten is te bepalen wat de oppervlaktetemperatuur is van het dak, de parkeerplaats en boomkruinen. “TNO bepaalde met *remote sensing*

analyse het hitte-eiland ten aanzien van de oppervlaktetemperatuur overdag”, zegt Van der Hoeven. Hij wil kijken naar hitte-eilanden ten aanzien van de oppervlaktetemperatuur overdag en ‘s nachts én ten aanzien van de luchttemperatuur. Daar komt een extra meting bij want de makers van de Toon-thermostaat hebben beloofd de data van de binnentemperaturen te delen. “Zodanig dat de privacy niet in het geding is.”

Van der Hoeven wil bepalen welke hittedataset het best het extra overliden verklaart. “Vervolgens willen we met die hitte-indicator kijken welk ruimtegebruik hitte in de hand werkt. We kijken daarbij naar vijf factoren: de mate van verharding

## In Den Haag zijn vooroorlogse wijken met veel platte daken het warmst

en van vegetatie, oppervlaktewater, de gebouwschil en schaduw. Met die factoren kun je sturen. Asphalt is een klasse apart.”

Op satellietbeelden van juli 2006 en recenter datum is te zien dat binnen Den Haag vooroorlogse wijken met veel platte daken het warmst zijn. “Daar zit weinig verandering in. Als je asphalt er niet uithaalt en woningen niet sloopt, blijft het hitte-eiland zoals het is. Tenzij Den Haag stoere klimaatadaptatiemaatregelen gaat treffen.” Uit de metingen blijkt dat de temperatuur van tijd tot tijd echt oploopt en er sprake is van een hitte-eiland. “Maar het is niet erger dan in andere steden. Als ik Den Haag één tip zou mogen geven, dan zou ik zeggen: vervang platte asfaltdaken voor zonnepanelen waarmee je energie opwekt. Dan heb je die energie precies op het moment waarop je mechanisch zou willen koelen. Zou het niet geweldig zijn als je die daken gaat gebruiken voor klimaatdoelen?”



# Waterstof zichtbaar maken

De eerste tankstations met waterstof zijn geopend. Maar hoe controleer je lekken van dit licht ontbrandbare gas? Een gepatenteerde sensor kan H<sub>2</sub> zichtbaar maken.



De eerste tankstations voor waterstof zijn er al en ook binnen de chemische industrie is waterstof van groot belang. Detectie ervan blijft helaas lastig.

Standaardunits, in gebruik voor het bewaken van oplaadruiden voor accu's bijvoorbeeld, werken elektronisch en leveren gevaar op voor vonken.

De optische detector die dr. Christiaan Boelsma tijdens zijn promotieonderzoek ontwikkelde (Materials of Energy Conversion and Storage (MECS), TNW) heeft dat bezwaar niet. De sensor zelf bestaat uit de gecoate tip van een glasvezel en de elektronica staat op afstand.

Boelsma ontdekte dat de optische eigenschappen van bepaalde dunne metaallagen (minder dan 0,1 micrometer) op glas veranderen door de aanwezigheid van waterstof. De waterstof gaat een chemi-

sche verbinding aan met het metaal (metaalhydride) waardoor de optische reflectie of de transmissie meetbaar verandert.

Boelsma heeft twee materialen gepatenteerd: hafnium (Hf) en een legering van zirconium met magnesium (Zr-Mg).

Wat nog beter moet is de responstijd die bij kamertemperatuur aanvankelijk in de orde van enkele uren lag. Boelsma liet al zien dat een toelaag van teflon de reactietijd tot een half uur terug kan brengen. Bij 120 °C is de reactietijd zelfs enkele seconden.

Promotor prof.dr. Bernard Dam zoekt industriële partners om de gepatenteerde materialen verder te ontwikkelen tot een werkend prototype. **JW**

*Meer informatie:*  
[delta.tudelft.nl](http://delta.tudelft.nl): 'Optical hydrogen detectors patented'

# Magnetische metingen op atoomniveau

Gevoeliger kan niet: het meten van een magneetveld van een enkel elektron of proton op de schaal van enkele nanometers. De atomaire magnetometer die dr. Toeno van der Sar gaat bouwen, moet dat kunnen.

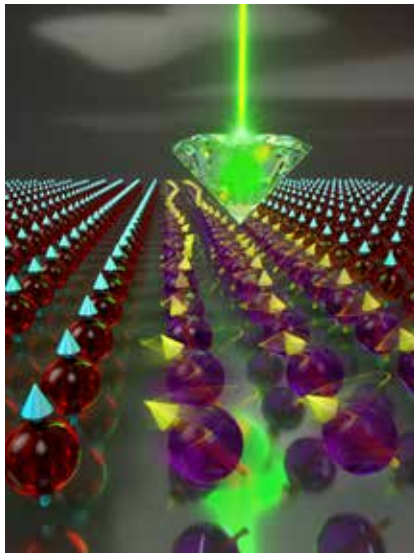
**V**an der Sar ontwikkelde de methode aan de universiteit van Harvard waar hij als postdoc werkte. Afgelopen zomer

publiceerde hij in *Science* het artikel *'Control and local measurement of the spin chemical potential in a magnetic insulator'*. Daarin vertelde hij hoe hij erin geslaagd was om met een diamanten nanodraad atomaire magneetvelden te meten.

Eind augustus keerde hij terug in Delft bij de afdeling quantum nanoscience (TNW) waar hij in 2012 promoveerde. In de kelder is een laboratorium voor hem vrijgemaakt. Van der Sar is nu bezig met aantrekken van promovendi en verwerven van onderzoeksgelden.

De resolutie en gevoeligheid ter grootte van één enkele protonspin is ongeëvenaard

Zijn onderzoek wordt uniek in Europa met een magnetometer die bij kamertemperatuur werkt, maar ook onder cryogene omstandigheden. De resolutie en gevoeligheid ter grootte van één enkele protonspin zijn ongeëvenaard.



Spingolf onder een diamant. (Peter and Ryan Allen/Harvard University)

Bovendien kunnen zowel statische velden gemeten worden als hoogfrequent velden tot in de gigahertz range. Nu al kan Van der Sar tal van toepassingen noemen.

## Spingolven

Zijn magnetische sensor zal als eerste 'spingolven' in kaart brengen. Dat zijn golven in magnetische materialen die beschouwd worden als informatiedragers van de toekomst in de 'spintronica', opvolger van de elektronica. Ook verwacht hij de 'spin' te kunnen meten van bijvoorbeeld een gat in grafeen, dat mogelijk ooit als elementaire data-opslag gebruikt zal kunnen worden. Hij hoopt ook nieuw licht te kunnen werpen op elektrontransport. Elektrische stroom, zo vermoedt Van der Sar, zou wel eens veel kunnen lijken op een vloeistofstroom inclusief tur-

bulentie en kolken (*vortices*). En dan komt de mogelijkheid om stroomverdeling binnen elektronische schakelingen te kunnen meten. Loopt de stroom bijvoorbeeld door het midden van een geleider, of neemt het de buitenkant? En, is die kennis wellicht slim toe te passen?

De methode dankt zijn naam 'NV-magnetometer' aan de samenstelling van een stikstofatoom (N) en een 'gat' ('vacancy' of V) in een diamantrooster. Zo'n koppel heeft een spin, met toestanden -1, 0 of +1, die door Van der Sar wordt ingezet als magnetometer op atomaire schaal. De energieniveaus van deze spintoestanden hangen af van het lokale magneetveld, en kunnen worden uitgelezen met een mix van groen laserlicht en microgolven die via kleine on-chip antennes naar het NV-centrum worden geleid. Uit de microgolfrequentie die erin slaagt de spintoestand van het NV-centrum om te draaien, volgt direct de sterkte van het lokale magneetveld. Het mooie is dat dit omdraaien van de NV-spin kan worden gedetecteerd via de unieke, spin-afhankelijke optische luminescentie (in rood licht) van het NV-centrum. Wordt ongetwijfeld vervolgd. 

## Meer informatie:

- *'Nanometre-scale probing of spin waves using single electron spins'*, *Nature*, 29 oktober 2014, [nature.com/articles/ncomms8886](http://nature.com/articles/ncomms8886)
- *'Control and local measurement of the spin chemical potential in a magnetic insulator'*, *Science*, 14 juli 2017, [sciencemag.org/content/357/6347/195](http://sciencemag.org/content/357/6347/195)

# Sensoren zonder stroom

De RFID kennen we van de betaalpas en de OV-chipkaart die op kleine afstand communiceren met betaalautomaat of incheckpaal. Wisent maakt volgende generaties van RFID: computational RFIDs (CRFIDs), in feite kleine batterijloze computers, die van afstand te programmeren zijn.

Het ultrakorte filmpje waarin dr. Przemysław Pawełczak (faculteit EWI) zijn vinding bekendmaakte werd ruim 65 duizend keer bekeken. Hij legt uit dat WISP (Wireless Identification and Sensing Platform), een voorbeeld van een CRFID die zijn energie uit radiogolven oogst, nu echt draadloos is geworden. Ook het herprogrammeren van de microcomputer verloopt nu draadloos dankzij een communicatieprotocol dat Pawełczak en collega's van de afdeling embedded software bij EWI ontwikkelden, samen met onderzoekers van de University of Washington in Seattle.

Het protocol heet Wisent en verwijst naar *wireless (re)programming of batteryless sensoren* (draadloos (her)programmeren van batterijloze sensoren). Pawełczak ziet netwerken voor zich van herprogrammeerbare en draadloze sensoren waar en wanneer je maar wilt. "Stelt u zich de mogelijkheden eens voor", sluit hij zijn video af. Een tracking systeem dat goederen door een magazijn volgt, leerlingen door een school of patiënten in een zieken-



Foto: Sam Bentmeester

huis bijvoorbeeld? Of een draadloos en flexibel systeem van rookmelders? Met een groot aantal WISPs aan de muur die onderling communiceren via Wisent moet dat mogelijk zijn. En niemand die meer op een laddertje de batterijen hoeft te vervangen. **JW**

*Bekijk het filmpje op:  
[Youtube.com 'TU Delft TV Wisent'](https://www.youtube.com/watch?v=...)*

## Groningse grond doorlichten met glasvezel

Groningen trilt en beeft. Dat dit met de gaswinning te maken heeft, is bekend. Maar hoe de gaswinning de spanningen in de grond precies beïnvloedt, is niet duidelijk. Hoe lopen de breuklijnen en hoe bouwt de spanning zich op? Delftse onderzoekers willen inzicht krijgen in de seismiciteit van de Groningse grond. De geijkte instru-

menten daarvoor zijn geofoons. Door het kunstmatig opwekken van een golf kun je met geofoons, een soort microfoons, de geologische structuur van de ondergrond in kaart brengen. Maar dit kan ook met glasvezelkabel, menen geofysici prof.dr.ir. Kees Wapenaar en dr.ir. Guy Drijkoningen. Als onderdeel van een Europese subsidie van 2,5 miljoen euro (een *ERC advanced grant*)

laten zij vijf à tien kilometer glasvezelkabel ingraven in een nog te bepalen gebied in Groningen. "Het voordeel is dat we met veel hogere resolutie metingen kunnen doen", zegt Drijkoningen. "En het is goedkoop. Zo'n kabel kost ongeveer een euro per strekkende meter. We kunnen die kabel makkelijk twintig jaar in de grond laten liggen." **TVD**

# Golven meten

Ze verloren hun kostbare boei om golven mee te meten. Daarom bouwden civiel ingenieur Max Radermacher en zijn Zuid-Afrikaanse collega Zane Thackeray zelf een boei, op basis van goedkope smartphonetechnologie.

Tijdens golfmetingen in Durban, Zuid-Afrika, raakten Radermacher en Thackeray het contact kwijt met hun conventionele boei. “Die boeien zijn zo duur dat het het waard is om ze met een helikopter te gaan zoeken”, legt Radermacher uit. “Als boeien op open zee drijven, is het moeilijk om ze in de gaten te houden. Ze lopen schade op of worden gestolen.”

Thackeray vroeg zich af waarom deze boeien zo duur zijn, terwijl je de sensoren die ervoor nodig zijn gewoon op zak hebt. Met hun kennis van oceaan golven en software ontwikkelde hij samen met Radermacher de WaveDroid boei, die tien keer goedkoper is dan zijn conventionele tegenhanger.

Jaren van onderzoek en ontwikkeling in de smartphone-industrie hebben geleid tot nauwkeurige, betrouwbare en meestal goedkope sensoren.

Terwijl ze normaal gesproken gebruikt worden om het telefoonscherm te draaien of te navigeren, blijken ze ook geschikt voor het verzamelen van gegevens over golven. Door gebruik te maken van de accelerometer en gyroscoop in de smartphone, meet de boei de hoogte, richting en periode van golven. “Deze gegevens worden onmiddellijk ver-



werkt en via een internetverbinding real-time naar de klant gestuurd”, zegt Radermacher. Uitgebreide tests van het prototype resulteerden in een bijna exacte kopie van de conventionele boeimetingen. “De gegevens bleken nauwkeuriger dan waar we ooit van

Door gebruik te maken van de accelerometer en gyroscoop in de smartphone, meet de boei de hoogte, richting en looptijd van golven

hadden durven dromen”, zegt Radermacher.

De kracht van WaveDroid ligt volgens Radermacher in zijn lage kosten en snelle inzetbaarheid. Tot op heden werd de boei vooral toegepast dicht onder de kust. Aannemers gebruikten de gemeten golfgegevens om de werkbaarheid van hun schepen te monitoren, terwijl kust-ingenieurs de data no-

dig hebben om erosie van stranden te analyseren. Voor de eerste versie van de WaveDroid was een 3G-verbinding nodig om real-time data te leveren. Daarnaast gingen de batterijen slechts drie maanden mee, wat de toepassing beperkte tot locaties dicht bij de kust. En dat is precies waar behoefte aan is, volgens Radermacher. “Golven aan de kust verschillen sterk van locatie tot locatie, daarom is er juist behoefte aan boeien die hierover gegevens kunnen verzamelen. WaveDroid biedt een goedkoop alternatief in vergelijking met conventionele boeien.”

Een Nederlandse baggeraar hapte meteen toe en besloot de WaveDroid te testen op een van hun projecten. Nu, twee jaar verder en een schat aan ervaring rijker, staat de volgende mijlpaal voor de deur: de introductie van een nieuwe versie van de WaveDroid. De telefoon is vervangen door zelf ontwikkelde elektronica, wat de deur opent naar een lange batterij levensduur, zonne-energie en satellietcommunicatie. **AS**





# Visie

Dr. Przemyslaw Pawlczak, onderzoeker bij de afdeling embedded software (EWI) voorziet een wereld vol sensoren. Deze zorgen voor gemak maar tasten ook de privacy aan.

“**I**n de toekomst leven we in een web met overal verschillende sensoren die alles meten wat je kunt bedenken. We zijn al gewend aan sensoren in smartphones en thermostaten. Straks krijgen ook stoelen sensoren, tafels, gangen, microfoons, temperatuursensoren, en snuffelaars voor geuren. De technologie bestaat al, maar is vaak nog te duur. Als ze goedkoop genoeg worden, kun je sensoren straks als een *smart dust* uitstrooien vanuit een vliegtuig. Zulke sensoren communiceren over grote afstand en ze oogsten energie uit radiogolven uit de lucht.

Het idee van smart dust werd in de jaren negentig ontwikkeld. Het was een manier om in onbekende gebieden te surveilleren tijdens de oorlog in Irak en Afghanistan. We hebben al *wireless sensor nodes*, maar die zijn zo groot als een smartphone. Nu de technologie verder ontwikkeld is, worden de sensoren steeds kleiner. *Smart* is het al wel, maar nog niet het formaat van *dust*, van stof. Dat komt zeker nog.

Ik ontwikkel met een start-up autonome units die hun energie uit wifi-signalen halen. We zijn nog niet zover dat ze ook sensoren kunnen voeden, maar ons doel is een batterijloze smartphone. Dat duurt nog twintig tot dertig jaar. Een sensor die alleen een temperatuur meet bijvoorbeeld,

of alleen geluid en dat niet continu maar elk kwartier, die kunnen we wel bouwen. Hoe meer functionaliteit je toevoegt, hoe meer energie het vraagt. Sensoren moeten klein zijn, slim, betrouwbaar en liefst biologisch afbreekbaar. Voor de ontwikkeling van smart dust is een samenwerking

nodig tussen mensen met verstand van informatica, communicatie, micro-elektronica en *parallel processing*. Het probleem is niet alleen de technologie, maar ook de privacy. Meer sensoren betekent meer informatie over een individu. Dat wil niet iedereen. In Duitsland bijvoorbeeld is er een grote rel losgebroken naar aanleiding van een proef met gezichtsherkenning op het station.

Overal sensoren betekent ook volledige controle. Is er nog plaats voor verrassing en uitdagingen? Nee, want de staat of het bedrijf weet direct alles van je, ze bemeten je continu.

Wat kun je dan nog bedenken om jezelf te beschermen? Er zullen sensorvrije zones moeten komen. Misschien niet op het station, maar bijvoorbeeld in het bos of op het strand. Het dilemma is dat mensen graag de buienradar gebruiken, dus is de privacy daar al snel weer weg. Dat zie je nu al bij browsergebruik. Je kunt de cookies uitschakelen, maar dan krijg je geen informatie meer. Er bestaat een spanning tussen gemak, privacy en informatie. Naarmate er meer sensoren bijkomen wordt het moeilijker en moeilijker om je privacy te bewaren.”





‘Energie-  
transitie  
complex?  
Ga wat doen!’



Hoogleraar engineering systems design in energy  
Paulien Herder kreeg tijdens de opening van het collegejaar  
de Leermeesterprijs 2017 van het Universiteitsfonds.  
“Ik ben niet báng dat iemand anders ons onderzoek ook gaat  
doen, ik hóóp het juist.”

TEKST CONNIE VAN UFFELEN FOTO'S SAM RENTMEESTER

**W**at leert u studenten?  
 “Ik heb vooral bijgedragen aan het ontwerponderwijs van TBM. In de laatste jaren was ik verantwoordelijk voor het mastervak energiesysteemontwerp. We leiden studenten op in het ontwerpen van energiesystemen en energiemarkten. Het is belangrijk dat studenten begrijpen hoe de industrie werkt, hoe je met elektriciteit brandstoffen kunt maken en hoe je gas weer omzet in elektriciteit.”

**Eén van de redenen waarom studievereniging Curius u voordroeg was dat uw colleges positieve feedback krijgen. Hoe krijgt u dat voor elkaar?**

“Ik sta als mezelf voor de klas en ik probeer altijd mijn enthousiasme voor bepaalde onderdelen van het vak over te brengen. Er zijn stukken waar ik van zeg: beetje saai, maar daar we moeten met zijn allen even doorheen. Daar vind ik geen doekjes om. Ik probeer altijd iets van mezelf als mens te laten zien.”

**Hoe doet u dat?**

“Ik verwerk het niet in het vak, maar ik heb het er even over in de pauze. Dan zeg ik dat ik gesport heb, of ik zeg: ‘Jongens, ik ben morgen wat later want ik moet mijn kind naar school brengen.’ Zo zien ze dat ik een normaal leven heb. Ik vertel ook wel eens dat ik naar popconcerten ga. Beetje delen wat je zoal doet in het leven, dat vind ik leuk.”

**Heeft u zelf voorbeelden van leermeesters?**

“Een van mijn promotoren zei ooit tegen mij: ‘Je moet je licht niet onder de korenmaat zetten.’ Je moet laten zien wat je kunt en belangeloos je kennis delen met anderen. Ik ben hopelijk altijd gericht op samenwerken. En ik ben niet bang dat iemand anders ons onderzoek ook gaat doen, ik hóóp juist dat dit gebeurt. Ik houd van mensen die de koek groter proberen te maken. Maar om nu te zeggen dat ik één leermeester heb aan wie ik mijn doen en laten ophang? Nee. Mijn promotoren Johan Grievink en Margot Weijnen hebben een duidelijke basis gelegd voor systeemdenken en multidisciplinair samenwerken. Dat heeft invloed gehad op wat ik de rest van mijn twintig jaar hier gedaan heb.”

**U bent lid van het nationale TopTeam Energie. Wat is je missie binnen dat team?**

“Dat TopTeam bestaat uit vier mensen en ik ben de representant van de kennisinstellingen, met

de prachtige, maar ietwat ronkende titel *captain of sciences*. Mijn rol is het laten meedoen van kennisinstellingen aan energietransitie. Ik zie het als mijn missie om ook daar die koek groter te maken en niet te vervallen in allerlei kleine, leuke projectjes. Ik ben nu aan het rondreizen door Nederland om te proberen een nationaal programma van de grond te krijgen. In mijn portefeuille zit verder systeemintegratie, sociale innovatie en digitalisering van de energiesector. Daarnaast ben ik verantwoordelijk voor de *human capital agenda*.”

**Wat houdt een human capital agenda in?**

“Mbo, hbo en wo aanjagen om het juiste en goed geschoolede personeel op te leiden voor de toekomst. Met hbo’s richten we platforms op waarmee we ervoor zorgen dat docenten op hbo’s en wo zelf ook heropgeleid worden en allerlei nieuwe technologieën leren. Ik was eens in Dordrecht bij de Duurzaamheidsfabriek, een mbo dat bezig is vooral jongens – de meisjesinstroom blijft

## ‘Soms helpt het om gewoon dingen te doen’

achter, helaas – te leren werken aan de nieuwste technologieën, zoals nieuwe verwarmingsinstallaties. De installatiebranche weet nog niet zoveel van de warmtepomp, dus dit soort scholen helpt nieuwe installateurs te begrijpen wat warmtepompen zijn. Ik word daar blij van.”

**Het CBS meldde vorig jaar dat Nederland binnen de Europese Unie op Frankrijk na het verst verwijderd is van de doelstelling om in 2020 een aandeel van veertien procent duurzame energie te hebben. Wat vind je daarvan?**

“Dat is afschuwelijk en gênant. Het stimuleert mij om daar nog harder aan te werken met de topsector en de universiteiten. Als ik met Europese collega’s op andere universiteiten spreek, valt mij op dat ze zeggen ‘Nederland, ons voorbeeld!’ Ik zeg dan: ‘Heb je recentelijk wel eens naar de cijfers gekeken? Dan is het niet zo goed wat we er van bakken.’ Sommigen kijken daar verbaasd van op. Ze denken ‘Nederland duurzaamheidsland’. We zijn, dacht ik, lang koploper geweest in deze thematiek. Of in ieder geval in ‘het erover hebben’.”

**We hebben het erover maar we doen het niet. Is dat het probleem?**

### CV

Paulien Herder (1971) studeerde scheikundige technologie in Delft en werd in 2009 benoemd als hoogleraar engineering systems design in energy. Ze richt zich vooral op de transitie naar duurzame energievoorzieningen. Ze werd in 2013 voorzitter van het Delft Energy Initiative en in 2014 lid van het nationale TopTeam Energie dat energietransitie wil stimuleren. Als enige Europese wetenschapper is Herder bestuurslid van het Cesun-netwerk: de Council of Engineering Systems Universities. Herder kreeg als eerste vrouw de Leermeesterprijs, bestaande uit vijftienduizend euro en een vliegticket voor een sabbatical. Ze is getrouwd en heeft drie kinderen.



“Ja. Nu zie je gelukkig meer noodzaak. Ga maar gewoon wat doen, zonder tot in de details uit te spellen of het precies zal opleveren wat je hoopt. Soms helpt het om gewoon dingen te doen.”

#### Waar is het misgegaan?

“Ik denk dat het onder meer een gebrek aan urgentie is. CO<sub>2</sub>-problematiek wordt bij ons in de industrie nog niet gevoeld. Als je CO<sub>2</sub> wilt uitstoten moet je daarvoor betalen, maar de prijs voor die rechten is heel laag. Waar Nederland ook last van zou kunnen hebben is dat we een enorme industrie hebben die niet allemaal in Nederlandse handen is. Dan wordt onderhandelen over maatregelen voor energietransitie veel complexer. Verder is het Nederlandse energiesysteem van zichzelf erg complex en verstrengeld. De chemie hangt aan elektriciteit, hangt aan warmte, hangt kortom met alles samen. Dan kun je het *waiting game*-effect krijgen: wie begint er? Als je aan dit touwtje trekt, wat gebeurt er dan daar? Het is bijna een soort verlamming. Niemand durft te beginnen, omdat niemand het hele probleem kan overzien.”

#### Waarom staan andere landen er beter voor?

“Soms is het politieke wil. Duitsland is natuurlijk hét bekende voorbeeld waar veel zonne-energie is ingevoerd, met *feed in*-tarieven. Dat zijn door de overheid vastgestelde bedragen waarvoor mensen die hun eigen zonne-energie opwekten dat konden ‘terug voeden’ aan het net. Zo kun je je eigen investering terugverdienen.

#### Hoe moet het verder?

“Wij zeggen: zet een stip aan de horizon. Zoals: wij willen over twintig jaar duurzame brandstoffen kunnen maken voor een kostprijs van zoveel euro. Of: wij willen in Nederland over zoveel jaar geen gas meer hebben in de woonwijk. Gewoon een ambitieuze missie neerzetten en daar een groot programma op draaien met andere kennisinstellingen en bedrijven. Dan gaat het in ieder geval bewegen. Het kan dus zijn dat het te complex is en mensen denken: ‘Help, ik doe niks’. Ik zou liever hebben: ‘Energietransitie complex? Ga wat doen!’”

**Er was al een doelstelling. Begin dit jaar stond in een rapport van EU-commissaris voor energie Maros Sefcovic dat Nederland te weinig investeert in duurzame energie en daardoor zijn nationale doel niet gaat halen. Bent u het met hem eens?**

“We hebben weinig ruimte in Nederland. Wind op land kun je plannen als overheid, maar met onze bezwaarprocedures duurt het erg lang. Uitgebreid invoeren van zonne-energie in het platteland, zoals in Duitsland: wijs maar aan waar dat moet. We hebben een grote ruimtelijke-planningsproblematiek. Dat lijken allemaal smoesjes om te zeggen dat we het niet halen, maar die problematiek is er wel. Nu lijkt de stap richting offshore windparken, waarvan de kostprijs daalt, een goede om die percentages renewable energy te gaan halen.”

#### We hebben toch ruimte buiten de Randstad?

“Dat valt tegen, want we moeten aan akkerbouw doen, we vinden dat we koeien nodig hebben, en we hebben recreatie nodig. Op de Noordzee waar we offshore wind plannen, daar zit ook visserij, recreatie, scheepvaart. Allerlei belangen. Het is politiek. Die belangen bijten elkaar, maar je kunt niet vanuit één oogpunt energie duurzaam invoeren en zeggen: nu gaan we de Noordzee claimen. Dat gaat niet.”

#### Moeilijke overwegingen.

“Ja, maar wij leiden onze studenten daarvoor op en die gaan het hopelijk allemaal oplossen.” (Lacht) “Zij zien het energiesysteem als een samenhangend systeem. Wat betekent invoering van zonne-energie voor bestaande gas- en kolen centrales? Welke impact heeft die technologie op andere technologie? Wat kan een overheid doen met regels? Die manier van denken leren we ze en die is nodig om door deze transitie heen te komen.” <<

# Metaalschuim maakt windturbines stiller

Een poreuze metaalstructuur aan het uiteinde van de bladen kan het lawaai van windturbines verminderen. Promovendus Alejandro Rubio Carpio liet dat afgelopen zomer zien op het congres Inter.Noise in Hong Kong.

‘**L**awaai laten zien’ was in dit geval letterlijk omdat Rubio Carpio (luchtvaart- en ruimtevaarttechniek) werkt met een opstelling die de bron van geluid zichtbaar maakt. De opstelling bestaat uit 64 microfoons die in een spiraalvorm zijn aangebracht op een metalen rooster. Ir. Christaan Vlemmix bouwde het als afstudeerproject. Reconstructiesoftware berekent uit de faseverschillen van de verschillende microfoons de positie van een geluidsbron in een tweedimensionaal vlak. Hoe groter de afstand tussen de microfoons, hoe preciezer de plaatsbepaling is. In dit geval, bij een rooster van twee bij twee meter, bedraagt de resolutie ongeveer een millimeter. De opstelling waar Rubio Carpio mee werkt, staat in de verticale windtunnel van de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek. Speciale schuimstructuren gaan hier de reflectie van geluid tegen, net als in een geluidsdode kamer. Een krachtige luchtstroom strijkt met 70 tot 140 kilometer per uur langs een 40 centimeter breed stuk van een windturbineblad. Op ongeveer twee meter afstand staat het metalen rooster met 64 microfoons het



Metaalschuim dat wordt gebruikt voor geluidsisolatie van windmolenbladen.

geluid te analyseren. Het resultaat is een tweedimensionale kaart waar per punt de geluidsdruk (*sound pressure level*) in decibel (dB) in een kleurcode verschijnt. De hoogste geluidsdruk (61 dB) komt van het midden van het blad, en het valt snel af tot 55 dB over de afstand van enkele decimeters. De filters zijn ingesteld voor de bandbreedte van een derde octaaf rond 1600 Hertz.

#### DUITS SCHUIM

Het idee dat metaalschuim het geluid van windturbinebladen kan verminderen komt van het Duitse onderzoeksinstituut voor lucht- en ruimtevaart DLR. Dit is de eerste keer dat er systematisch onderzoek is gedaan naar materiaal met verschillende dichtheden en onder verschillende invalshoeken van de luchtstroming.

Uit de voorlopige resultaten die Rubio Carpio in Hong Kong presenteerde blijkt dat in het gunstigste geval de geluidsdruk over de hele frequentieband

In het gunstigste geval neemt de geluidsdruk over de hele frequentieband met vijf tot zes decibel af

met vijf tot zes decibel afneemt. 3 dB betekent de helft aan geluid, 6dB een kwart, min 6dB zou dus een afname van het lawaai betekenen met drie-kwart.

Daarbij tekent de onderzoeker aan dat het geluiddempende effect afhangt van de invalshoek van de luchtstroom. Valt de luchtstroom onder een grotere hoek in, dan worden lagere frequenties minder gedempt en hogere frequenties juist meer. Die verschillen zijn groter bij de meer open varianten van het metaalschuim.

Rubio Carpio werkte bij zijn onderzoek met industrieel vervaardigd metaalschuim met poriegrootten van 0,45 mm, 0,6 mm en 0,8 millimeter. In vervolgonderzoek - hij heeft nog drie jaar te gaan in zijn promotieonderzoek



De opstelling waar Alejandro Rubio Carpio mee werkt staat in de verticale windtunnel waar speciale schuimstructuren de reflectie van geluid tegengaan.

bij professor Sybrand van der Zwaag - is Rubio Carpio van plan het effect te meten van niet-homogeen metaalschuim dat bijvoorbeeld bij het vaste deel van het blad dichter is dan aan de rand. Hij zou aan het eind van zijn onderzoek graag een optimale topologie van metaalschuim kunnen geven dat onder bepaalde condities de optimale demping oplevert.

Metaalschuim wordt nu nog niet toegepast om windturbines stiller te ma-

ken, maar de onderzoeksgroep aerospace structures and materials verwacht dat dat over vijf tot tien jaar het geval zal zijn.

*Alejandro Rubio Carpio, Roberto Merino Martinez, Francesco Avallone, Daniele Ragni, Mirjam Snellen, Sybrand van der Zwaag, 'Broadband trailing edge noise reduction using permeable metal foams', Conference paper Inter.Noise, Augustus 2017.*





# Meten en regelen in de protonenkliniek

Protonenkliniek  
HollandPTC (Holland  
Protonen Therapie  
Centrum) opent begin  
volgend jaar. Delft Integraal  
kreeg alvast een rondleiding.  
“We moeten hier volgens  
de kunst van de regels aantonen  
dat protonen het beste zijn.”

“**E**en gaatje boren en een kabeltje trekken kan hier niet”, zegt klinisch fysicus Nienke Holtzer. Ze overdrijft niet: een gangenstelsel met muren van maar liefst drie meter dik beton voert ons zigzaggend naar het hart van de protonenkliniek. We lopen door de catacomben van HollandPTC. Met ferme pas leidt Holtzer ons naar het cyclotron. Ze draagt een sensor die bijhoudt hoeveel ioniserende straling we oplopen. Al dat beton – zes meter in totaal door de slingerende opzet van de gangen -

In de verte sleutelen vaklieden aan de buis die uit het cyclotron komt. Enige haast is geboden. Over enkele maanden opent de kliniek haar deuren. De buis is omgeven door elektromagneten. De magneten bundelen de protonen en geleiden ze naar de behandelkamers.

HollandPTC, opgericht door het Erasmus MC, het LUMC en de TU Delft, zal de eerste protonenkliniek in Nederland zijn. Ook in Groningen en Maastricht worden centra voor protonentherapie gebouwd. Het poliklinische centrum is ook be-

de campus te hebben, en nog wel een voor hoogtechnologische behandelingen. We hebben zometeen een fysieke plek waar medici en fysici bij elkaar komen. Bij de koffieautomaat ontstaan ideeën die je niet achter een bureau kunt bedenken.”

Schaart is heilig overtuigd van de meerwaarde van protonentherapie. “Dat heeft puur te maken met de inherente fysische logica, met de Bragg-piek.” Dat vergt enige uitleg. Fotonen geven direct nadat ze het lichaam ingestraald worden een groot deel van hun energie af. Dat betekent dat het gebied dat voor de tumor ligt, wordt blootgesteld aan een hoge dosis. Bij protonen is de energieafgifte vlak onder de huid juist laag. De afgifte neemt vervolgens exponentieel toe tot een scherpe piek, de Bragg-piek, vernoemd naar zijn uitvinder Henry William Bragg. Door de hoeveelheid energie van de bundel te variëren, kan men de diepte van de piek variëren en op die manier de energieafgifte afstellen op de tumor.



Het supergeleidende cyclotron is zo groot als een tank en tweemaal zo zwaar.

moet de buitenwereld beschermen tegen straling van de deeltjesversneller die protonen uitspuwt met twee derde van de lichtsnelheid. Normaal gesproken dan. Nu staat hij stil. Dat gebeurt niet vaak en het biedt gelegenheid voor een rondleiding aan journalisten. Aan het eind van de gang doemt het supergeleidende cyclotron op, een kolos, zo groot als een tank en tweemaal zo zwaar. Om de negentig ton wegende deeltjesversneller op zijn plek te zetten, verrees vorig jaar een van de grootste kranen in Europa op het bouwterrein op de campus, achter het reactorinstituut in Delft.

doeld voor wetenschappelijk onderzoek naar de effectiviteit van de therapie, beeldvorming en het gedrag van materialen in protonenbundels.

#### IDEËN BIJ DE KOFFIEAUTOMAAT

Voor dr.ir. Dennis Schaart, hoofd van de nieuwe onderzoekssectie medical physics & technology (TNW) en verbonden aan HollandPTC, kan de opening niet snel genoeg zijn. Hij is de ‘kwartiermaker protonen’ binnen de TU Delft. “Ik werk al twintig jaar in de medische fysica”, zegt Schaart. “Het potentieel zit hem in de details. Het is voor ons een novum om een kliniek op

#### MINDER SCHADELIJK VOOR KINDEREN

In het buitenland worden vooral patiënten met tumoren in weefsel dat extra kwetsbaar is voor straling - zoals rondom het oog en de hersenen - bestraald met protonen. Ook voor kinderen zouden protonen minder schadelijk zijn. Zij hebben veel delende cellen die extra gevoelig zijn voor straling.

Toch is sluitend bewijs dat protonen beter zijn dan fotonen nog niet geleverd. Dat kan pas als jarenlang behandelingen hebben plaatsgevonden op duizenden patiënten volgens strakke protocollen die in talloze klinieken identiek zijn. “We moeten die meerwaarde volgens de regels der kunst aantonen. Daarvoor gaan we nauw samenwerken met de andere protonenklinieken in Nederland”, zegt Schaart. “Een rol van de TU is bovendien om die meerwaarde nog te vergroten. Mogelijkheden voor verbetering lig-

gen onder meer op het terrein van de beeldvorming. We doen onderzoek naar beeldvorming in 4D, dus met de tijd erbij. We willen de tumoren en de Bragg-piek van de protonen in beeld hebben tijdens de bestraling. Meten en regelen, daar kunnen we natuurlijk wat mee aan de TU.”

Vlakbij het cyclotron brandt groen licht. ‘Area Insecured’ staat verrassend genoeg onder de lamp vermeld. “Maak je geen zorgen”, zegt Holtzer. “Die boodschap betekent dat de ruimte niet meer is gezekeerd, omdat hier mensen zijn. Het cyclotron kan dus niet in gang worden gezet.”

De buis uit het cyclotron maakt na een paar meter een scherpe bocht naar links. Rechts daarvan is de muur bedekt met een dikke laag barietstenen. Daar knallen de protonen tegenaan die uit de bocht vliegen.

“De protonenstraal moet opgeschoond worden”, licht Holtzer toe. “Het is een vuile bundel bestaande uit deeltjes met verschillende snelheden. De curve in de buis zorgt ervoor dat alleen die protonen overblijven die de gewenste snelheid hebben.”



Nienke Holtzer

in Trento in Italië. De apparatuur is daar exact hetzelfde als hier.”

En toch is het geen *plug and play*, benadrukt klinisch fysicus Petra Trnkova, een van de buitenlandse experts. Zij werkte tot voor kort aan protontherapie aan het Zwitserse Paul Scherrer Institute. “We moeten de machines goed kalibreren en testen”, zegt Trnkova. “Dat laatste doen we met fantomen. Dat zijn objecten waarmee we

het weefsel van patiënten simuleren.” Het eerste jaar zullen de medici in Delft voornamelijk patiënten behandelen met tumoren in het hoofd-halsgebied. “Voor een specifieke groep patiënten met tumoren in dit gebied verwachten we dat protontherapie een meerwaarde heeft”, zegt Holtzer. HollandPTC-communicatieadviseur Majella de Spaey knikt instemmend. “We willen geen te hoge verwachtingen wekken. Wij krijgen telefoontjes van mensen die vragen of ze op een wachtlijst mogen. Maar het is voor veel soorten kanker nog helemaal niet gezegd dat bestraling met protonen effectiever is dan met fotonen.”

De tour gaat verder naar een van de drie behandelkamers. Ook deze ruimte is van de buitenwereld afgesloten met zes meter beton: twee muren van ieder drie meter dik. Het beton is hier mooi afgewerkt met houten panelen en het licht is zacht en prettig. Diezelfde lijn is doorgezet tot in de behandelkamer. De aandacht voor vormgeving is belangrijk, meent De Spaey. “We denken dat het voor patiënten behoorlijk indrukwekkend kan zijn als ze hier voor het eerst komen. Zeker als de medisch laboranten zich uit de ruimte terugtrekken en je alleen achterblijft om de protontherapie te ondergaan.”

#### ROBOTARM UIT DE AUTOINDUSTRIE

Midden in de kamer staat een robotarm, afkomstig uit de auto-industrie. Aan die arm komt een plaat waarop de patiënt gefixeerd wordt. De robotarm kan de patiënt twee kanten op bewegen. Eerst schuift hij hem in een CT-scanner om de tumor nog eens in kaart te brengen. Vervolgens schuift de robot de patiënt onder de protonenbundel.

De protonenbundel komt uit een zogeheten *gantrie*, een apparaat met een diameter van negen meter. Dit cirkelvormige gevaarte kan 360 graden om de patiënt draaien. Met magneten richt hij de protonen zo nauwkeurig mogelijk op de tumor.

Van de machine ziet de patiënt niet veel. Slechts een tipje ervan steekt uit in de behandelkamer. “Daar komen nog BMW-afwerkstukken voor”, zegt De Spaey. Autofabrikant BMW heeft gewerkt aan de vormgeving van de ruimte. Nienke Holtzer opent een deurtje naast de behandeltafel. We komen in de achterkant van de ruimte van de huizenhoge gantrie. “In Baltimore tonen de medici dit apparaat aan de patiënten”, zegt Holtzer. “Het geeft ze het gevoel dat ze in goede handen zijn. Wellicht gaan we dat hier ook doen.”

<<

## Zes meter beton moet de buitenwereld beschermen tegen straling van de deeltjesversneller

De stralingsmeter geeft één microsievert aan als we weer buiten staan. Dat is vergelijkbaar met de dosis straling die je in hetzelfde tijdsbestek oploopt als je buiten bent.

#### TESTEN MET EEN FANTOOM

Een spannende tijd breekt aan voor Holtzer en haar collega's. “Voor het eerst maak ik nu het hele proces vanaf het begin mee; het afstellen van de apparatuur en uitstippelen van de protocollen”, zegt Holtzer. “We hebben mensen uit het buitenland gehaald die ervaring hebben met protonen. En we hebben trainingen gevolgd bij protonklinieken in Baltimore in de VS, en

## PERSOONLIJK

**Bojk Berghuis**, die vorig jaar promoveerde bij het Nynke Dekker Lab (Kavli Institute of Nanoscience), zal de komende 24 maanden op het Department of Bioengineering op Stanford University (VS) trachten microbiële genomen te ontmaskeren met microfluidische chips. Deze bevatten namelijk een schat aan medisch- en biotechnologische relevante informatie. Hij kreeg hiervoor een Rubicon-beurs.

De European Research Council heeft vier Delftse wetenschappers beloond met in totaal anderhalf miljoen euro aan onderzoeksgeld. **Wilson Smith** onderzoekt de conversie en opslag van zonne-energie met materialen en chemische stoffen die in overvloed aanwezig zijn op aarde. **Lidewij Laan** zal onderzoeken hoe adaptieve mutaties in gistcellen hun fitheid verbeteren om ons zo beter inzicht te geven in de evolutie van organismen. **Monique van der Veen** heeft een project dat is gericht op het ontwerpen van ferro-elektrische materialen. **Manuel Mazo** probeert de kosten te verlagen van implementatie en onderhoud van zogenaamde cyber-fysieke systemen. Dit zijn digitale systemen die complexe fysieke processen regelen, zoals chemische reactoren of powernetwerken.

**Anka Mulder** stopt per 1 januari 2018 als lid van het college van bestuur bij de TU Delft. Ze wordt collegevoorzitter bij Saxion Hogeschool. Hierdoor krijgt Saxion als enige hogeschool in Nederland een volledig vrouwelijk college van bestuur. Mulder was sinds april 2013 vice-president education & operations binnen het Delftse college van bestuur en daarvoor negen jaar directeur van de dienst onderwijs & studentenzaken.

## COLUMN

# Sensor? Pas op!

Iemand doden door zijn pacemaker te hacken. Ik zag het voor het eerst in de televisieserie Homeland en vond het toen nog een behoorlijk vergezocht verhaalelement.

Totdat ik onlangs op een nazomeravond terecht kwam op de website van de Amerikaanse gezondheidsautoriteit FDA, die patiënten met bepaalde typen pacemakers adviseerde bij hun ziekenhuis een afspraak te maken voor een software-update van hun implantaat. Waarom?

De beveiliging van het ding was lek, waardoor hackers vanaf afstand de batterij konden laten leeg lopen of de hartslag op hol laten slaan.

In de Verenigde Staten betrof het bijna een half miljoen pacemakers.

Ook in Nederland dragen mensen pacemakers van het bewuste merk St Jude Medical, later omgedoopt tot Abbott. Hackers hadden voor zover bekend nog geen misbruik gemaakt van het lek, maar voor mensen met een pacemaker moet dergelijk nieuws toch voelen alsof ze een grote aan/uitknop op hun borst hebben zitten, die iedereen die daar zin in heeft zomaar kan indrukken.

Ik snap goed dat het reuzehandig kan zijn als medische apparaten kunnen communiceren met internet, smartphones en andere ict. Dan kunnen artsen en patiënten de prestaties makkelijker uitlezen en indien nodig instellingen wijzigen. Maar aanzien geen enkel systeem compleet waterdicht te maken is voor hackers, is het volgens

mij goed voor fabrikanten en consumenten om zich de vraag te stellen: voegt aansluiting op internet hier echt iets toe, gegeven de risico's? Het modewoord van de laatste jaren in ict-land is 'Internet of Things': alles aansluiten op alles, waarbij alles met alles kan communiceren. Een zonnepaneel alleen gebruiken om energie op te wekken? Zonde! Geef de omvormer een wifi-verbinding, zodat je vanaf kantoor live op je smartphone kan meekijken hoeveel de panelen thuis opbrengen.

Klinkt leuk, kost weinig, waarom niet? Nou, omdat die zonnepanelen dus óók gehackt kunnen worden, ontdekten twee van mijn Volkskrant-collega's afgelopen zomer. In hun onderzoeksartikel schetsen ze hoe hackers massaal zouden kunnen inbreken op slecht beveiligde zonnepanelen, waardoor de stroomvoorziening van hele steden in gevaar kan komen.

Met dat in het achterhoofd begin ik me ook steeds meer zorgen te maken over de technologische veranderingen in auto's. Alles elektrisch, boordcomputers draadloos verbonden met de hele wereld; daar gaat het naartoe. Zo las ik laatst een recensie van de Tesla Model 3, die elektrisch rijden betaalbaar moet gaan maken voor grote groepen autorijders. Tesla-baas Elon Musk ziet die auto als een soort iPhone op wielen, waarbij je met apps en updates weer nieuwe trucjes kunt installeren.

Een auto om bij weg te dromen, ook voor hackers.

Tonie Mudde is chef Wetenschap bij de Volkskrant. In Delft studeerde hij luchtvaart- en ruimtevaarttechniek.



# Na Delft

Douwe Lycklama wilde manager worden, switchte naar elektrotechniek maar eindigde toch als manager. “Ondernemen is kansen grijpen.”

Hij switchte naar elektrotechniek aan de TU, om vervolgens na zeven jaar productmarketing bij Philips (“consumentenelektronica-innovatie, er was echt wel een link”) en wat omzwervingen alsnog te eindigen als manager. “Wees niet bang om een diep technische opleiding uit de weg te gaan”, wil Douwe Lycklama maar zeggen. “Met een technische opleiding ligt de wereld aan je voeten. De koppeling tussen wat je studeert en later gaat doen, is niet zo sterk als je denkt.”

Hij werkt zich een ongeluk, maar zo voelt het zeker niet, benadrukt hij. Zijn bedrijf Innopay is een consultancybureau op het gebied van digitale transacties. Betalingen, digitale identiteit en de toenemende waarde van data, zijn “helemaal zijn ding”, zegt Lycklama. “Ik bepaal zelf waar het naartoe gaat.” Zo doet Innopay strategisch onderzoek, productontwikkelings- en implementatieprojecten voor financiële instellingen, overheden en webwinkels. Sinds de oprichting in 2002 is het bedrijf uitgegroeid tot marktleider in Nederland en een internationale speler met vestigingen in Amsterdam, Frankfurt, Berlijn en binnenkort Stockholm. Er werken meer dan veertig man, en het concern is groeiende. Wapenfeit: in 2004 hielp Innopay mee aan de ontwikkeling van iDEAL.

“Bedrijven krijgen meer te maken met digitale transacties, nu vaak zonder dat ze zich ervan bewust zijn. Wetgeving wordt steeds strenger op datagebied, en dat raakt de klantervaring. Daardoor zijn we veel bre-



**Naam:** Douwe Lycklama (52)  
**Woonplaats:** Abcoude  
**Burgerlijke staat:** Getrouwd, 3 kinderen van 20, 18 en 15  
**Opleiding:** Elektrotechniek  
**Vereniging:** Delftsch Studenten Corps  
**Functie:** Mede-oprichter (2003) en directeur van Innopay, dat onder meer betrokken was bij de ontwikkeling van elektronisch betaalsysteem iDEAL

Foto: Sam Peetmeester

der geworden. Helpen bijvoorbeeld ook de OV-sector, in het betalen via je mobiel. We gaan toe naar een wereld waarin mensen steeds bewuster omgaan met de informatie die ze vrijgeven op internet, er ligt een wereld

‘We gaan toe naar een wereld waarin mensen steeds bewuster omgaan met de informatie die ze vrijgeven op internet’

voor ons open. Voor de logistieke sector werken we aan iSHARE: het gemakkelijk van data delen tussen de vele partijen die betrokken zijn bij vaak internationale goederen- en geldstromen.”

“Ik was een gemiddelde student”, zegt Lycklama. “Haalde mijn vakken, maar was ook druk naast mijn studie.

Met schrijven voor universiteitsblad Delta bijvoorbeeld, en het organiseren van een studiereis in 1987 naar Korea en Japan van de Elektrotechnische Vereniging. “Uit dat laatste clubje ontstond mijn eerste echte bedrijf: Kojac. Het bestaat nog steeds. Jaarlijks komen we bij elkaar, inmiddels een hele groep. We zetten het destijds op als doorgeefbedrijf; na je studie moest je je eigen opvolging regelen. Nu is het uitgegroeid tot een uitzendbureau voor studentprogramma’s.”

“Ondernemen is kansen herkennen en grijpen wanneer die zich voordoen”, vindt Lycklama. “Over vijftien jaar ben ik nog steeds bezig met het vormgeven van de transactionele toekomst. Alleen dan waarschijnlijk weer een stap verder. Hierover komt begin volgend jaar ons eerste boek uit.” **JB**

# Over en uit voor de verbrandingsmotor?

In het kielzog van Tesla richten steeds meer autofabrikanten zich op elektrisch rijden. Onlangs werd zelfs het eerste elektrische vliegtuig aangekondigd. Is het echt over en uit voor de verbrandingsmotor?

**H**ij ziet er keek uit, de Wright One, het eerder dit jaar (op papier) gepresenteerde elektrische vliegtuig dat met 150 stoelen de concurrentie met de Boeing 737 moet aangaan. Over tien jaar moet het zover zijn. Maar hoe realistisch is het te verwachten dat op die termijn de vliegtuigturbine werkelijk een milieuvriendelijker alternatief krijgt?

Eigenlijk wil Alexis Bohlin, onderzoeker bij de groep flight performance and propulsion van Lucht- & Ruimtevaart er niet teveel woorden aan vuil maken. De energie-inhoud per kilogram van kerosine is nog altijd zestig keer hoger dan de beste batterij. Dat weegt niet op tegen de hogere efficiëntie van de elektrische motor. Een elektrisch vliegtuig wordt simpelweg te zwaar. “Dat betekent niet dat we geen werk maken van milieuvriendelijker vliegen”, benadrukt Bohlin. “We verwachten immers dat het vliegverkeer zal blijven groeien en de luchtvaartsector zal haar verantwoordelijkheid moeten nemen.”

## FEMTOSECONDE

Bohlin ontving onlangs een Vidi-beurs voor onderzoek dat uiteindelijk moet leiden tot efficiënte verbrandingsmotoren voor betrouwbare biobrandstoffen. Zijn expertise, de optische spectroscopie, komt in beide vakgebieden van pas. “Om het verbrandingsproces efficiënter te maken, moet je het in detail begrijpen”, legt hij uit. “Dat

proces speelt zich in zeer korte tijd af bij zeer hoge temperaturen. Wil je dat kunnen volgen zonder in het proces in te grijpen, dan heb je robuuste, razendsnelle lasers nodig. We hebben onlangs een laser gekocht met een puls frequentie van een femtoseconde. Daaromheen zijn we nu meetapparatuur aan het bouwen. We zullen ook de analysemethoden zelf moeten maken, want dit is volledig nieuw terrein.”

## EVENWICHTIGER

De meetapparatuur moet uiteindelijk precies in kaart brengen hoe de distributie van temperatuur is in de verbrandingskamer. Hoe evenwichtiger die is, hoe beter. Hoge temperatuurpieken zijn namelijk verantwoordelijk voor de productie van stikstofoxiden. Collega's van Bohlin werken aan nieuwe concepten, zogeheten ‘distributed auto-ignition’, voor een motor waarbij brandstof en zuurstof op de juiste temperatuur in de verbrandingskamer worden gebracht, zodat ze spontaan tot ontbranding komen. Dat leidt tot minder hoge pieken.

Bij de ontwikkeling van zo'n motor is het uiteraard handig als de brandstof zelf van een constante kwaliteit is. Anders weet je niet of je variaties in de kerosine of het motorontwerp meet. Maar om luchtvaart werkelijk duurzaam te maken, zal de kerosine plaats moeten maken voor biodiesel. Die moet dan wel van constante kwaliteit zijn.

Vandaag: 20 jaar Think Different: denkt Apple nog steeds anders? Star Trek is terug: nieuwe serie van start op Netflix Apple vervangt Bing door Google  
Bright Minds: de toekomst van 3D-printen



## Dit is het eerste elektrische passagiersvliegtuig

Donderdag 23 maart 2017 15:26

Zelfs elektro-optimisten gaan ervan uit dat lange-afstandsvluchten het domein van de verbrandingsmotor blijven.

“Bij de productie van biobrandstoffen kun je ook van spectroscopie gebruikmaken”, vertelt Bohlin. “Wanneer je in detail kunt bekijken welke moleculen onder welke omstandigheden door welke bacteriën gemaakt worden, stelt dat je in staat een constantere kwaliteit te produceren. Vanuit analytisch oogpunt is dit veel ingewikkelder. Het gas in een verbrandingskamer bestaat uit een beperkt aantal verschillende moleculen. Dat leidt tot heldere pieken in het spectrum. In de vochtige omgeving van een bioreactor is het beeld diffuser.”

Voor deze tak van zijn onderzoek, dat al een patent opleverde, werkt Bohlin intensief samen met biotechnologen op de universiteit. Het onderzoek naar betere biobrandstoffen en vliegtuigmotoren heeft nog iets gemeen: het is voor een aanzienlijk deel *‘discovery based science’*. De

omstandigheden in de brandstofkamer en reactor zijn zo complex dat je niet van tevoren kunt doorrekenen wat er gaat gebeuren. Het is een kwestie van systematisch de mogelijkheden

### Kerosine moet plaats maken voor biodiesel om luchtvaart werkelijk duurzaam te maken

langslopen, de resultaten bestuderen en de op de meest belovende lijnen voortborduren. Dat maakt gedetailleerde analysemethoden zo essentieel.

Op dit moment is het vooral nog fundamentele wetenschap. Beheersen van de femtolaser, inzicht krijgen in de interactie tussen laser en materie, verfijnen van de data-analyse, grip krijgen op de moleculen. Maar het vizier blijft gericht op het uiteindelijke


doel: controle over de productie van biobrandstoffen die ideaal zijn voor gebruik in een nieuwe generatie verbrandingsmotoren. Bohlin kan met het Vidi-geld zijn onderzoek uitbouwen. Hij heeft er alle vertrouwen in.

Dus elektrische vliegtuigen zitten er niet in? Nou ja, misschien over vijftig of honderd jaar, zegt Bohlin. Wright lijkt daar rekening mee te houden, want de ambitieuze bouwer (grotendeels bestaand uit voormalig Nasa-personeel) heeft een hybride vliegtuig in gedachten voor het geval de ontwikkeling van batterijtechnologie een beetje tegenvalt. Mocht het meezitten, dan mikt Wright vooralsnog alleen op korte vluchten. Zelfs de elektro-optimisten gaan ervan uit dat lange-afstandsvluchten het domein van de verbrandingsmotor blijven. <<

# Meer zicht op de zeebodem







Onder water valt nog  
veel te ontdekken.  
Drie onderzoekers van  
TU Delft, Rijksuniversiteit  
Groningen en NIOZ  
brachten afgelopen  
zomer een deel van de  
Noordzeebodem in beeld.

**V**an de Borkumse  
Stenen westwaarts  
over de Centrale  
Oestergronden en  
de Bruine bank naar  
de Doggersbank.  
Dat was de route van onderzoeksschip  
Neptune in augustus, met aan boord  
een aantal wetenschappers.  
De expeditie is onderdeel van het  
onderzoeksproject Disclose en een  
initiatief van de stichting Oceana

(eu.oceana.org) die de bescherming  
van oceanen als doel heeft. Disclose  
is de naam van het project naar  
kwetsbare leefgebieden in de  
Nederlandse Noordzee waarbij TU  
Delft, Rijksuniversiteit Groningen  
(RUG), Koninklijk Nederlands  
Instituut voor Onderzoek der Zee  
(NIOZ) en de Stichting de Noordzee  
betrokken zijn, met ondersteuning van  
het Gieskes Strijbis fonds.  
Promovendus Sarah O'Flynn (NIOZ)

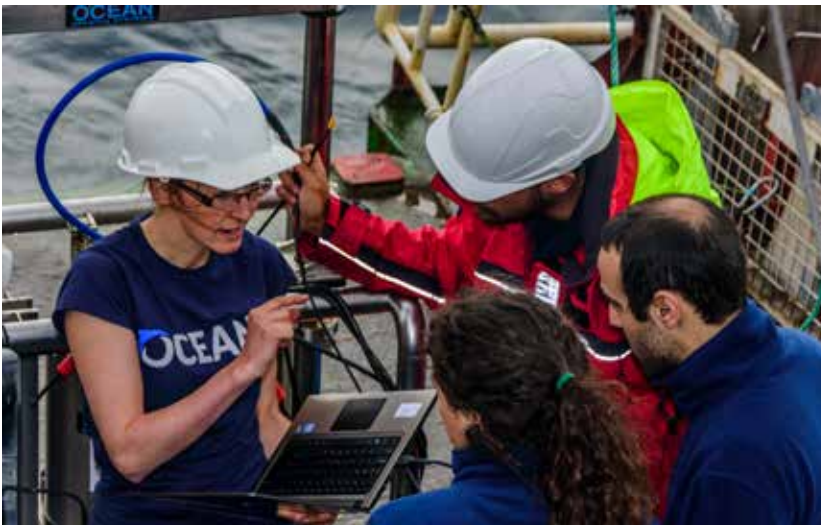
kwam tijdens de expeditie het  
meest letterlijk met de zeebodem in  
aanraking doordat ze bodemonsters  
nam. Daarin vond ze de samenstelling  
van de bodem terug (een mix van  
gravel, zand en klei), en ook de beestjes  
(macrofauna) die er leven. Vooral  
wormen, zeesterren en schelpdieren.  
Als onderzoeker bij het NIOZ wil ze  
meer weten over de verdeling van het  
leven over de zeebodem. >>



Karin van der Reijden (RUG) maakt de gesleepte camera klaar voor onder water.



Leo Koop (in blauw) laat samen met de bemanning de side scan sonar te water.



Sarah O'Flynn (NIOZ) legt resultaten van de sediment profiel camera uit aan bemanning en onderzoekers.

Waarom bevindt zich een bepaalde soort op die plek en elders niet? Karin van der Reijden, promovenda aan de RUG, doet onderzoek naar de verdeling van leven op de zeebodem.

Ze maakt daarbij gebruik van foto- en video-opnamen die ze met een speciaal hiervoor ontwikkelde sleepcamera maakt. Deze camera wordt achter het schip gesleept en zweeft op een meter hoogte boven de bodem. Op de Doggersbank zag ze zand, schelpfragmenten en veel platvis. Rondom een scheepswrak filmde het Oceana-team met een robotonderzeeër verschillende zeevieren en zachte koraal waarin kabeljauw een schuilplaats had gevonden.

### SONARDATA

De Delftse bijdrage aan het project komt van Leo Koop, een promovendus met een Nederlandse naam, maar afkomstig uit Belize (Centraal-Amerika). Koop werkt in de akoestiekgroep van

## De sonar tast stroken van 100 meter breed af, zogenaamde 'swaths'

prof.dr. Dick Simons bij de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek. Koop verzamelde 400 gigabyte aan sonardata.

Daarvoor gebruikte hij twee technieken. De *multibeam echo sounder* is een apparaat van ongeveer een meter lang dat aan de kiel van het schip is bevestigd en dat tot vijftig keer per seconde een 'ping' uitzendt en de reflecties van de zeebodem opvangt. De sonar tast stroken van honderd meter breed af, zogenaamde 'swaths', loodrecht op de vaarrichting. De vertraging in het signaal geeft informatie over de afstand of diepte, de sterkte van het teruggekaatste signaal geeft informatie over de bodemsamenstelling. Harde kiezels geven meer reflectie dan een modderlaag. Daarnaast maakte hij gebruik van een *side scan sonar* die achter het schip ge-

sleept werd op vijf tot vijftien meter boven de zeebodem. “Dichter op de bodem geeft meer details, maar het risico voor een botsing met de bodem wordt ook groter”, vertelt Koop over zijn dilemma.

De sonar onder het schip is gekoppeld aan gps en koppelt exacte plaatsgegevens aan de sonarmetingen. Van de side scan sonar is de plaats niet exact bekend, maar daar staat tegenover dat er meer detailinformatie is door de lagere vaarhoogte.

**VIDEO**

De analyse van de sonardata zal maanden kosten, schat Koop. En daarna volgt er nog een avontuurlijker project. De onderzoekers willen namelijk sonar, video en grondmonsters aan elkaar koppelen.

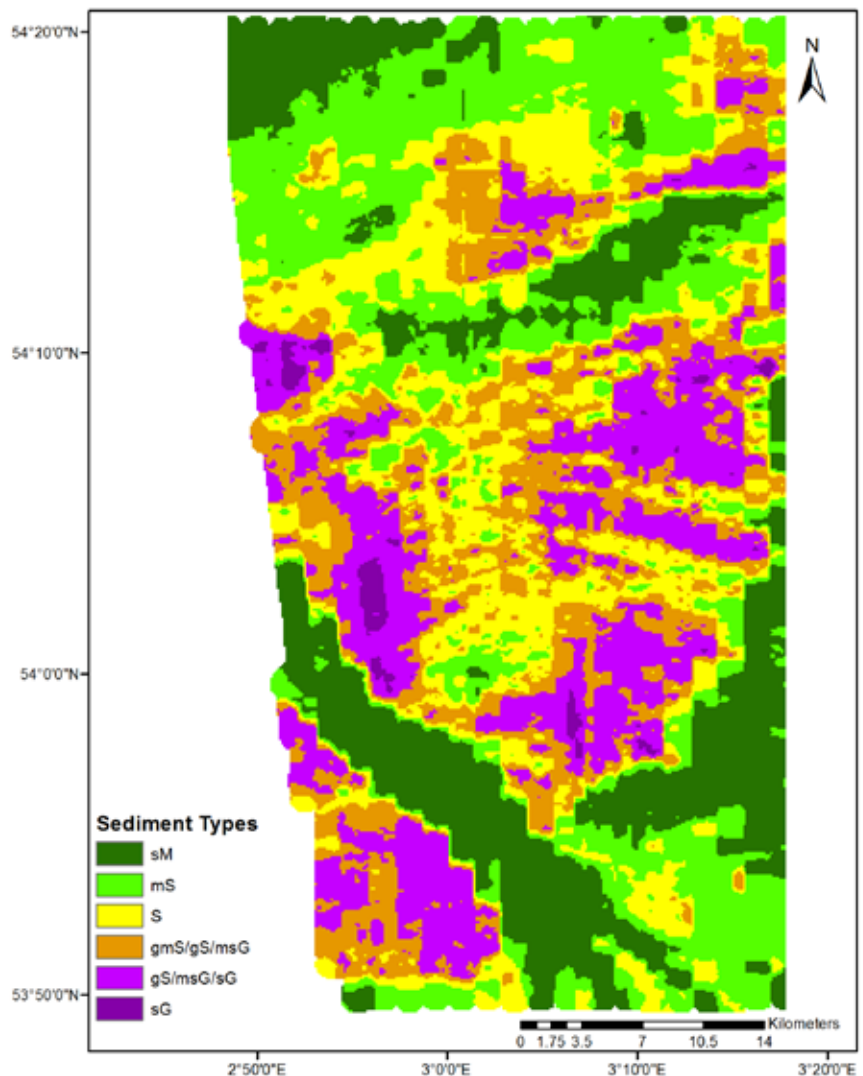
Koop legt uit: “Bodemmonsters geven de meest gedetailleerde informatie over de zeebodem, over de grondsamenstelling en het leven dat zich erin gevestigd heeft. Video bestrijkt een groter oppervlak, maar het bevat minder bijzonderheden. En sonar is waarneming van een nog groter gebied met nog minder details.”

De hoop is dat je via de sonar al stukken zeebodem kunt identificeren waar videobeelden en grondmonsters biologische activiteit hebben aangetoond. En dat spoort ook met de doelstellingen van het Disclose-project, namelijk het identificeren van kwetsbare stukken van de zeebodem. Beleidsmakers kunnen die informatie gebruiken bij het plannen van visserij, scheepvaartroutes, offshore windparken, olie- en gaswinning op de Noordzee, naar het schijnt een van de meest intensief gebruikte wateren ter wereld. <<



Aan boord van de Neptune checkt Leo Koop de instellingen van de multibeam echo sounder.

De meest gedetailleerde bodemkaart van een 25 tot 30 kilometer brede strook van de Klaverbank is een voorlopig resultaat van de missie. De kleuren geven aan welk mengsel van zand (s), modder (m) en gravel (g) aan de oppervlakte ligt. (Beeld: Leo Koop/TU Delft)




 HORA EST

## 'De overheid moet niet alle eigenaren van oldtimers straffen. Slechts een klein deel van de eigenaren maakt veel kilometers'

Yashar Araghi, bestuurskundig ingenieur

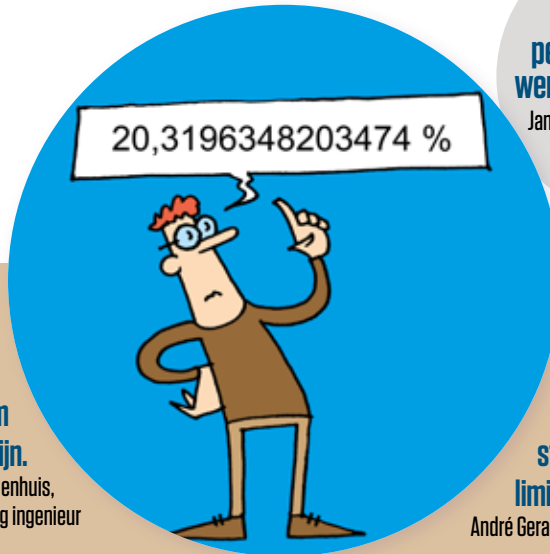
“Oude auto’s vervuilen de omgeving meer dan moderne wagens. Beleidsmakers pleiten er daarom voor om oldtimers te weren uit de steden. Dit is niet eerlijk. Voor mijn promotieonderzoek heb ik onderzoek gedaan naar het autogebruik onder 16 duizend eigenaren van oldtimers in vijftien EU-landen. Ik heb de populatie

onderverdeeld in verschillende gebruikersgroepen. Een van die groepen gebruikt de auto bijna drie maal vaker dan gemiddeld. Deze groep maakt acht procent uit van het geheel. 92 Procent van de eigenaren rijdt alleen bij speciale gelegenheden. Het is oneerlijk om hen te straffen voor het gedrag van de andere acht procent.”

**Het optimale percentage perfectionisten in de wereld ligt rond de 20%.**

Janneke van der Stok-Nienhuis,  
materiaalkundig ingenieur

20,3196348203474 %



**Er is een onterechte druk vanuit de samenleving op hoogopgeleiden om politiek geëngageerd te zijn.**

Janneke van der Stok-Nienhuis,  
materiaalkundig ingenieur

**Rekenkracht is niet de belangrijkste factor die kwantitatieve, statistische data-analyse limiteert, dat is databeheer.**

André Gerard van Turnhout, civiel ingenieur

**Goedkope sensoren zijn niet goedkoop.**

Ruijun Deng, werktuigbouwkundig ingenieur

**Let's make wind great again.**

Carlos Arce León, luchtvaartkundig ingenieur

**Mensen zijn te vindingrijk voor hun intelligentie.**

Gerben Bas, bestuurskundig ingenieur

**Zonneceltechnologieën zullen de planeet niet redden, maar misschien wel de mensheid.**

Dimitrios Deligiannis, elektrotechnisch ingenieur

**Het is makkelijker om zeer jonge kinderen handelingsmogelijkheden te leren dan robots.**

Chang Wang, robot ingenieur

**Improvisatie is een aan te leren vaardigheid.**

Jakob Kammhuber, natuurkundig ingenieur

**De selectie van een gevechtsvliegtuig dient niet te gebeuren op basis van een multi-criteria analyse maar op basis van vergelijking in conflictsituaties.**

Herman Johan Koolstra, luchtvaartkundig ingenieur

# DE ZAAK

Een echt IO-product, vinden Jos Ramselaar en Jurrit Hollands hun fiets. Spaac moet elektrische fietsen hip maken. De fiets met leren zadel en motor is geïnspireerd op motorfietsen uit negentienhonderd.

**H**et kantoor van Spaac zit op een industrieterrein in Den Haag. Er staan fietsen in allerlei kleuren, een zelfs met een zijspan. Aan de muur foto's van motorfietsen en de eerste Spaac-fietsframes. Fietsenmaker *meets* hipster: op tafel staan twee Macs te draaien, koffie komt uit een espresso-apparaat en in de zithoek staan vintage stoelen.

Ramselaar en Hollands leerden elkaar in 2005 kennen bij studentenwind-surfvereniging Plankenkoorts. Na zijn studie werkte Ramselaar bij een ontwerp bureau voor mobiliteit. "Ik dacht er vaak aan hoe ik het anders zou doen. Elektrische fietsen waren toen nog een nieuwe categorie in de fietsenwereld. Jurrit en ik liepen met hetzelfde idee rond. Toen hebben we afgesproken er een dag in de week aan te werken. We maakten ontwerpen in de computer en deden mee met businessplancompetities. Zo begon het balletje te rollen."

"We hebben zelf een frame gefreesd en gelast van constructiestaal", wijst Hollands naar een frame aan de muur. "Daarna spotten we het wit, gewoon, met een spuitbus. Op zoek naar een fabriek die een kleine oplage - dertig frames - wilde produceren, kwamen



**Naam:** Jos Ramselaar en Jurrit Hollands  
**Studie:** Industrieel ontwerpen  
**Bedrijf:** Spaac Motorized Bicycles  
**Product:** Elektrische fietsen  
**Missie:** Iedereen op een Spaac  
**Omzet:** "We zijn net begonnen, dus vrij laag."

**Over vijf jaar:** Een paar duizend fietsen hebben rijden, in Nederland en daarbuiten.

we in Tsjechië terecht. Het is gaaf om iets wat je zelf hebt bedacht, als een fabrieksproduct in je handen te hebben!"

En wat is er nou zo leuk aan fietsen? "Alle vervoersmiddelen zijn interessant, alledaags en mooi", vindt Ramselaar. "Maar door Den Haag rijden met de auto is een ramp. Je kunt beter met de fiets gaan, het liefst een snelle, een elektrische. We willen af van het bejaardenimago. De motor in de fiets is vet, want je kunt vol gas door de stad. Het voelt elke keer als superman als je bij het stoplicht wegfietst." De middenmotor zorgt ervoor dat de kracht op de pedalen zit. Met het om-draaien van de sleutel in het contact gaan zowel de motor als de lichten aan. De fiets telt slechts twee versnellingen, op de naaf, die automatisch schakelen. "We wilden het zo eenvoudig mogelijk houden", aldus Hollands. "Met meer versnellingen zoek je constant naar de beste. Met het automatische schakelen hoef je daar helemaal niet over na te denken. Op zijn hardst haal je 27 kilometer per uur. Verder zijn er geen knoppen of display, je draait de sleutel om en fietst weg."

De twee dromen groot. "In de toekomst willen we internationaal. Denk aan fietssteden als Kopenhagen, Berlijn, Hamburg." "Ja, of Sydney, San Francisco... Daar zijn veel heuvels en kunnen mensen wel een motortje gebruiken." **AVI**

# ALUMNI NIEUWS



## Alumni Activiteiten

### 18-19 oktober

IDE Masterclasses New Product Marketing Masterclasses New Product Marketing

### 23 oktober

4TU alumni event bij Dutch Design Week Eindhoven

### 28 oktober

Leeghwater alumni event in Delft

### 22-23 november

IDE Masterclasses Thing Centered Design

### CONTACT

Vragen, opmerkingen of adreswijzigingen?

Alumni TU Delft:

e-mail: [alumni@tudelft.nl](mailto:alumni@tudelft.nl)

website: [alumni.tudelft.nl](http://alumni.tudelft.nl)

Steun het talent van de TU Delft, word donateur van het Universiteitsfonds Delft: [ufonds@tudelft.nl](mailto:ufonds@tudelft.nl)  
[www.universiteitsfonds.tudelft.nl](http://www.universiteitsfonds.tudelft.nl)  
NL48 ABNA 0441 4822 95,  
ter attentie van 'Universiteitsfonds Delft'.

## Start van het Dutch Engineers Alumni Network in Barcelona

Donderdag 7 september was het start-up event van de Dutch Engineers Alumni Network groep in Barcelona. Marc Zinck (CEO van Subaste de Ocio; Spanjes meest succesvolle start-up) gaf een presentatie over het ontstaan van zijn bedrijf aan alumni van de 4TU, gevolgd door een netwerkborrel.

Het doel van gezamenlijke internationale chapters als deze is het creëren van een platform voor afgestudeerden

van de vier technische universiteiten (TU Delft, TU Eindhoven, TU Twente en Wageningen Universiteit). Onze hoop is dat dit een waardevolle netwerkbron voor alumni is en we moedigen leden aan om de groep te gebruiken voor het delen van zowel prestaties, expertise als informatie. Dit chapter is onderdeel van een veel groter netwerk van bijna 190 duizend afgestudeerden van de vier technische universiteiten in Nederland, die u verbindt met een rijk erfenis van innovatie.

## Life long learning

De komende tijd starten weer diverse massive open online courses (MOOC's), dé manier om op een eenvoudige manier uw kennis bij te spijkeren over de meest uiteenlopende (technische) onderwerpen.

- 17 oktober: Forensic Engineering: Learning from Failures
- 17 oktober: Industrial Biotechnology
- 24 oktober: Globally Distributed Software Engineering
- 14 november: Solar Energy: Photovoltaic Energy Conversion
- 14 november: Quantum Cryptography
- 22 november: Models In Architecture – Design through Physical & Digital Models
- 28 november: Solar Energy: Photovoltaic (PV) Systems

# Paulien Herder ontvangt UfD Leermeesterprijs

Prof.dr.ir. Paulien Herder is sinds 4 september Leermeester van de TU Delft. De hoogleraar engineering systems design in energy ontving die dag de Leermeesterprijs 2017 van het universiteitsfonds Delft (UfD).



**H**et UfD kent deze prijs jaarlijks toe aan een hoogleraar die excelleert in onderwijs én onderzoek, en die inspirerend is voor zowel studenten als promovendi. Paulien Herder is voorgedragen door de decaan, studievereniging Curius, huidige en voormalige promovendi, voormalige MSc studenten, het bedrijfsleven en diverse besturen.

## Maaatschappelijke impact

TBM-decaan Hans Wamelink over de nominatie: “De maatschappelijke impact van Paulien is zeer groot en het verder bevorderen van de energietransitie is een kernthema dat iedereen raakt en dat grote impact zal hebben op toekomstige generaties. Dat wij in ons midden een wetenschapper hebben die aan dit mondiale kernthema op zeer hoog niveau kan bijdragen en dat doet op een manier die verbindt, motiveert, en enthousiasmeert, kunnen we niet ongemerkt laten passeren. Paulien is ook echt een representant van een generatie wetenschappers die zich weinig aantrekt van disciplinaire gren-

zen en de intellectuele kracht heeft om dié grenzen te overstijgen. Het is voor mij overduidelijk dat we hier met een Leermeester van formaat te maken hebben.”

## Universiteitsfonds Delft

Het UfD stelt zich tot doel de TU Delft financieel te ondersteunen in haar ambitie een wereldspeler te zijn op het gebied van onderwijs, onderzoek en talentontwikkeling. Dit doet het fonds door alumni, bedrijven en filantropen te verbinden met de TU Delft.

Wilt u talent van de TU Delft ook ondersteunen? Steun dan het universiteitsfonds Delft met een donatie. Kijk op [tudelft.nl/universiteitsfonds](http://tudelft.nl/universiteitsfonds) voor meer informatie.

*Op pagina 18 vindt u een uitgebreid interview met Paulien Herder.*

*Wilt u dit jaar kans maken op deze beurs ter waarde van 9 duizend euro? Schrijf dan voor 17 april in. Zie [universiteitsfonds.tudelft.nl](http://universiteitsfonds.tudelft.nl) voor de criteria en procedure.*

## EWI alumni, bedankt!

Alberto Gancedo is net begonnen met zijn master elektrotechniek. Hij heeft een buitengewoon leuke ‘studentenbaan’. Met financiële hulp van EWI-alumni en het universiteitsfonds kan hij verder met de ontwikkeling van een draagbaar prototype dat ongewone hersenactiviteit van baby’s detecteert, direct na de geboorte. Hij ontwierp dit apparaat tijdens zijn bachelor. Gancedo: “Het is een apparaat dat de hersenactiviteit van de baby op een eenvoudige manier kan meten en makkelijk storingen kan detecteren. Aangezien een baby kwetsbaar is en niet stil kan liggen, is een standaard kapje met elektroden en draden geen optie. Mijn vinding heeft slechts enkele elektroden, waardoor schade vrijwel uitgesloten wordt. Het apparaat moet klein, draagbaar en goedkoop zijn. Alhoewel ik er nog veel werk aan heb, hoop ik voor het einde van dit lesjaar live metingen te kunnen doen in een ziekenhuis.”

[tudelft.nl/ewi/actueel/humans-of-eemcs/alberto-gancedo](http://tudelft.nl/ewi/actueel/humans-of-eemcs/alberto-gancedo)

# Het lab van...

## Cleanroom bij L&R

Mehmet Sevket Uludag werkt bij Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek aan de Delfi-PQ, een satelliet op zakformaat. Doel van deze satelliet is te proberen de subsystemen zo klein mogelijk te maken en hun mogelijkheden te testen. Het werk vindt plaats in de cleanroom om de satelliet te beschermen tegen ongewenste deeltjes die grote problemen zouden kunnen veroorzaken in de ruimte.

