

**DELFT** | Nr. 2 | JULI 2019 | JAAR-  
**INTEGRAAL** | GANG 36



**Joop Roodenburg**  
'We moeten weer slimme  
constructies maken'

**FAGENBANK**  
Strijden tegen infecties

**Twee nieuwe  
IO-hoogleraren**  
Duurzaamheid in design

  
**TU Delft**

THEMA  
**Naar de maan**

## Cover:

Het nemen van een foto van de maan samen met een stukje TU vereist wat planning. Gelukkig zijn er apps die de positie van de maan aangeven. Net voor zonsopkomst staat hij in de goede hoek en laag boven de horizon, en rond die tijd zie je ook net de contouren van gebouwen. Op datzelfde moment trekken ook de wolken weg.  
(Foto: Sam Rentmeester)

## Voorwoord

*Tim van der Hagen*

# Meedenken

Wij houden u als alumnus graag op de hoogte van het reilen en zeilen bij uw alma mater. Niet zozeer om te laten zien wat er voor mooie dingen gebeuren op de campus, al doen we dat met plezier, maar omdat het delen van kennis en het uitwisselen van ideeën zo belangrijk zijn. Kennis die u nodig hebt om bij te blijven in uw vakgebied, of die u verder kan brengen binnen uw onderneming. Ideeën van u die wij kunnen gebruiken om ons onderzoek te laten aansluiten bij de dagelijkse praktijk. Zo vormen wij met zijn allen die gemeenschap van Delftse ingenieurs die streeft naar impact voor een betere samenleving.

Af en toe een ontmoeting hoort daarbij. Het was geweldig om op 4 juni tijdens de TU Delft for Life| Xperience day weer zovelen van u te mogen begroeten.

Bij die gelegenheid presenteerde het TU Delft Quantum Vision team zijn bevindingen. Zij onderzochten de impact die de komst van quantuminternet zal hebben op industrie en samenleving. Voor zover we weten, want bij een zo gloednieuwe technologie is er veel dat we niet kunnen voorspellen. Juist daarom is het van groot belang dat we er nu al gezamenlijk over nadenken en wij hopen dat u met ons meedenkt. Ook in de toekomst zullen wij u blijven betrekken bij de grote thema's die de wereld bezighouden, van klimaatverandering tot cybersecurity. Een deel van onze wetenschappers denkt overigens dat die toekomst in andere sterrenstelsels ligt. Daarom in dit nummer veel aandacht voor het Delftse ruimteonderzoek.

*Prof.dr.ir. Tim van der Hagen,  
Rector Magnificus TU Delft*

## Pagina 07

### Naar de maan



FOTO: SAM RENTMEESTER



**KORT DELFTS**  
04

**NA DELFT**  
KOEN VAN DOREMAELE  
28

**DE ZAAK**  
FRANKENDAEL  
29

**PROCESS & ENERGY LAB**  
34

**MARINA VAN DAMME  
WINNAARS**  
36

**VISIE OP QUANTUM**  
38

**ARNOLD DE JAGER**  
'HET KOMT WEL GOED MET ONZE STUDENTEN'  
40

**ALUMNINIEUWS**  
42

#### COLOFON

Coverfoto Sam Rentmeester  
Redactie Saskia Bonger (hoofdredacteur),  
Dorine van Gorp, Katja Wijnands  
(eindredactie), Tomas van Dijk,  
Sam Rentmeester (beeldredactie),  
Connie van Uffelen, Marjolein van der Veldt,  
Jos Wassink  
Telefoon (015) 278 4848,  
e-mail [delftintegraal@tudelft.nl](mailto:delftintegraal@tudelft.nl)  
Medewerkers aan dit nummer  
Agaath Diemel, Auke Herrema,  
Mirjam van der Ploeg  
Stephan Timmers, Davide Zanoni  
Ontwerp Maters en Hermsen  
Vormgeving Saskia de Been, Liesbeth van Dam  
Druk Quantes  
Abonnementsadministratie  
[delftintegraal@tudelft.nl](mailto:delftintegraal@tudelft.nl)  
Advertentie H&J Uitgevers, (010) 451 5510

Delft Integraal is een uitgave van de TU Delft

22

Joop Roodenburg  
Alumnus van het jaar



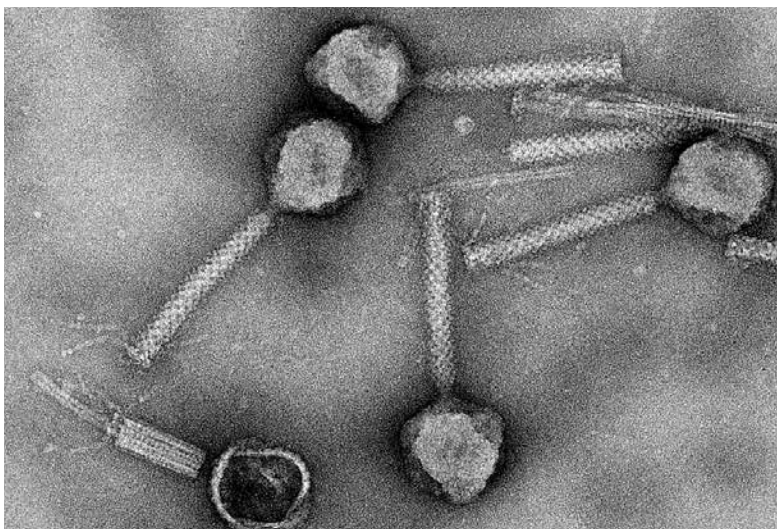
26

Conny Bakker en Ruth Mugge  
Duurzaam design



30

Fagenbank  
Hoe effectief zijn bacteriofagen?



# KORT DELFTS



Foto: Wikimedia

## Dag gletsjers

De gletsjers in de Alpen verliezen de komende dertig jaar minstens 40 procent van hun ijs. Gletsjers reageren met vertraging op de opwarming van de aarde, toonden onderzoeker Harry Zekollari van de afdeling Mathematical Geodesy and Positioning (CiTG) en Zwitserse collega's dit voorjaar aan in een studie in het blad *The Cryosphere*. Als

de uitstoot van broeikasgassen per direct stopt, gaat bijna de helft alsnog verloren, tonen hun modellen. Stijgt de gemiddelde temperatuur op aarde met 2 graden ten opzichte van eind negentiende eeuw, dan is twee derde van de ijsmassa tegen 2100 verdwenen.



Foto: Sam Benmeester



Foto: Panorama Mesdag

## Gechipte instrumenten

Arts en promovendus Frédérique Meeuwssen werkte twee jaar aan een test met Radio Frequency Identification (RFID)-gechipte instrumenten. RFID-chips kunnen op afstand informatie overdragen. Ze zitten onder meer op bankpassen en OV-chipkaart. Aan het eind van haar promotietraject zijn gechipte instrumenten voor het eerst tijdens een operatie in het Reinier de Graaf ziekenhuis ingezet. Daarbij bleek automatische monitoring van de instrumenten mogelijk. Haar copromotor dr.ir. John van den Dobbelsesteen ziet dat als een opstap naar de digitale operatiekamer van de toekomst.



## Het ontbrekende stuk zee

Bij het schilderen van zijn Panorama in 1881, lijkt Hendrik Willem Mesdag een stuk van het uitzicht niet te hebben vereeuwigd. Tien graden aan zee ontbreken in het schilderij. Dat blijkt uit landmeetkundige metingen uitgevoerd door studenten van de TU onder leiding van prof. Ramon Hanssen (CiTG). De studenten voerden het onderzoek uit voor de tentoonstelling Vanaf het hoogste punt: Landmeten in Mesdags tijd die tot 22 september te zien is in Panorama Mesdag in Den Haag. Mesdag probeerde in zijn Panorama zo precies mogelijk het Scheveningse uitzicht vanaf het Seinpostduin weer te geven. De studenten wisten de exacte plek te achterhalen waar Mesdag stond toen hij schilderde.



## Mooie bruggen

In zijn proefschrift The Art of Bridge Design pleit de meermaals bekroonde bruggenbouwer dr.ir. Joris Smits (Royal HaskoningDHV en faculteit Bouwkunde) voor een bouwmeester in de bruggenbouw. Zo'n design-integrator is architect én ingenieur in één persoon. Smits studeerde zelf civiele techniek en architectuur. Door de combinatie van beide disciplines wordt een brug niet alleen sterk en betrouwbaar, maar ook een esthetische toevoeging aan de omgeving. Als geslaagd voorbeeld noemt Smits 'De Oversteek' in Nijmegen.



## Klimaatmissie TU Delft

De TU Delft publiceerde onlangs een klimaatmissie. Onderzoekers vonden het tijd om in actie te komen tegen 'nonsens' op sociale media en websites. De tekst is geschreven door zo'n 30 Delftse onderzoekers en samengebracht door de hoogleraren prof.dr.ir. Herman Russchenberg (CiTG), prof.dr.ir. Paulien Herder (3mE) en prof.dr.ir. Andy van den Dobbelsesteen (BK). Rector prof.dr.ir. Tim van der Hagen ondertekende de klimaatmissie namens het college van bestuur: 'TU Delft zet al haar innovatieve vermogens in voor het bevorderen van de wereldwijde transitie naar niet-fossiele energie en de aanpassing van de leefomgeving aan de gevolgen van de opwarming van de aarde.'



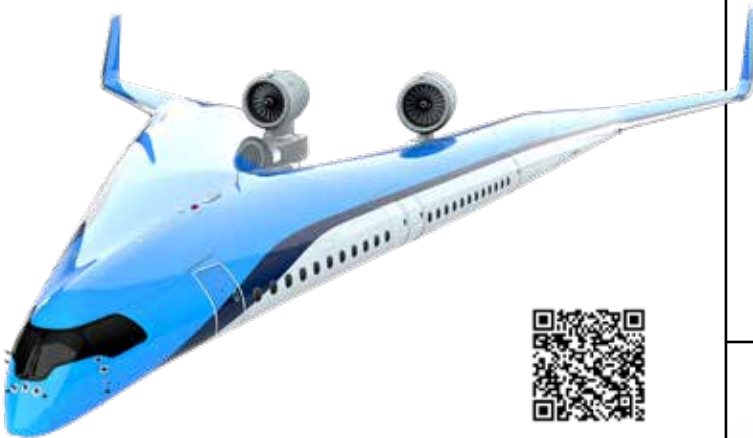
## Siliconen hart

Hartfalen kan in de toekomst wellicht beter voorspeld worden dankzij een doorzichtig imitatiehart van silicium. Dr. Saša Kenjereš (TNW) en collega's van het LUMC, Erasmus MC en de Universiteit van Gent maakten een linkerhartkamer na met een 3D-printer. Het stuk 'weefsel' is aangesloten aan een pomp en klopt als een echt hart. Het is het wiskundig gemiddelde van de harten van zo'n 150 hartpatiënten van het Erasmus MC. De onderzoekers pompen er een vloeistof doorheen die dezelfde dichtheid heeft als bloed (een mengsel van water en glycerol) met daarin kleine deeltjes die oplichten als ze de vloeistof met lasers beschijnen. Zo kunnen ze de vloeistof-dynamica in de hartkamer in kaart brengen.



## Vliegtuig zonder staart

Delftse onderzoekers van Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek presenteren dit najaar een vliegtuig zonder staart. In de Flying-V zijn passagierscabine, vrachtdak en brandstoftanks geïntegreerd in de vleugel. Dergelijke vliegtuigen, ook bekend als *blended wings*, zijn de afgelopen decennia vaak naar voren geschoven als duurzamer alternatief op klassieke passagiersvliegtuigen omdat ze lichter en aerodynamischer zouden zijn. Maar ze zijn nooit in productie genomen. Het Delftse vliegtuig is zo ontworpen dat hij makkelijk in diverse formaten gefabriceerd kan worden. In oktober tonen de onderzoekers een schaalmodel (1 op 20) met een spanwijdte van 3 meter op Schiphol.



## Onderzoek gasbevingen

Een parlementaire enquête over de aardbevingen in Groningen laat op zich wachten. Wat was de rol van de TU Delft? Een reconstructie laat zien dat Delfts onderzoek niet werd bepaald door maatschappelijke urgentie, maar door de beschikbaarheid van onderzoeksgelden. Tot 1990 werd een verband tussen aardbevingen en gaswinningen algemeen ontkend. De huidige decaan van CiTG, prof.dr.ir. Jan Dirk Jansen reageert: “De NAM, het KNMI, het ministerie van Economische Zaken, het Staatstoezicht op de Mijnen en ook de TU hebben de aardbevingen onderschat. Niemand heeft voorzien dat het zich zo zou ontwikkelen.” Pas nadat minister Kamp in 2012 onderzoeken in gang had gezet, steeg het aantal Delftse publicaties over aardbevingen in Groningen.



## Indische wortels

Dr.ir. Huib Ekkelenkamp dook in de geschiedenis van de landmeetkunde en volgde het spoor terug naar Nederlands-Indië, waar ook de wortels van de TU Delft blijken te liggen. In zijn proefschrift Indonesië op de kaart laat hij zien dat landmeten tot 1800 de enige gediplomeerde ingenieursopleiding was. De Nederlandse werkwijze was niet direct bruikbaar in Indië. Het berglandschap met vulkanen, de ondoordringbare bossen en moerassen, het klimaat met hevige regens, de hogere luchtvochtigheid en temperatuur vroegen om een specifieke werkwijze. Desondanks is Nederlands-Indië in de periode 1850-1950 grotendeels in kaart gebracht.



Foto: Indischhistorie.nl



## Stuurondersteuning



Het TU Delft Bicycle Dynamics lab (faculteit 3mE) heeft een elektrische stuurondersteuning ontwikkeld die vallen met de fiets tegengaat. Hoofdonderzoeker dr.ir. Arend Schwab zegt dat balansverlies bij lage snelheid vaak de oorzaak is. Dat komt door het over de schouder kijken, hand uitsteken of op- en afstappen. Wanneer sensoren een beginnende val registreren stuurt de automaat naar de richting van de val om de fiets overeind te krijgen. Dat lijkt tegen de intuïtie in te gaan, zegt Schwab, maar zolang je sneller gaat dan 4 kilometer per uur houdt de stuurassistent de fiets overeind.



# THEMA

## *Naar de maan*

Op 21 juli is het vijftig jaar geleden dat Neil Armstrong als eerste mens voet zette op de maan. Naar goed voorbeeld van de InSight Marslander bouwden 88 teams van eerstejaars studenten werktuigbouwkunde hun eigen 'Marktlander': een Marslander die wél tegen een stootje kan. Opdracht was een autonoom voortbewegend mechanisme te bouwen dat na een val van tafelhoogte door kan rijden, om vervolgens exact drie meter verder een 'gouden' blokje af te leveren. De winnende Marktlander wist het blokje op slechts 5.8 millimeter afstand van de drie-meterlijn te leggen.



# Ruimtevaart in Delft begon met schuivende sterren

Delftse onderzoekers waren in de jaren '70 en '80 betrokken bij de eerste Astronomische Nederlandse Satelliet (ANS) en bij afstandsmetingen naar satellieten. Was dat een gevolg van de maanlanding in 1969?

TEKST: JOS WASSINK FOTO'S: SAM RENTMEESTER

**V**olgens emeritus hoogleraren Karel Wakker en Bouwdeewijn Ambrosius vond de gevestigde orde van invloedrijke Nederlandse astronomen bemande ruimtevaart maar een verwistende bezigheid. Nederland moest zich daar niet mee bezighouden, was de consensus. Wakker en Ambrosius behoren tot de grondleggers van de ruimtevaartactiviteiten binnen de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek. Toen Apollo 11 op 21 juli 1969 op de maan landde, was Wakker net twee jaar afgestudeerd aan de toenmalige afdeling Vliegtuigbouwkunde, en Ambrosius was er tweedejaars student. Hij was maar matig gemotiveerd omdat constructies van vliegtuigen en luchtstromingen hem niet bijzonder interesseerden. Hij was naar Delft gekomen voor de ruimtevaart, maar dat onderwerp kwam pas later aan bod bij het vak 'prestatie-leer' van professor Wittenberg.

## KLOPPEND HART

Jongens als Wakker en Ambrosius knipten in de jaren '60 artikelen uit over ruimtevaart en schreven met Nasa en de Russische ruimtevaartor-

ganisatie (de BVD belde bij de familie Wakker aan vanwege opvallend veel post uit Rusland). Ze verdiepten zich in de sterrenhemel en hadden een telescoop om zelf waarnemingen te doen. Allebei vertellen ze dat ze tussen de bekende sterren opeens een onbekende ster zagen bewegen. Dat moest een satelliet zijn. Toen begon het hart sneller te kloppen. Kon je bepalen hoe snel, en dus hoe hoog die satelliet beweegt? Kun je berekenen wanneer hij terugkeert? Dat soort vragen was de eigenlijke drijfveer van het clubje dat zich rond professor Wittenberg in Delft had verzameld.

## PIONIER

De naam Wittenberg wordt door Wakker en Ambrosius met een aan eerbied grenzend respect uitgesproken. Wittenberg is voor hen een onderschatte pionier, iemand die goede contacten had binnen het Nederlandse ruimteonderzoek en Estec (tot 1969 in Delft gevestigd), en iemand die liever anderen de mogelijkheid bood zich verder te ontwikkelen dan zelf voor het voetlicht te treden. "Hij had geen geldingsdrang", zegt Wakker. Zo gaf hij Wakker, toen die na zijn afstuderen bij Wittenberg in dienst kwam als ingenieur-assistent, de mogelijkheid om een dag per week

bij Estec in Noordwijk te werken. Wittenberg liet zijn medewerkers hun tijd besteden aan wat ze het liefste deden: rekenen aan voortstuwing en baanmechanica. Zo kwam in 1979 het boek *Rocket Propulsion & Space Flight Dynamics* tot stand, geschreven door Karel Wakker, Koos Cornelisse en Herman Schöyer. Baanmechanica, of hoe precies een satelliet of een ruimteschip door de ruimte beweegt, is een Delfts specialisme geworden waarin onderzoe-

*Baanmechanica is een Delfts specialisme geworden waarin onderzoekers meedraaien op wereldniveau*

kers meedraaien op wereldniveau. Astrodynamica vormt het fundament onder het bepalen van aardkorstbewegingen en het mondiale zeeniveau, het meten van afsmeltend landijs of van bodemdaling door gaswinning. Hoe is het zover gekomen?

## BAANBEREKENINGEN

Al een jaar voor de maanlanding ontvangt Wakker een bijzondere



dienstopdracht. Wittenberg heeft contacten met de groep die de eerste Astronomische Nederlandse Satelliet (ANS) wil bouwen en lanceren. De ruimtetelescoop is bedoeld voor waarnemingen van röntgen- en ultraviolette straling. Fokker verzorgt de satellietbouw en Philips levert de elektronica. Wittenberg steekt zijn hand op voor de baanberekeningen. Wakker herinnert zich de dialogen nog. “Wakker, jij gaat de baanberekeningen voor de ANS verzorgen.” Waarop het enig mogelijke antwoord was: “Jawel, professor.” Die berekeningen werden uitgevoerd in het rekencentrum van de TH Delft, eerst met ponsbanden en daarna met stapels ponskaarten die Wakker inleverde bij de balie. Beleefd informeerde hij dan wanneer de berekening gedaan zou zijn. “Dat was meestal de volgende ochtend.” ANS werd op 29 augustus 1974 gelanceerd en draaide in een elliptische baan tussen 266 en 1.176 kilometer hoogte om de aarde. De missie duurde 20 maanden en gold als een succes, onder meer door de ontdekking van *X-ray bursts* - een waarneming die vanaf de grond onmogelijk was doordat de atmosfeer röntgenstraling absorbeert.

**SATELLIETEN SCHIETEN**

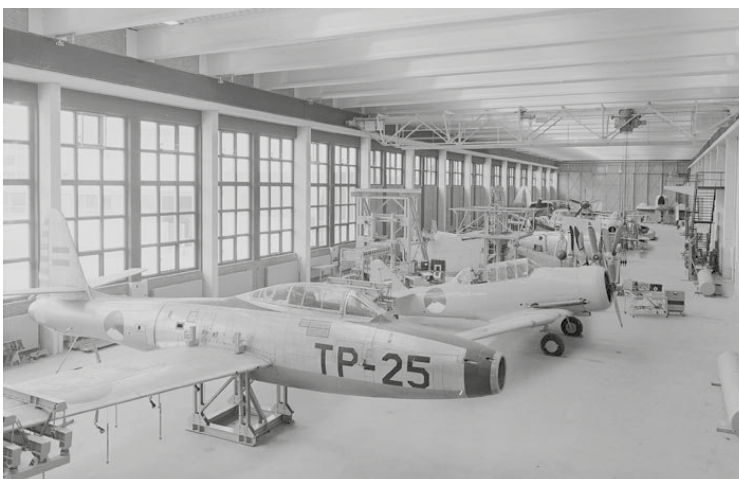
Voor een tweede grote opdracht was een veel hogere nauwkeurigheid van de baanberekening vereist. Prof.dr.ir. Leen Aardoom van de toenmalige afdeling Geodesie wilde met een laser vanaf Kootwijk op de Veluwe afstandsmetingen doen op geodetische satellieten. Die satellieten zaten volgeplakt met spiegels waarvan er altijd wel één licht terugkaatste. Alleen moest je heel precies weten waar je de laser op moest richten. Voor Wakker en Ambrosius was het “een heerlijk nieuw probleem”. De baanberekeningen uit Delft werden als maatgevend gezien binnen ESA en Nasa. “Wij speelden mee met de top”, herinnert Wakker zich. “Nasa betaalde niks, maar gaf wel alle steun en data van het internationale netwerk van laserstations. Je was verplicht tot rapportage. Het was ook bikkelhard. Als je niet leverde, dan lag je er snel uit.” Ambrosius zegt daarover: “Op het moment dat je een baan nauwkeuriger dan een decimeter kunt berekenen, dan kun je ook de lokale zeehoogte nauwkeurig bepalen. Dan wordt het interessant om het zeeoppervlak verspreid over de wereld te meten. Ruimtevaart is geen doel, het is een middel om dingen mogelijk te maken.”



Karel Wakker (links) en Boudewijn Ambrosius (rechts).

**TERUG NAAR DE MAAN?**

Vijftig jaar na de eerste maanlanding hoor je steeds vaker over een terugkeer naar de maan. Vinden we dat in Nederland nog steeds onzinnig? Wakker: “De aarde is de wieg van de mensheid, maar ook op de maan en op Mars zullen nederzettingen komen. Met water op de polen en met maanstof is beton te maken. Verschillende partijen werken daar aan.” Ambrosius ziet de maan als een ideale springplank voor verdere bestemmingen. Met zonnepanelen kan uit het poolijs stuwstof gemaakt worden voor ruimtereizen naar Mars of verder. Een andere reden om terug te keren is de radiostilte aan de achterkant van de maan. Voor Nederlandse radio-astronomen, bekend van het antennenetwerk Lofar en het eerste ‘beeld’ ooit van een zwart gat (afgelopen april), zou een radiotelescoop op de achterkant van de maan zeer waardevol zijn. Afgeschermd van de luidruchtige aarde kunnen ze van daaruit luisteren naar de zwakste signalen uit het verste verleden van het heelal. <<



De vliegtuighal van de TH Delft in het gebouw voor Werktuig- en Scheepsbouwkunde aan de Mekelweg.

# Delftse spin-offs in space

De faculteit Luchtvaart- & Ruimtevaarttechniek heeft meerdere succesvolle start-ups voortgebracht. Van leven op Mars tot kant-en-klare satellietmissies, de tien die wij selecteerden hebben allen één gemeenschappelijke deler: de ruimte.

## T-Minus Engineering (2011)

+/-10 🧑

Opgericht door vier raketdeskundigen, ontwikkelt T-Minus Engineering raketproducten voor de Europese markt. Al kwam daar in 2014 een uitstapje naar Nasa bij, toen het bedrijf betrokken raakte bij het InSight project.

## Ursa Minor (2002)

+/-50 🧑🧑🧑🧑🧑

Ursa Minor biedt navigatie- en communicatiediensten en was nauw betrokken bij het Galileo-programma, het grootste Europese ruimtevaartproject ooit. Voor het civiele satellietnavigatiesysteem dat sinds 2016 operationeel is, ontwikkelde het bedrijf onder andere de Ursa Minor Search and Reference Beacon.

## Spin (2015)

+/-10 🧑

Space Products and Innovation (Spin) werkt momenteel aan een multifunctionele adapter. Ze leveren een *plug-and-play* bouwpakket waarmee je een satelliet kunt samenstellen. Niet voor niets luidt hun slogan, 'Bouw een satelliet zoals Lego'.

## S&T (2000)

+/-200 🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑

Science & Technology Corporation (S&T) onderzoekt en ontwikkelt onder andere meet- en regelsystemen voor ruimtevaart, wetenschap en defensie. Het bedrijf monitort bijvoorbeeld pijpleidingen vanuit de ruimte. Ook was het nauw betrokken bij de bouw van de Sentinel-3A satelliet van ESA.

## Mars One (2011)

+/-10 🧑

Naar Mars afreizen en je er permanent vestigen lijkt onmogelijk, maar volgens Mars One is bewoning van de rode planeet dichterbij dan ooit. Het team, dat in 2031 de eerste emigrant wil huisvesten, probeert via verschillende onbemande missies een bewoonbare nederzetting te creëren.

## Isis (2006)

+/-200 🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑

Het wereldwijd actieve Innovative Solutions In Space (Isis) is gespecialiseerd in de realisatie van (kleine) kant-en-klare satellietmissies inclusief lancering. Ook ondersteunt het bedrijf de ontwikkeling van ruimtevaart door trainingsprogramma's en kennisoverdracht.

## GTM Advanced Structures (2004)

+/-50 🧑🧑🧑🧑🧑

Het bedrijf ondersteunt de complete lucht- en ruimtevaart bij de ontwikkeling en bouw van geavanceerde structuren. Denk hierbij aan ontwerp en productie van zonnepanelen en antennes voor kleine satellieten en het testen van materialen in de ruimte.

## Dawn Aerospace (2016)

+/-10 🧑

Dawn Aerospace hoopt het eerste bedrijf in de geschiedenis te worden dat tweemaal per dag met hetzelfde voertuig naar de ruimte vliegt. Het voertuig is er nog niet, maar het team pakte al wel meerdere wereldprimeurs. Zoals het eerste 3D-geprinte drukvat ooit dat werd goedgekeurd door de European Space Agency.

## Airborne (1995)

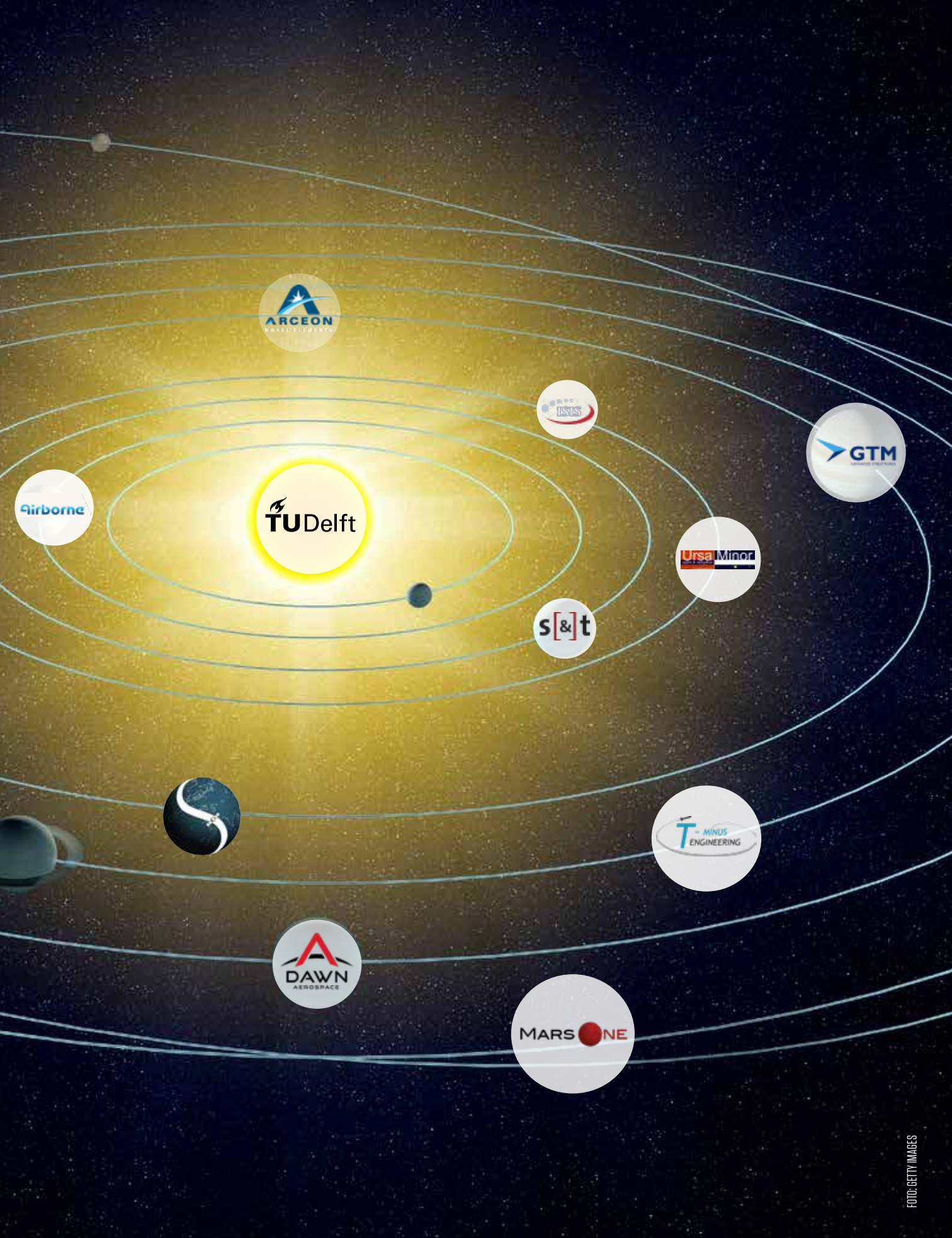
+/-150 🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑🧑

Airborne biedt betaalbare ruimtecomponenten, denk aan ontwerp en productie van samengestelde panelen voor satellieten. Het bedrijf heeft inmiddels locaties in Nederland, Spanje en Engeland.

## Arceon Novel Elements (2017)

+/-6 🧑

Arceon Novel Elements heeft een geavanceerd *ceramic matrix* composiet (CMC) ontwikkeld dat onder andere extreme temperatuurswisselingen kan doorstaan. Het bedrijf is net een samenwerking aangegaan met de bouwers van de Lunar Zebro.





## Deze kleine robot gaat naar de maan

Onder leiding van dr.ir Chris Verhoeven en operations manager Maneesh Kumar Verma, ontwikkelden TU-studenten een robot die in 2022 naar de maan reist. De robot, die de naam Lunar Zebro kreeg, is dankzij zijn c-vormige poten fysiek onafhankelijk. Hij opereert in zwer-

men om zo complexe taken uit te voeren. Eén van die taken is het verzamelen van informatie op de maan, maar de Zebro is ook geschikt voor een expeditie naar Mars en kan assisteren bij reddingsoperaties in moeilijk begaanbare gebieden, zoals grotten. 

## Hoe de maanlanding ons bezighield

Vijftig jaar geleden zette de mens voor het eerst voet op de maan. Nog steeds zijn er mensen die beweren dat deze gebeurtenis nep was. Twee TU-alumni maakten er in 2003 een toneelstuk over.

Aanleiding voor het toneelstuk *En die vlag dan?* was een documentaire waarin beweerd werd dat de maanlanding nep was. Twee Delftse alumni, stedenbouwkundig ingenieur Jan van der Mast en natuurkundige Allard Zoutendijk, bedachten het toneelstuk en speelden zelf de hoofdrollen.

Het verhaal: twee Hollandse wetenschappers, Piet en Henk, krijgen opdracht van Nasa om te bewijzen dat het wél waar is. Ze voeren allerlei ludieke proefjes uit die mislukken.

Zoals met een voetafdruk in maanstof. Die afdruk zou volgens complotdenkers niet echt zijn: de straalmotoren van de maanlander zouden alle stof



hebben weggeblazen. “Wij wetenschappers zeiden dat die voetafdruk klopt, want het is vacuüm op de maan”, zegt Zoutendijk.

Van een broodtrommel hadden de alumni een koepel gemaakt. “Met de VacuVin zou ik die ‘vacumeren’ via een slangetje”, blikt Zoutendijk terug. “Eronder lag een laag bloem, ik zou blazen om te laten zien dat die bloem bleef liggen. Dat ging natuurlijk niet dus er hing een enorme bloemwolk.”

En die vlag dan? Die kon toch niet wapperen zonder atmosfeer? Daarvoor had Piet twee vlaggetjes meegenomen, waarvan hij er een in stijfsel had gegooid. Jan van der Mast alias Piet: “Shit, hij wappert. Ik snap er niks van. Thuis werkte het wel. Misschien heeft een van de kinderen er mee lopen rotzooien.”

De twijfel bij het publiek bleef en dat was precies de bedoeling. Van der Mast en Zoutendijk wonnen uiteindelijk een prijs voor het meest innovatieve stuk op het festival. **DW**

## Landen tussen kraters en keien

De landing van Apollo 11's Lunar Module op de maan was mensenwerk. In de toekomst moeten ruimtevaartuigen zelfstandig kunnen landen op onbekend terrein. Dr. Svenja Woicke ontwikkelde er programmatuur voor.

**D**e maanlanding blijft spannend om te zien. Je hoort de hoogte terugtellen: 2000 feet, 1600 feet, 540 feet, terwijl het landschap steeds dichterbij komt. Naar verluidt raakte de ondersteuningscomputer bij de landing overbelast, waarna de astronauten het zelf moesten doen. Iets waarvoor ze uitgebreid hadden getraind op een zwendend platform.

Latere landingen, op bijvoorbeeld Mars en Venus, waren zo uitgekend dat het landingsgebied zo vlak

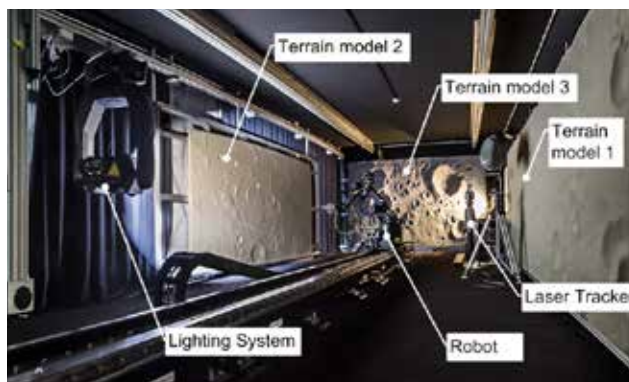
mogelijk was. Maar, constateert Woicke in haar proefschrift, een vlak terrein is voor wetenschappers niet interessant.

De uitdaging is volgens Woicke om een autonoom landingsstelsel te ontwikkelen dat ‘een balans weet te vinden tussen de dromen van de planetaire onderzoekers, en de angsten van de ingenieurs’.

Haar systeem bestaat uit twee delen. Het detectie-deel brengt met stereovisie het planeetoppervlak in kaart en detecteert autonoom helling en obstakels.

Woicke testte het uit in de Tron-faciliteit van de Duitse ruimtevaartorganisatie DLR. Ondanks de (realistische) problemen met cameraruïis en hard strijklicht zag het systeem slechts in 2,5 procent van de gevallen een gevaar over het hoofd. Het tweede deel van het systeem gebruikt obstakel detectie om naar een veilige landingsplek te navigeren. In tests bij Tron is een landingsgebied van 60 bij 60

meter de standaard. Woicke's systeem werkte met een gebiedje van 6 bij 9 meter veel nauwkeuriger. Ook ondervinding het systeem vrijwel alle fouten in de hoogtemetingen. Daarmee is het mogelijk geworden dat een *lander* op een onbekende maan of planeet geheel zelfstandig zelf een veilige landingsplaats selecteert, en daar landt. Dat maakt een maanlanding een stuk minder spannend. **JW**



# Op reis tussen de sterren

De mens gaat andere sterrenstelsels bewonen, voorspelt dr. Angelo Vermeulen. Tientallen jaren zullen we onderweg zijn in ruimteschepen die parasiteren op asteroïden. Science fiction? ESA neemt zijn onderzoek serieus.

**E**en asteroïde zweeft door een onmetelijke leegte. Op het oppervlak knipperen enkele lichtjes en zijn ronde en hexagonale vormen te onderscheiden. In het filmpje dat Angelo Vermeulen toont, zien we steeds meer van deze bouwseltjes ontstaan. Een lappendeken van geschakelde modules omsluit al gauw de rots waardoor het gevaarte meer op een ruimteschip dan op een asteroïde gaat lijken.

Met dit soort hybride gevaartes zal de mensheid het heelal in gaan, voorziet Vermeulen, leider van de onderzoeksgroep TU Delft Starship Team (DStart).

## LEVEN OP PLANETEN EN RUIMTESCHEPEN

“In de toekomst leven we in verschillende constellaties in het heelal. Niet alleen op planeten, maar ook in ruimteschepen en in ruimtestations verspreid door diverse sterrenstelsels. Het is de *deep future*.”

Vermeulen doet promotieonderzoek naar interstellaire exploratie bij de afdeling multi-actor systems van de faculteit Techniek, Bestuur & Management (TBM). Hij is gepromoveerd in de ontwikkelingsbiologie en is behalve onderzoeker ook kunstenaar. Hij is medeoprichter van het collectief Sead dat aan kunstprojecten werkt met technologische grondslag. Met die ach-

tergrond is Vermeulen er niet vies van om buiten de gebaande paden te treden.

“We weten weinig over de interstellaire ruimte; over de diverse soorten deeltjes die je er kunt verwachten en de soorten straling. Voor ingenieurs is dat een lastig gegeven. Hoe ontwerp je een systeem voor een toekomst die je niet goed kunt inschatten? Ons idee: we moeten een ruimteschip maken dat zich continu aanpast.”

In het huidige ontwerp bestaat zo'n

‘Kom bij mij niet  
aanzetten met iets  
oppervlakkigs als  
Star Wars’

ruimteschip uit een asteroïde die vol groeit met modules. Het rotsblok voorziet de mens van grondstoffen. Cruciaal is de 3D-printer waarmee ontgonnen grondstoffen omgezet kunnen worden in nieuwe bouwonderdelen. *Boosters* kunnen de baan van de asteroïde bijsturen. En zo begeeft de mensheid zich alsmaar verder in het heelal, generatie na generatie. Het systeem moet volledig gesloten zijn. Alles moet gerecycled.

Science fiction. Vermeulen neemt dit woord tijdens het gesprek zelf als eerste in de mond. Ja, die term krijgt hij regelmatig naar zijn hoofd geslingerd. Hij zit er niet mee. “Ik ben groot fan. Maar let wel, het moet harde science fiction zijn, die technologisch is onderbouwd. Kom bij mij niet aanzetten met iets oppervlakkigs als *Star Wars*.”

Dat hij serieus wordt genomen blijkt wel uit het feit dat hij afgelopen juni een van de sprekers was op een door ESA georganiseerde conferentie over interstellaire ruimtereizen bij Estec in Noordwijk. En in oktober presenteert hij vier artikelen over zijn onderzoeksprojecten tijdens het International Astronautical Congress in Washington DC.

Maar even een stap terug. Waarom zouden we ons zonnestelsel verlaten? “Voor mij is dat een logische extrapolatie van de menselijke geschiedenis. We kunnen nog maar ongeveer een eeuw vliegen. In mum van tijd hebben we emotionele en psychologische comfort opgebouwd in de atmosfeer. En je ziet ook dat ruimtetoerisme van de grond begint te komen. We breiden de omgeving voor de mens telkens verder uit.”

## GAANDEWEG AANPASSEN

Interstellaire exploratie is van een totaal andere orde dan de ruimtevaart zoals we die nu kennen.




FOTO: SAM RENTMEESTER, ACHTERGROND: FOTO: EAS 2008 CONCEPT/START, ANIMATE: JORIS PUTTENEERS

Dr. Angelo Vermeulen: "We kijken hoe een ruimteschip zich ontwikkelt onder verschillende omstandigheden."

Herbevoorrading vanaf aarde kan niet. Een stapsgewijze verkenning, zoals bij de maanlanding 50 jaar terug, is ook geen optie. Pas bij de elfde Apollo-missie werd de maanlanding ingezet. Al die voorgaande missies dienden om het systeem te optimaliseren. Bij een *generation starship* moeten mensen het ruimteschip gaandeweg aanpassen. Dat onderzoekt Vermeulen met computersimulaties. "We kijken hoe een ruimteschip zich ontwikkelt onder verschillende omstandigheden. We gaan bijvoorbeeld uit van een reis van honderd jaar. We nemen een asteroïde met een bepaalde chemische samenstelling als basis en stippelen een route uit door een omgeving met bepaalde deeltjesdichtheden en straling die schade kunnen aanrichten. We kijken dan binnen hoeveel tijd het schip voldoende aluminium kan ontginnen om een nieuw schild te maken die bestand is tegen onverwachte stralingsniveaus. Haakt het schip de eindstreep, of gaat het halverwege fout? En hoe zou het zijn gegaan als

de omstandigheden onderweg anders waren geweest?"

### ECOSYSTEEM MODELLEN

"We modelleren ook het ecosysteem aan boord. Astronauten hebben elke dag een bepaalde hoeveelheid voedsel nodig. Ze produceren afval dat door bacteriën wordt afgebroken en omgezet in gewassen die op hun beurt zorgen voor calorieën en zuurstof." Vermeulen en zijn collega's gebruiken verschillende soorten modellen. "De biologie simuleren we via *agent-based modeling*. Voor het ontginnen van grondstoffen en printen van onderdelen werken we met *discrete events simulations*, de impact van het interstellaire medium vangen we met *systems dynamics* en voor het evolutionaire gedeelte gebruiken we *evolutionary algorithms*. Die vier technieken proberen we in één model aan elkaar te knopen. Het is een huzarenstukje."  <<

### Overleven in de ruimte

Hoe reageren levende cellen op gewichtloosheid en straling in de ruimte? Die vraag onderzoekt dr. Ralph Lindeboom (CiTG). Hij stuurde enkele jaren geleden bacteriën die urine kunnen afbreken de ruimte in met een Russische missie. Anderhalve maand draaiden de micro-organismen rondjes om de aarde. Bij terugkomst bleken ze even vitaal als tevoren. De studie leverde belangrijke inzichten op. Volgens Lindeboom kunnen de bacteriën die hij bestudeerde goed gebruikt worden om water te recyclen tijdens verre missies in het heelal.

### Buitenaardse bouwsels

Als we een andere planeet of een asteroïde gaan bewonen kunnen we niet zonder robots die 3D-structuren printen. De onderzoeksgroep *robotic building* (Bouwkunde) van dr. Henriette Bier is door softwarebedrijf Dassault gevraagd om mee te doen aan een ontwerpprijsvraag op dit terrein. Bier begeleidt een groep van twaalf studenten die zich een jaar lang buigt over de vraag wat voor bouwsels je het beste creëert op Mars, gebruikmakend van de daar aanwezige grondstoffen en 3D-printers. Hoe die gebouwen eruit zien zal in de zomer van 2020 blijken als de deelnemers hun ontwerpen presenteren in Parijs.

# De vuilnisbelt boven je hoofd

In een raket de dampkring verlaten is als een potje Russisch roulette. Als je mazzel hebt schiet je ongeschonden tussen het ruimtepuin door, maar er is een groeiende kans op een fatale botsing met *hypervelocity* impact. Gelukkig is er nu een gedragscode.

**R**uimtevaartorganisatie ESA maakt een jaarlijks overzicht van ruimtepuin. Eind 2017 waren er 19.894 brokstukken geteld van 10 centimeter of meer. In totaal vertegenwoordigen die een massa van 8.135 ton - dat is meer dan wat de Eiffeltoren weegt.

De invloed van dat rondscheurende puin begint merkbaar te worden. Ir. Ron Noomen (Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek) schudt de voorbeelden van incidenten uit zijn mouw. In 2009 knalden twee satellieten op elkaar met 42 duizend km/u. Een uur later waren de Iridium-33 en de Kosmos-satellieten gereduceerd tot twee wereldomvattende wolken ruimtepuin. Botsingen op zonnepanelen van satellieten zijn meer regel dan uitzondering en ook de Space Shuttle heeft inslagen gehad. Micrometeorieten sloegen regelmatig putten in de cockpitruit.

“Ik vind ruimtepuin het nummer-1 probleem voor de ruimtetechno-

logie”, zegt Noomen. Lanceringen, botsingen en ontplofende batterijen dragen bij tot een exponentieel stijgend aantal brokstukken dat de aarde omgeeft. Het is denkbaar dat een cascade van botsingen tot een praktisch ondoordringbare laag van brokstukken in een lage aardbaan leidt, wat extreem grote risico's veroorzaakt en in theorie zelfs grote veranderingen voor de ruimtevaart zou kunnen betekenen. Dit rampscenario staat bekend als het Kessler-syndroom, genoemd naar Nasa-wetenschapper Donald Kessler die dat in 1978 bedacht.


## 'HET IS EEN RICHTLIJN VOOR FATSOENLIJKE MENSEN'

Hoe lang voorwerpen rond de aarde blijven cirkelen, hangt af van hun hoogte. Tot op 800 kilometer hoogte heeft de atmosfeer invloed, en zullen satellieten en brokstukken in de loop van decennia worden afgeremd

en uiteindelijk (grotendeels) in de dampkring verbranden.

Ruimtepuin is op de agenda beland van de Europese Unie en het Office for Outer Space Affairs van de Verenigde Naties. Zo zijn er gedragsregels die eisen dat nieuwe satellieten hooguit 25 jaar na het einde van de missie 'opgeruimd' moeten worden. In de praktijk betekent dit dat een satelliet actief met de laatste brandstof naar een lage baan gestuurd wordt om afgeremd te worden en te verbranden. Kleine satellieten zoals de cubesats hebben vaak geen motor aan boord, en zouden dus alleen op lage hoogte mogen worden losgelaten om te voorkomen dat ze bijdragen aan de zwevende vuilnisbelt.

“Het is een richtlijn voor fatsoenlijke mensen,” relativeert Noomen. “Er is geen sanctie voor landen die zich daar niet aan houden.” Hij noemt een stunt van China in 2007. Tot verbijstering van de rest van de wereld schoot de nieuwe ruimtemacht een eigen satelliet in puin, om de ontwikkeling van hun ruimtevaarttechniek te demonstreren. Maar ook gewoon omdat het kon. Afgelopen voorjaar herhaalde India de stunt.

Toch verwacht Noomen dat het aantal geregistreerde brokstukken in de ruimte nog wel zal toenemen. Tot nu toe waren alleen stukken vanaf 10 centimeter te traceren. Nieuwe technologie verkleint dat tot drie centimeter en drukt de mensheid meer met de neus op het pijnlijke feit dat de mens overal zijn sporen achterlaat, zelfs honderden kilometers boven ons hoofd. 





## Ockels' erfenis

De beroemde astronaut en Delftse hoogleraar Wubbo Ockels overleed vijf jaar geleden. Na zijn ruimtereis in 1985, die hem deed inzien hoe kwetsbaar de aarde is, startte hij talrijke duurzame projecten. Hoe staat het met zijn nalatenschap?

**D**e zonneauto, Superbus, Ecolution en laddermolen. Het zijn maar een paar van de ideeën waaraan Ockels werkte bij de TU.

Ockels' ontwerp voor de laddermolen, een energie-opwekkende vlieger, heeft geleid tot het Airborne Wind Energy-netwerk dat met Europees geld 14 promovendi aan het werk houdt, en daarnaast tot een jaarlijkse, wereldwijde conferentie en de start-up Kitepower, die de toekomstige generatie windenergiesystemen ontwikkelt.

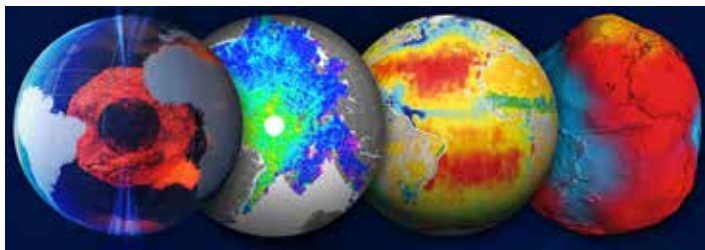
Jarenlang was hij coach van het Nuna-team, dat dankzij zijn bemoeienis efficiënte zonnepanelen in hun wagen kon bouwen. Ook het Solar Boat Team draaide onder zijn leiding in de top mee. En nog steeds zijn deze studententeams succesvol. De Nuna won vele wereldtitels in Australië en Zuid-Afrika. De ambities van het zonnebootteam zijn deze zomer hoog: wereldkampioen worden in Monaco, waar geracet wordt op open zee; én als snelste zonneboot ooit het Kanaal oversteken. Ir. Joris Melkert, die jarenlang met Ockels werkte, noemt vooral de positieve invloed van Ockels op het duurzaamheidsdenken: "Hij benadrukte dat duurzaamheid niet 'minder' betekent, maar juist méér, als je het maar slim aanpakt. De grote erfenis van Ockels is dat hij een heel nieuwe generatie studenten heeft opgeleid die zijn kennis over de hele wereld verspreidt. Hij heeft een nieuw soort denken teweeggebracht, een *state of mind*." 



FOTO: SAM BENTMEESTER

## Strijden om een plek in de ruimte

De TU Delft levert twee van de drie ideeën die kans maken op deelname aan de tiende Earth Explorer-missie van ESA, die is gepland voor 2027-2028.



**E**en van de voorstellen (G-Class) is van prof.dr.ir. Ramon Hanssen, het andere (Stereoid) van dr. Paco Lopez-Dekker. Ze werken allebei in het Satellite Radar Lab van Civiele Techniek en Geowetenschappen. "Het is een afvalrace", vertelt Hanssen. "Uiteindelijk blijft er één missie over."

Earth Explorer-missies richten zich op aardobservatie, een belangrijk doel van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA. In het najaar van 2020 wordt bekend welke twee ideeën doorgaan naar de volgende fase. "Dan is onze rol uitgespeeld", aldus Hanssen, "en neemt de industrie het over. Pas als de missie is gelanceerd en er data vrijkomen, komen wij weer in beeld."


### Missie: G-Class

#### Onderzoeker: Prof.dr.ir. Ramon Hanssen (CiTG)

**Doel:** Een groot gebied in Europa en Afrika vanuit een geosynchrone satelliet (36.000 kilometer hoogte) continu in de gaten houden. Kenmerk van een geosynchrone satelliet is dat hij even lang over een rondje om de aarde doet als de aarde om zijn as draait. De satelliet zendt pulsen uit die reflecteren op het aardoppervlak. Hierdoor kunnen meteorologen beter voorspellen hoeveel neerslag er zal vallen bij hevige stormen en hoe overstromingen zich ontwikkelen. Ook kunnen aardverschuivingen real-time worden voorspeld.

### Missie: Stereoid

#### Onderzoeker: Dr. Paco Lopez-Dekker (CiTG)

**Doel:** Kleine bewegingen van het oceaanooppervlak, gletsjers, en het aardoppervlak meten. Dit verbetert het inzicht in fijn-schalige processen in de oceanen, in de dynamiek van gletsjers en hun bijdrage aan zeespiegelstijging, en de 3D-modellering van deformaties door aardbevingen, vulkanen en aardverschuivingen. Bij Stereoid gaat het om een bestaande satelliet die pulsen uitstuurt. Twee radarsatellieten vliegen in een lage baan in een variabele formatie voor of achter bestaande Sentinel-1 satellieten. 

# ‘Naar de aarde kijken alsof we aliens zijn’

Om vrijwel elke ster aan de hemel draaien planeten. Een groot deel van deze zogenaamde exoplaneten is klein en rotsachtig, zoals onze aarde. Met haar instrument Loupe wil dr. Daphne Stam inzicht krijgen in de atmosferen en oppervlakken van deze exo-aardes.

**E**en melkpak. Dat is ongeveer het formaat van Loupe (Lunar Observatory for Unresolved Polarimetry of Earth). Dankzij de geringe omvang moet het voor het instrument mogelijk zijn om te ‘piggy-backen’ op een van de vele door ruimtevaartorganisaties en bedrijven geplande missies naar de maan. Dat hoopt planeetonderzoeker dr. Daphne Stam van L&R althans.



FOTO: SAM HENTMESTER

Dr. Daphne Stam zal met het instrument Loupe vanaf de maan de aarde observeren.

Vanaf de maan zal het instrument de atmosfeer en oppervlak observeren van... de aarde. Loupe zal metingen verrichten aan het zonlicht dat door de aarde wordt gereflecteerd. “Indirect gaat dat ons helpen om inzicht te verkrijgen in de eigenschappen van exoplaneten”, legt Stam uit. “Vanaf de maan zie je de hele aarde in één keer, in één oogopslag. Precies zoals de grote grond- en ruimtetelescopen die nu ontworpen worden straks exoplaneten zullen waarnemen. Daardoor kunnen we de informatie over de kleur en de polarisatietoestand (de trilrichting) van het aardse licht gebruiken als referentiemateriaal voor toekomstige observaties van exoplaneten. Van de aarde weten we immers waar de atmosfeer uit bestaat, hoe de oceanen en de continenten verdeeld zijn, en hoe de wolken zich gedragen. We gaan naar de aarde kijken alsof we aliens zijn.”

Dat laatste is nodig omdat er van exoplaneten maar heel weinig licht komt. Met metingen van de aarde

## Onderzoekers kunnen vooral veel informatie halen uit de polarisatietoestand van het licht

kunnen wetenschappers uitzoeken hoe ze de metingen aan exoplaneten kunnen optimaliseren. Onderzoekers kunnen vooral veel informatie halen uit de polarisatietoestand van het licht. Die is erg gevoelig voor de eigenschappen van een planeetatmosfeer en -oppervlak. Waterwolken geven bijvoorbeeld onder een heel specifieke reflectiehoek een sterk ‘regenboog’-signaal, en het polarisatiesignaal van oppervlaktewater zou weer sterk hoek- en kleurafhankelijk moeten zijn.

Loupe is ontwikkeld samen met astronomen van de Universiteit Leiden. De traditionele instrumenten die polarisatie meten, gebruiken daarvoor ronddraaiende schijven met filters die elk licht met een andere polarisatierichting doorlaten. Maar draaiende onderdelen moeten zoveel mogelijk vermeden worden in de ruimtevaart, deze kunnen immers blijven steken. De Leidse astronomen Frans Snik en Christoph Keller bedachten een nieuwe meettechniek die gebruikmaakt van onbeveeglijke kristallen die het licht telkens op een andere manier doorlaten, afhankelijk van de polarisatierichting. Daardoor is Loupe klein, robuust en nauwkeurig.

# Visie

Dr.ir. Chris Verhoeven, themaleider *space robotics* binnen het TU Delft Space Institute, is een man van verhalen. Zijn visie op de ruimte? Elektrische dieren hebben over miljoenen jaren ons zonnestelsel gekoloniseerd.

“**M**ensen hebben niks te zoeken op de maan of op Mars. We zijn er niet op gebouwd. Alles wat we nu over de ruimte weten, weten we door ruimterobots. De echte helden van de ruimtevaart zijn de Pioneers, de Voyagers, Spirit, Opportunity. Robotics is Evolutie 4.0. Kijk je 65 miljoen jaar terug, dan kom je bij de eindtijd van de dinosauriërs. Kijk je 65 miljoen jaar vooruit, dan zal ons zonnestelsel bevolkt zijn door zichzelf reproducerende elektrische wezens. Wij als mens bestaan dan vast niet meer, maar deze elektrische diersoort hebben wij voortgebracht. Dit denkmodel hebben David Ab-bink (robothoogleraar aan de TU Delft, red.) en ik een jaar of vijf geleden bedacht. De natuur is ons voorbeeld. Elke robotsoort is een stapje in de evolutie met elk een eigen toepassing, net zoals dieren. Een pocket cube, een nanosatelliet van 10 bij 5 bij 5 centimeter, is te vergelijken met een virus. Het zijn organismen die zelf geen volledige satelliet zijn, maar in een groter lichaam zoals de atmosfeer van een planeet prima metingen doen. De iets grotere nanosatellieten kunnen in zwermen leven, die samenwerkend grote instrumenten kunnen vormen zoals het Nederlandse Olfar-project, een laagfrequente radiotelescoop in een baan om de maan.

Een ander recent voorbeeld is de Lunar Zebro, een kleine insectachtige robot van anderhalve kilo die we in 2022 met de iSpace's Hakuto-R mission willen meesturen naar de maan. (Zie ook pagina 12.) Grote rovers zoals Curiosity op Mars rijden ergerlijk langzaam,

omdat ze zich moeten voortbewegen op onbekend terrein en geen schade mogen oplopen. Lunar Zebro's kunnen voor deze rovers uit rennen om de route te verkennen, want ze zijn klein en goedkoop en in een zwerm kun je er wel een paar missen. Daarna kan de grote rover met minder risico een stuk sneller bewegen. Zebro's kunnen zoeken naar water, grotten verkennen voor bewoning en een navigatiesysteem vormen.

Samen kunnen ze ook de ultieme radiotelescoop vormen op de maan.

Daarmee kun je misschien wel tot de *big bang* terug kijken in de tijd en exoplaneten vinden die radio-signalen produceren die duiden op een magneetveld dat leven beschermt.

Voordat we zover zijn, willen we testen of de belangrijkste onderdelen van de rover, de radio en de camera, kunnen overleven op de maan. Deze LEAP-missie zijn we nu aan het ontwerpen en bouwen. We moeten de *flight hardware* midden 2020 afleveren voor de laatste tests om daarna te worden toegevoegd aan de Maanlander van PTScientist die in 2021 zal landen. Het zou wereldnieuws zijn: het eerste studentenproject op de maan! Dat is het resultaat van een dikke trend op de TU: de samenwerking tussen het TU Delft Space Institute en het TU Delft Robotics Institute. Beide werken dwars door de faculteiten heen, bieden goede faciliteiten en werken samen met hartstikke gemotiveerde studententeams.” **SB**



# Online leren

De TU Delft biedt veel online cursussen over onderwerpen die voortbouwen op de sterke punten van onze faculteiten. De onderstaande *online academy courses* zijn ontwikkeld door de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek.

## Design of Lightweight Structures I

Deze cursus is bedoeld voor ingenieurs en managers in industrieën en technische disciplines die betrokken zijn bij het ontwerpproces van lichtgewicht structuren of componenten. Het is ook een waardevolle opfriscursus voor ervaren ingenieurs. Een belangrijke factor bij de ontwikkeling van materialen en componenten is gewichtsvermindering. Lichtgewicht structuren vormen echter een uitdaging: ze moeten licht maar ook veilig, duurzaam en gemakkelijk te onderhouden zijn. Dit is een introductie tot lichtgewicht structuren, te beginnen met de 'drie-eenheid' - de interactie tussen vormontwerp, basismateriaal en productie. De cursus behandelt de ontwerpprincipes; duurzaamheid en vermoeiing; testen; productiemethoden en mechanica. De nadruk ligt op composieten, maar ook metalen wordt behandeld.

Docent: Otto Bergsma (Universitair hoofddocent Fatigue, damage tolerance and durability)

Begint: 2 september 2019



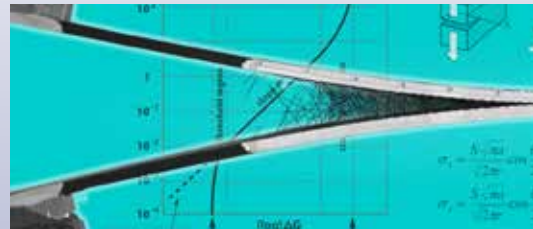
## Fatigue of Structures & Materials

Voor iedereen die werkt aan ontwikkeling, ontwerp of sterkte van technische constructies, is deze cursus van onschatbare waarde. Ingenieurs in dit vakgebied moeten de levensduur en vermoeiingsprestaties kunnen analyseren en beoordelen.

Vermoeiingsfracturen en daarmee gepaard gaande structurele storingen kunnen worden veroorzaakt door veel factoren, zoals de kwaliteit van toegepaste materialen, de productietechnologie, het structurele ontwerp, ongeschikte betrouwbaarheidsberekeningen, onderschatting van belastingspectra en onjuist gebruik van structuren. In deze cursus leer je potentiële moeheidsverschijnselen te identificeren, strategieën te ontwikkelen om fracturen te voorkomen en om de prestaties van constructies te verbeteren.

Docent: René Alderliesten (Universitair hoofddocent Fatigue, damage tolerance and durability)

Begint: 2 september 2019



Een volledig overzicht van alle online cursussen staat op: [online-learning.tudelft.nl/alumni](https://online-learning.tudelft.nl/alumni).

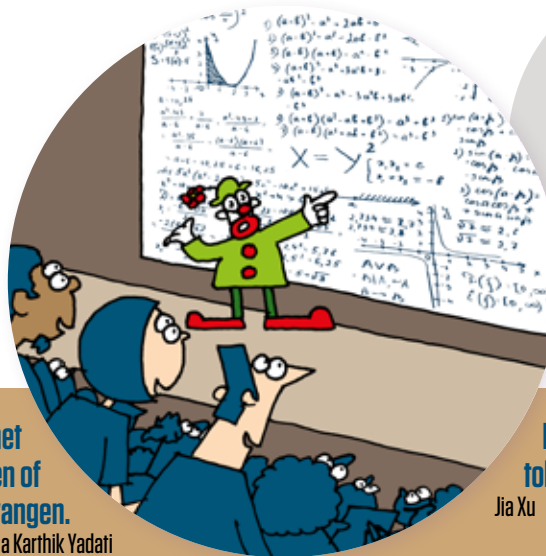
## HORA EST

## Smartphones en sociale media hebben een generatie geschapen die op de rand van een mentale crisis verkeert.

Verena Balz, Diplom-Ingenieur Studiengang Architektur.

“De stelling is gebaseerd op de observatie van mijn 17 jaar oude dochter, een vertegenwoordiger van de generatie Y. Deze jongeren zijn de eerste generatie die is opgegroeid in een constante online aanwezigheid. Ik heb gemerkt - en studies onderbouwen dat - dat ze daardoor langzamer volwassen worden. Op mijn dochters leeftijd trok ik liftend met vrienden door Europa. Jongeren van nu kijken constant naar anderen,

vergelijken hun eigen leven met de succesverhalen en prestaties van anderen. Dat maakt ze angstig en het ondergraaft hun zelfvertrouwen. In Duitsland, waar ik vandaan kom, zijn mensen meer bezorgd over hun privacy dan hier. Ze zijn meer terughoudend in het gebruik van sociale media. Nederlanders staan meer open voor verschillende vormen van sociale media, en ja, in mijn ogen zijn ze ook een tikje naïef.”



**Humor in een wetenschappelijk praatje is de meest efficiënte manier voor de spreker om te ontspannen en een band te creëren met het publiek.**  
Filip Rozpedek

**‘Hard werken loont’ is het slechtste advies dat je kunt geven of ontvangen.**

Narashimha Karthik Yadati

**Er is een fijne grens tussen tolerantie en onverschilligheid.**

Jia Xu

**In een wereld van alternatieve feiten kan de wetenschappelijke methode niet overleven.**

Thomas William Sherson

**Public relations is in de academische wereld net zo belangrijk als goed onderzoek doen.**

Victor Ernesto Vega Garita

**Begrijpen is een illusie.**

Nick Lindemulder

**Computers zijn goed in specialisatie, mensen zijn goed in generalisatie.**

Taygun Kekeç

**Er is geen plek voor baarden in de moderne fysica.**

Jeroen Theodoor Heldens

**Twijfel ligt tussen kennis en het onbekende in.**

Sergio Alberto Salinas Rodríguez

**Onderzoek is leuk tot het gedeelte dat je erover moet schrijven.**

Fiona Zakaria

**Als je aan iets begint wat je al kan, valt er weinig te leren.**

Gert Kraaij





‘Waarom zou  
je met pensioen  
gaan als je het  
naar je zin hebt?’

De president van maritiem dienstverlener Huisman, Joop Roodenburg, is verkozen tot Alumnus van het Jaar van de TU Delft.

TEKST DESIREE HOVING FOTO'S SAM RENTMEESTER

### Gefeliciteerd met uw benoeming tot alumnus van het jaar. Had u het verwacht?

“Nee. Ik ben een stuk ouder dan de zeven alumni die de prijs eerder in ontvangst namen. Maar toen ik zag dat ik in de *Walk of Fame* kwam, naast historische alumni als Cornelis Lely (die het plan voor de Zuiderzeewerken bedacht, red.), dacht ik: ik ben in goed gezelschap.”

### Lely was een techneut die de politiek in ging. Wat zou u als eerste doen als u morgen minister zou zijn?

“Allereerst wil ik kwijt dat er te weinig techneuten in de Tweede Kamer zitten. Daardoor hebben de meeste politici weinig verstand van techniek, vinden ze techniek eng en hebben ze weinig gevoel voor wat in ons land op industriegebied gebeurt. Als ik minister was, dan zou ik de maakindustrie nieuw leven inblazen. We zouden in Nederland weer slimme constructies moeten maken, zoals de grootste kranen ter wereld die wij hebben ontworpen voor Heerema. We hebben die kranen helaas bij Huisman China gebouwd, omdat ons land te duur is geworden.”

In 2012 was de 66 meter hoge fabriekshal van het bedrijf Huisman in Schiedam klaar.

Roodenburg laat er een foto van zien in het boek *This is Huisman*. Hij zal dit boek tijdens het gesprek vaker pakken om te laten zien wat zijn bedrijf allemaal heeft gemaakt.

“Begin vorig jaar hebben we de laatste reorganisatie gehad en onze fabricage in Nederland min of meer *on hold* gezet. In onze hal zijn veel grote constructies gebouwd, maar nu staat hij leeg. Dat we de maakindustrie verliezen in Nederland vind ik pijnlijk. De politiek doet veel te weinig moeite om dit in ons land te houden.”

### Huisman ontwerpt en bouwt vooral materiaal voor de olie- en gasindustrie, zoals pijpleidingen en drillsystemen, om offshore energie te winnen. Hoe valt dat te rijmen met het thema van de Delftse Dies Natalis van dit jaar: *Climate Action*?

“Mijn bedrijf ontwikkelt en bouwt apparatuur voor het winnen van zowel fossiele als niet-fossiele energie. Zo bouwden we in 2015 samen met Tocardo de grootste commerciële getijdencentrale ter wereld, om op een duurzame manier energie te winnen. Deze centrale is in één van de

openingen tussen de pijlers van de Oosterscheldedam geïnstalleerd om stroom op te wekken. Het plan was om de hele Oosterschelde vol te bouwen en het systeem te exporteren naar andere landen.”

## ‘Er zitten te weinig techneuten in de Tweede Kamer’

### Is uw plan om duurzaam energie te winnen gelukt?

“Niet echt. Ik wilde het feed-in tarief (een bij wet geregelde vergoeding om groene stroom in te kopen tegen opwekkingskosten, red.) om de stroom aan het net te verkopen. De windindustrie kreeg 16 tot 18 cent per kilowattuur en ik vond dat de getijdenindustrie recht had op hetzelfde. Ik weet nog dat ik een afspraak had met Henk Kamp, de toenmalige minister van Economische Zaken, om erover te praten. Ik had me goed voorbereid en deed de deur open van het zaaltje waar we zouden overleggen toen ik allemaal familie zag staan. Kamp zei: ‘We gaan vandaag wat anders doen. Je krijgt een lintje!’ Van mijn reactie op dat moment zijn video-opnames gemaakt. Daarop zie je mijn gezicht helemaal betrekken. Uiteindelijk kregen wij maar 4,9 cent per kilowattuur, evenveel als de prijs voor grijze energie. Met dit feed-in tarief werd deze getijdencentrale volkomen onrendabel en daarom verkocht ik onze aandelen voor een symbolisch bedrag.”

### Inmiddels houdt Huisman zich bezig met een andere vorm van duurzame energie: geothermie. Gaat dat beter?

“De politiek roept hard dat het goed gaat, maar als je kijkt naar de cijfers blijkt ook deze vorm van duurzame energie niet op te schieten. Het duurt heel lang voordat we vergunningen hebben om de twee gaten te boren. (Bij geothermie pomp je warm water uit de ondergrond naar boven om huizen, kassen en industrie te verwarmen. Het afgekoelde water laat je door het andere gat weer naar beneden stromen, red.) We hebben eerder putten geboord in Bergschenhoek en in Den Haag, maar op dit moment ligt de boorinstallatie in onze fabriek omdat we lang hebben moeten wachten op een vergunning voor Pijnacker.

### CV

Joop Roodenburg (1950) is president van Huisman in Schiedam. In 1971 rondde hij hts werktuigbouwkunde af en in 1977 studeerde hij af in de meet- en regeltechniek aan de TU Delft. Huisman is voorloper op het gebied van ontwerp en bouw van pijplegsystemen en actief op de markt voor de next generation boorsystemen, zowel op land als offshore. Daarnaast focust het op renewables. In 2015 startte Roodenburg met Buccaneer Delft, een ‘accelerator’ voor jonge technologiebedrijven, actief in de energie- en offshore sector. Zo streeft hij ernaar om zijn innovatiedrive en zijn ondernemerschap over te dragen op jonge en ambitieuze ondernemers. Sinds 2018 zit op het complex ook restaurant Kruidt: een plek waar iedereen welkom is.



Terwijl, als die putten er eenmaal zijn, dan heb je voor 20 tot 30 jaar aardwarmte. De overheid moet met een deltaplan komen om die vergunningen sneller te krijgen en meer projecten goed te keuren.”

### Geloof u in een toekomst met duurzame energie?

“Dat zou een deel van de toekomst kunnen zijn. Ik sluit me aan bij de visie van Shell, waarin staat dat de hoeveelheid olie die we gebruiken in 2025 piekt en gas in 2030. Daarvoor in de plaats komt een combinatie van geothermie, zon, wind, kernenergie en thorium (een veiliger alternatief voor uranium als brandstof in kerncentrales, red.). In de tussentijd hebben we nog steeds gas en olie nodig. Bovendien gaat de ontwikkeling van duurzame energie heel langzaam. We bouwen maar één zevende aan zon-, geo- en windenergie bij ten opzichte van het afnemen van gasvoorraden van kleine velden. Eigenlijk doen we dus veel te weinig op het gebied van duurzame energie. Iedereen roept dat we van het gas af moeten; volgens mij zou dat best kunnen, maar dan moet er wel actie komen!”

### Wat kunnen we nu doen?

“De grootste energiebesparing krijg je door efficiënter te werken. Ik doe alles sneller met minder mensen om olie of gas uit de bodem te halen. Dat is een *quick win*.”

**In 2013 kocht u een oude artillerieopslag in Delft en verbouwde die tot de Buccaneer, een plek waar u jonge ondernemingen ondersteunt die technologische innovaties voor de energietransitie bedenken. Richt u uw hoop op een duurzame toekomst op studenten van de TU Delft?**

“In zekere zin wel ja. Bij de Buccaneer zitten vijftien bedrijfjes die bezig zijn met energietransitie. Ik wil hen verbinden met grote bedrijven uit mijn wereld. Ook de TU Delft betrekken we daarbij. Zo nodigde ik pas een stuk of zes decanen uit om te brainstormen over actuele vraagstukken en te onderzoeken waar we elkaar kunnen aanvullen, zoals waar afgestudeerden onderzoek naar kunnen doen. Denk aan het ontwikkelen van kunststof buizen die niet corroderen - om binnen de geothermie toe te passen - of een totaal andere manier om windmolens te installeren door ze aan



wal in elkaar te zetten en in hun geheel te vervoeren met een speciaal schip.”

### U bent 69 jaar. Gaat u ooit met pensioen?

“Eigenlijk had ik allang met pensioen moeten zijn, maar dat ben ik inmiddels niet meer van plan. Waarom zou je met pensioen gaan als je het nog naar je zin hebt?”

## ‘Eigenlijk doen we dus veel te weinig op het gebied van duurzame energie’

### Wat is uw grootste droom?

“Mijn droom is altijd geweest om mooie machines en systemen te ontwikkelen en te realiseren. Zo bouwden we in 1986, toen de olieprijs maar tien dollar was, een aardbevingssimulator voor een pretpark. We kochten zelfs de achtbaanbouwer Vekoma Rides, die we zeer recent verkocht hebben. Ook bouwden we twee skyshuttles voor cruiseschepen. Ik vind dat gewoon leuk. Mijn droom is om op verschillende gebieden innovatief bezig te zijn. Of ik nou pretparkattracties of boorsystemen bouw, dat maakt me niet uit.” <<

# ‘De materiële kant van het ontwerp dreigt te verdwijnen’

De faculteit Industrieel Ontwerpen, die dit jaar het vijftigjarig bestaan viert, heeft twee nieuwe vrouwelijke hoogleraren uit ‘eigen kweek’. Prof.dr.ir. Conny Bakker en prof.dr.ir. Ruth Mugge richten zich op broodnodige duurzaamheid in design.

**De faculteit is trots op het feit dat er nu voor het eerst twee professoren aantreden die hun volledige opleiding bij Industrieel Ontwerpen hebben genoten. Hoe ervaren jullie dat?**

Conny Bakker: “Wij zijn ook trots.”

Ruth Mugge: “Industrieel Ontwerpen is multidisciplinair, daarom zie je dat veel mensen van andere disciplines hier hoogleraar worden. Het is goed dat je je eigen studenten die kans ook kunt bieden. En we zijn een rolmodel voor vrouwelijke studenten.”

**Zien jullie jezelf als rolmodel?**

Bakker: “Zeker! We hebben onder studenten nu iets meer vrouwen dan mannen. Normaliter zou zich dat moeten weerspiegelen in het wetenschappelijk personeel. Nu hebben we de kans dat ietsje rechter te trekken. Ook vrouwen moeten zich kunnen identificeren met mogelijke wetenschappelijke carrières, anders dan de praktijk in gaan.”

**Hebben jullie destijds rolmodellen in de opleiding gemist?**

Bakker: “Ik ben in 1983 begonnen en in 1989 afgestudeerd en we hadden één vrouwelijke hoogleraar: Gerda Smets, op vormgeving. Dat was toen bijzonder, maar verder was ik er niet zo mee bezig. Gerda Smets was trouwens een Belgische. Opvallend is dat de eerste lichte vrouwelijke hoogleraren hier uit het buitenland kwamen.”

Mugge: “Ik ben in 1995 begonnen en in 2001 afgestudeerd. Gerda Smets is

een bekende naam, maar ik twijfel of ik les van haar heb gehad. Ik heb wel een rolmodel gemist, denk ik. Als vrouw is een carrière in de top toch iets minder logisch.”

**En nu ziet de faculteit jullie als gidsen op haar route naar duurzaam design. Hoe ziet jullie specifieke onderzoeksgebied eruit?**

Bakker: “Mijn onderzoeksgebied gaat over ontwerpmethoden voor duurzaam ontwerpen. Sinds 1992 is de wereld complexer geworden en het milieuprobleem urgenter. Hoe beoordeel je bijvoorbeeld de milieu-impact van een smartphone? Daar zit een hele infrastructuur achter, van satellieten tot datacenters en mobiele wifi-net-

werken. Het wordt nog complexer met *blockchain* en *internet of things*. Technologieën kunnen helpen om productstromen en systemen duurzamer te maken, maar ze hebben ook een enorme footprint. Levert het genoeg op als je die technologieën gebruikt? Daar hebben we nog niet de goede antwoorden op.”

Mugge: “Ik richt mij op consumentengedrag, vanuit duurzaam perspectief. Hoe kijkt de consument naar producten en hoe gedraagt die zich. Hoe kun je ervoor zorgen dat consumenten positief kijken naar circulaire producten, zoals telefoons die een tweede leven krijgen? Bij antiek vinden mensen het prachtig dat het oud is. We kijken naar



Professor Ruth Mugge: “Ik richt me op verschillende soorten consumentengedrag.”



Professor Conny Bakker: "Hoe beoordeel je de milieu-impact van een smartphone?"

de perceptie, naar het product en naar hoe mensen zich gedragen als ze een product hebben. Hoe kun je ze ervan overtuigen hun telefoon langer te houden? Hoe kun je de ontwerper helpen duurzamer consumentengedrag te realiseren?"

### Hoe kun je dat doen?

Mugge: "Door een product een verhaal mee te geven. Een afstudeerder van ons samen heeft een volledig zwart geverfde lamp ontwikkeld. Het was de bedoeling dat je daar de lengte van je kind in kraste. Elk jaar kon je via je lamp laten zien hoe je kind groeide. Vervolgens wordt die lamp bijzonder, uniek en onvervangbaar. Je gaat eerder repareren om het product te behouden. Dat kun je realiseren via het ontwerp."

### Wat hebben jullie in je gezamenlijke intreerede op 10 mei aan je toehoorders willen meegeven?

Bakker: "Ik heb zes veranderingen in visies geschetst die ik de laatste decennia in het vakgebied heb waargenomen. Ik wilde vertellen hoe die de ontwikkeling van methodes gaan beïnvloeden."

### Welke veranderingen zijn dat?

Bakker: "Eentje heet *limits*. Er was het idee dat door efficiënter produceren je economische groei én milieuwinst kon boeken. Daarvan weten we inmid-

dels dat het niet kan. We moeten dus nadenken over grenzen aan de groei en over alternatieve vormen van groei en wat dat betekent voor je methodes. De tweede heb ik *radical change* genoemd. Lang was het idee dat we alleen maar grote veranderingen bereiken door kleine stapjes te zetten. Dat is in veel gevallen waar, maar het wordt tijd na te denken over radicalere veranderingen die keihard nodig zijn

### 'Hoe kun je ervoor zorgen dat consumenten positief kijken naar circulaire producten?'

door de urgentie. Ik wil laten zien dat ontwerpers een rol hebben in het laten zien van radicale maar spannende toekomstbeelden.

Een derde verandering heet *confronting consumption* en raakt aan het werkveld van Ruth. Er is lang een neiging geweest om het milieuprobleem af te wentelen op individuele consumenten, terwijl die vaak vastzitten in een systeem. We creëren bijvoorbeeld een infrastructuur met goedkope vluchten en zeggen vervolgens 'je moet minder vliegen'. Zolang we die infrastructures niet aanpakken, wordt het voor individuen ontzettend moeilijk hun gedrag te veranderen.

Verder heb je circulair ontwerpen. We moeten nadenken over wat er gebeurt met een product als het niet meer wordt gebruikt. En hoe we het een tweede en derde leven kunnen geven. Daarover moet je in het begin van het proces al een strategische beslissing nemen.

De vijfde is *time in design*. Mijn pleidooi is om het ontwerpproces in de tijd veel meer te rekken. Ontwerpers moeten producten blijven volgen en er geen afscheid van nemen zodra ze van de tekentafel af zijn.

De laatste verandering is dat met de opkomst van internet of things en blockchain de wereld aan het dematerialiseren is. Klassiek voorbeeld is dat niemand meer een antwoordapparaat heeft. Feitelijk is een smartphone het equivalent van een kamer vol computers. De materiële kant van het ontwerp dreigt te verdwijnen. Je ziet het in de revisie van de bachelor die nu gaande is."

### Mugge richt zich tijdens de inauguratie op 'duurzaam consumentengedrag'. Die term klinkt tegenstrijdig.

Mugge: "Zodra je gaat consumeren zijn er altijd materialen en energie nodig, maar je kunt het product zodanig vormgeven dat je er zo min mogelijk van nodig hebt. Als je materialen optimaal gebruikt, het product drie levens geeft en daarna recycleert, kom je richting duurzame consumptie.

Ik richt me op verschillende soorten consumentengedrag. Een voorbeeld is de keuze van alternatieven. Je kunt de verpakking van afwasmiddel ook maken van oceaanplastic. Die is dan zwart, terwijl een transparante verpakking een schoon gevoel geeft. Je zult die perceptie moeten veranderen via het ontwerp.

Er zijn daarnaast alternatieve manieren van consumptie zoals betalen per was: je krijgt gratis een wasmachine en betaalt per keer en ook nog eens minder als je koud wast. Zo stimuleer je dat mensen hun gedrag aanpassen. Om dat te doen, wil je mensen extra voordelen bieden én moet je het ze makkelijker maken." <<

# Na Delft

Tijdens zijn studie civiele techniek kreeg constructeur Koen van Doremaele niet alleen de smaak van het reizen te apkken, maar ook die van het schrijven.

**B**ruggen en boeken. Begin er over en Koen van Doremaele begint te stralen. Neem de Botlekbrug die bij de bouw veel constructieproblemen kende. Als constructeur bij Ballast Nedam hielp Van Doremaele die oplossen. Een ‘superleuke klus’ vindt hij. Hij spreekt lyrisch over de brug die bij menig chauffeur tot irritatie zal hebben geleid: “Funderingen die twintig meter diep onder water liggen en vergelijkbaar zijn met complete appartementencomplexen. Torens van een meter of zestig met tandwielkasten bovenop, en een brugdek zo groot als een voetbalveld.”

Hoewel hij als scholier een carrière in het leger of in de sport overwoog, koos hij voor techniek. Zijn doel: iets tastbaars ontwerpen dat tientallen jaren is te gebruiken. Als civiele techniek niet beviel kon hij altijd nog bouwkunde doen, hoorde hij op een voorlichtingsdag. Civiel beviel. Na een jaar Delftsche Studenten Bond koos hij voor basketbalvereniging Punch waarvan hij voorzitter werd. Hij schreef er het clubblad vol. “Met serieuze verhalen en kletspraat, dat viel goed”, zegt hij. Na een half jaar ging hij naar het buitenland. Door een studentenproject in Tanzania kreeg hij het reisvirus te pakken. Zo ging hij na zijn afstuderen in 2009 - op metaalmoetheid van brugplaten – een maandje relaxen in Costa Rica



Naam: Koen van Doremaele  
 Woonplaats: 's Hertogenbosch  
 Burgerlijke staat: Vrijgezel  
 Opleiding: Civiele techniek  
 Vereniging: Een jaar Delftsche Studenten Bond, zes jaar Punch Basketbal

en Panama voordat hij bij Ballast Nedam begon. Voor zijn werk ging hij een half jaar naar de Filipijnen om een aannemer te helpen met een energiecentrale.

Na 7,5 jaar stapte hij over naar BAM waarvoor hij onder meer vijf windmolenfundaties bouwde in het Engelse Newcastle. En hij ging al diverse malen naar Antarctica voor het ontmantelen en herbouwen van een kademuur.

Tijdens zijn reizen hield hij een reisblog bij. Hij won zelfs een prijs voor een artikel over een trektocht naar Machu Picchu. “Mensen zeiden dat ik daar iets mee moest doen: een boek schrijven. Ik ging één dag in de week drie pagina’s

per uur schrijven.” En zo ontstond zijn in eigen beheer uitgegeven komische thriller *Nonius*, over een jongen uit de polder die een eiland wil veroveren.

Alles wat daarin volgens hem beter had gekund, verwerkte hij in zijn tweede boek: *Het Sapri Schandaal*, uit 2018. Sapri is een dorpje onder Napels. Van Doremaele was er met vrienden op vakantie en deed op een terrasje een idee op voor het plot. Het gaat over, hoe kan het ook anders, een brug en de mafia die een bouwplaats saboteert. 

# DE ZAAK

Het idee om zelf bier te maken ontstond in de kroeg. Tien jaar later hebben Frank en Lei van der Linden hun eigen brouwerij. Hun advies: "Vergeet nooit je dronken ideeën."

**Z**e waren ooit student in Delft. Zij studeerde science communication, hij industrieel ontwerpen. De één had meer met bier dan de ander. "Ik was bier aan het ontdekken op elke mogelijke manier", grapt Frank. Zij was daarentegen geen partytype. "Ik was het stereotype Aziatische meisje, ik dronk tijdens mijn studententijd helemaal geen bier."

"Het begon als een impulsief idee: laten we ons eigen bier maken", vertelt Lei. Verstand van bier brouwen hadden ze niet. "Maar tegenwoordig kun je via internet jezelf alles aanleren. Dat is een *skill* waar je als TU-student

## Deze TU-alumni maken hun eigen speciaalbier

trots op kunt zijn."

Jeroen Canton, chief designer van Frankendael Brouwerij, is de derde van het oprichterstrio. Hij studeerde industrieel ontwerpen en is verantwoordelijk voor het *art work*. "Hij ontwerpt de etiketten", zegt Frank. "Die zijn in popartstijl: opvallend, maar ook een beetje *nerdy*. We blijven TU'ers, hè."

De speciaalbierbrouwerijen schieten tegenwoordig als paddenstoelen uit de grond. "Het is een hype, niet alleen in Nederland, maar in de hele wereld", aldus Frank. De opstartkosten zijn laag, wat het populair maakt voor

start-ups. "Met vijftuizend euro startkapitaal kun je aan de slag", legt hij uit. Inmiddels zijn er zo'n zeshonderd brouwerijen in Nederland. "Toen wij begonnen was dit nog maar de helft. We hoorden bij de *early adapters*."

Het stel adviseert studenten die overwegen ondernemer te worden niet te twijfelen. Frank: "Probeer het gewoon. Onderschat de ideeën die je in een dronken bui op een bierviltje schrijft niet, dat kunnen namelijk de beste zijn. En onthoud dat de meeste start-ups mislukken. Maar daar hoor je niks van, omdat men liever succesverhalen vertelt."

Ook internationale studenten moeten de stap richting een eigen onderneming durven te zetten, vindt Lei. "Het beeld bestaat dat Aziatische studenten alleen maar heel hard studeren in de UB, nooit uitgaan en na hun studie meteen weer het land verlaten. Maar ik zie om me heen allemaal voorbeel-



den van internationale studenten die carrière aan het maken zijn." Of er ook misverstanden bestaan over het ondernemerschap? "Het is veel harder werken dan ik ooit had verwacht", zegt hij. "Het is een 24 uur-job", beaamt zij. "Je bent er altijd mee bezig. Ik lig vaak genoeg 's nachts in bed te denken aan dingen die nog moeten gebeuren."

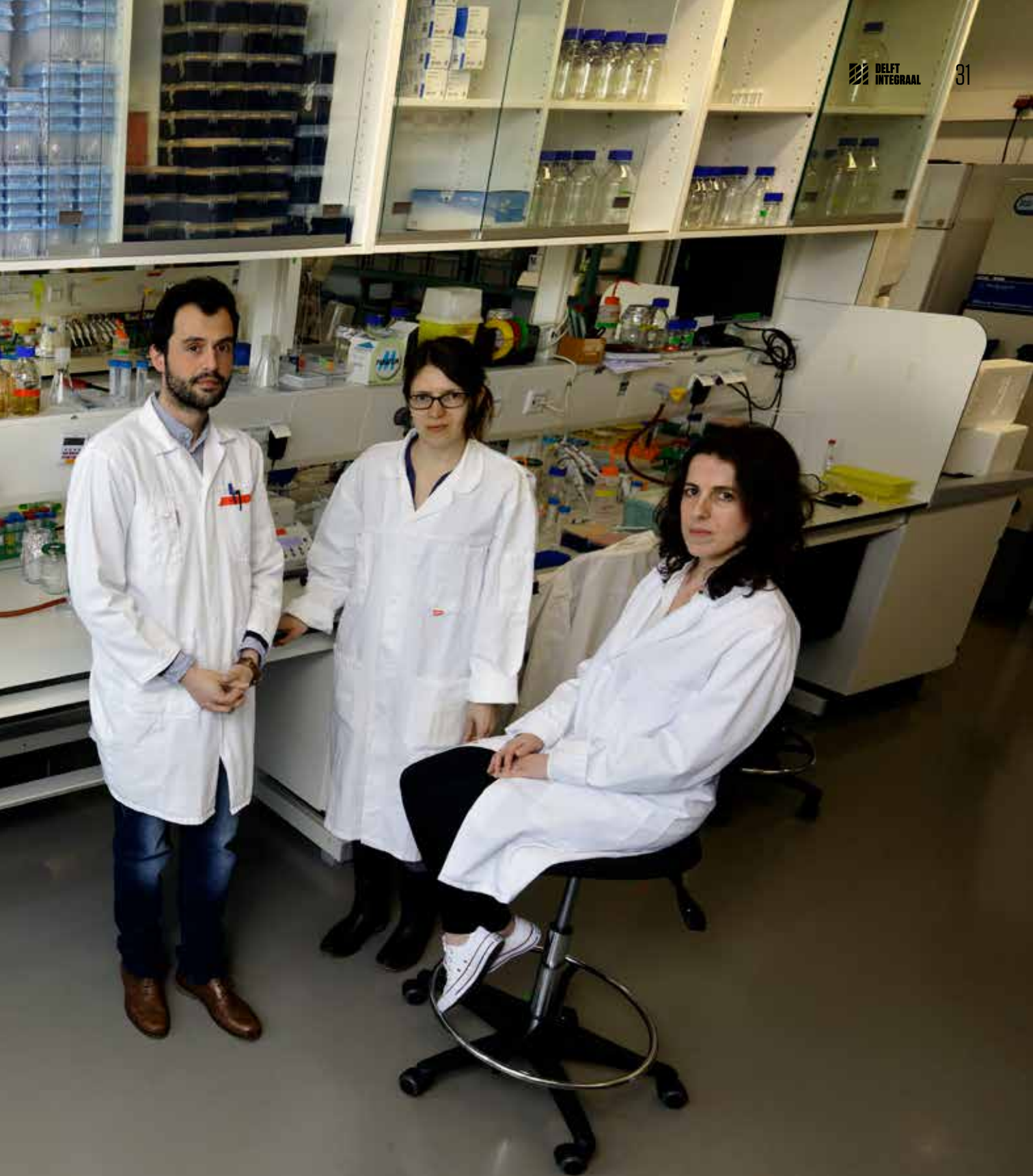
Ondernemen is verslavend, vinden ze allebei. Frank: "Ik heb elke dag nieuwe ideeën." De komende jaren hopen ze hun brouwerij uit te kunnen breiden op internationaal vlak. "We zijn nu aan het kijken wat de mogelijkheden zijn in China." 

Bedrijf: Frankendael  
Naam: Frank en Lei van der Linden  
Studies: Industrieel ontwerpen (Frank) en science communication (Lei)

Bedrijf: Frankendael Brewing  
Product: Speciaalbier  
Medewerkers: Vier medewerkers, onder wie de twee oprichters  
Omzet: 200 duizend euro in 2018  
Over vijf jaar: Eén van de populairste speciaalbiermerken zijn in Nederland en wereldwijd.



# Fagenbank zoekt alternatief voor antibiotica



Bacteriële infecties blijken steeds vaker ongevoelig voor antibiotica. Kunnen bacteriofagen een alternatief bieden? De Fagenbank brengt de effectiviteit in kaart.

Lees verder op pagina 32

**J**aarlijks overlijden in Europa 33 duizend mensen aan infecties met resistente bacteriën en de verwachting is dat dit er in 2050 wereldwijd 10 miljoen zullen zijn. Alternatieve bestrijdingsmethoden zijn dus meer dan welkom, maar hoe effectief zijn bacteriofagen? En wat zijn de bijwerkingen?

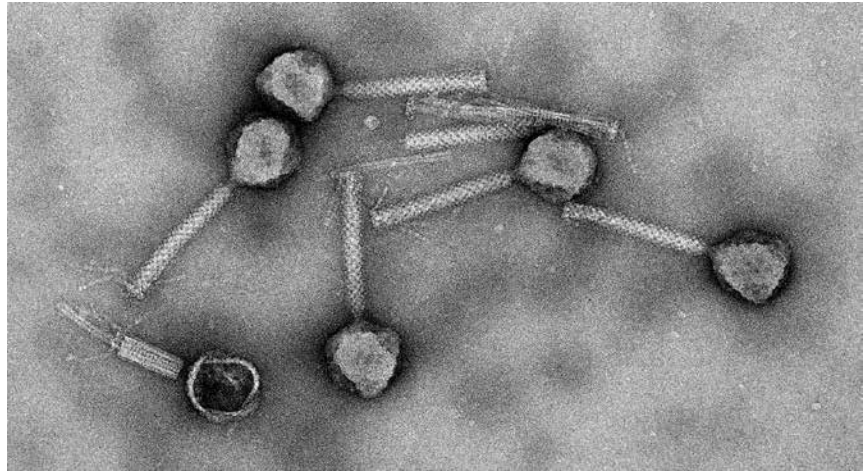
### WAT ZIJN BACTERIOFAGEN?

Bacteriofagen zijn virussen die bacteriën kunnen aanvallen en doden. Verplaats je even in de microwereld. Om je heen zweven bacteriën, die in werkelijkheid tussen 1 en 5 micrometer groot zijn. Daar tussendoor zwemmen bazoeka-vormige structuren, op de tast op zoek naar een prooi. Dit zijn bacteriofagen, al sinds miljarden jaren het natuurlijke gezelschap van bacteriën. Ze zijn samen geëvolueerd en hebben generatie na generatie elkaars afweer weten te overtroeven.

Wanneer een bacteriofaag een geschikte gastheer herkent, koppelt hij de loop van de bazoeka aan het membraan van de bacterie. Dat activeert een mechanisme dat de inhoud uit de kop met kracht in de bacterie spuit. Een faag is qua omvang een tiende van zijn prooi, maar uitmuntend toegerust op zijn enige taak in het bestaan: een bacterie zoveel mogelijk kopieën van zichzelf te laten produceren. “Het zijn de ultieme nanomachientjes”, zegt microbioloog dr. Stan Brouns (Technische Natuurwetenschappen). “Ze zijn vele malen ingewikkelder dan wat wij momenteel kunnen ontwerpen.”

En toch zijn deze complexe machientjes van zeer bescheiden komaf. De rijkste bronnen van bacteriofagen zijn doucheputjes, darmkanalen, rioolwater van een ziekenhuis of afvalwaterzuivering. Ook de diepgevroren collectie van de fagenbank vindt daar zijn oorsprong.

Ruim honderd jaar geleden werd de bacteriedodende werking van bepaal-



Fagen onder de microscoop.

de stoffen ontdekt door de Engelse bacterioloog Frederick Twort en de Frans-Canadees Félix d’Hérelle. “Begin 1919 isoleerde d’Hérelle bacteriofagen uit het filtraat van kippenstront en wist daarmee kippentyfus te bestrijden. Dat gaf hem zoveel vertrouwen in de aanpak dat hij in augustus van

### 'Het zijn de ultieme nanomachientjes'

datzelfde jaar een dysenteriepatiënt op soortgelijke wijze behandelde, met succes. Daarna volgden vele anderen. Hoewel niemand wist wat een bacteriofaag (letterlijk: iets dat bacteriën eet) feitelijk was, zat d’Hérelle er niet ver naast met zijn omschrijving van ‘een biologisch organisme dat teert op bacteriën’. Hij zou zijn ogen uitkijken bij de elektronenmicroscopiefoto’s die de bacteriofagen laten zien als nanomachientjes op zoek naar een prooi. D’Hérelle werd bekend onder artsen in Europa. Hij ontving in 1924 een eredoctoraat van de Universiteit Leiden en een Van Leeuwenhoek-medaille van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Maar ondanks alle eerbetoon speelden bacteriofagen na de Tweede Wereldoorlog

en de introductie van antibiotica geen rol meer in infectiebestrijdingen, althans niet in het Westen.

### WEER IN DE BELANGSTELLING

Aan de andere kant van het voormalige IJzeren Gordijn, in Polen en Georgië, werd volop doorgewerkt aan de ontwikkeling van bacteriofagen voor geneeskundige toepassingen. Het fagentherapiecentrum in Tbilisi, dat d’Hérelle zelf nog bezocht, is nu een Amerikaans bedrijf.

Momenteel winnen de bacteriofagen weer aan belangstelling, mede dankzij televisie-uitzendingen in de afgelopen twee jaar. West-Europese patiënten reizen naar Tbilisi en betalen daar duizenden euro’s voor een poliklinische behandeling.

Medici zijn niet blij met de kritiekloze berichtgeving over fagentherapie. Zo reageert medisch microbioloog prof.dr. Marc Bonten (UMC Utrecht) sarcastisch. “Ik heb nog nooit zoveel onzin in zo’n korte tijd gehoord.” In zijn weblog op *Reflections on Infection Prevention and Control* adviseert hij huisartsen wier patiënten een behandeling met bacteriofagen eisen hen te verwijzen naar hun darmflora.

### KIJKEN WAT WERKT

“Wij onderzoeken met open vizier of



we infecties kunnen bestrijden met fagen”, zegt Brouns over de Fagenbank. “We willen vaststellen wanneer het wel of niet werkt en wat de risico’s zijn. We leggen in de Fagenbank een verzameling van bacteriofagen aan tegen ongeveer 15 soorten bacteriën.” Dat betekent: fagen opkweken in een bacteriekolonie en de fagen eruit filteren. De fagen worden na zuivering bewaard in kleine plastic buisjes in de vriezer, keurig voorzien van een unieke code.

De werkzaamheid van fagen tegen bacteriën wordt met een uitgebreid kruisschema vastgesteld, en vastgelegd in matrices. Groen als faag A bacterie B doodt, geel als er alleen een remming van de bacteriegroei optreedt of wit als de faag geen effect heeft. Zo wordt systematisch kennis opgebouwd over welke faag effectief is tegen welke bacterie.

De ambachtelijke oorsprong van de fagentherapie is vervangen door genetische analyses, systematische screenings en databases. Microbiologie is een exacte wetenschap geworden.

### KLINISCHE TEST

Naast dit fundamentele werk heeft de Fagenbank contact met het UMC Utrecht voor een klinische proef. Hoogleraar medische microbiologie Marc Bonten en arts-microbioloog dr. Pieter-Jan Haas hebben een protocol opgesteld om de werking van bacteriofagen te testen bij een dozijn patiënten met taaislijmziekte met bacteriële infecties in de longen. Die nemen daar twee maal daags medicatie voor in met een puffer. Het voorstel is om daar gerandomiseerd bacteriofagen aan toe te voegen. “De patiënten zijn hun eigen controlegroep,” legt Bonten uit, “doordat ze afwisselend wel en niet met fagen behandeld worden.” Zo moet duidelijk worden of de fagen infectiebestrijding versterken, of dat toevoeging van bacteriofagen geen of zelfs

een negatief effect heeft. Let wel: de fagen worden getest op hun werking als toevoeging aan antibiotica, niet als alternatief. “Het is onethisch om patiënten hun medicatie te onthouden en te vervangen door iets waarvan je niet weet of het werkt”, verklaart Bonten. Maar zover is het nog niet. Het protocol verkeert al twee jaar in een impasse. Er is een Catch-22-situatie ontstaan omdat de European Medical Authority bacteriofagen als geneesmiddel aanmerkt, zodat de productie ervan moet voldoen aan strenge richtlijnen (*good manufacturing practice*) die onder meer een steriele productieomgeving vereisen. Alleen: zonder bacteriën kun je geen fagen kweken. Zo is er een situatie ontstaan dat het ministerie van Volksgezondheid, patiënten, apothekers en inspectie allemaal zitten te wachten op een gedegen klinische test, maar dat iedereen gevangen zit in voorschriften en niemand toestemming kan geven voor een test. Mogelijk biedt de Helsinki Declaration een uitweg. Die staat experimentele behandeling van patiënten toe als er geen reguliere behandeling meer voorhanden is. Maar alleen doodzieke patiënten toelaten tot de klinische test staat haaks op het protocol. Belgen en Fransen zijn minder streng in de leer, dus misschien biedt internationale samenwerking een sluiptweg. Bonten

en Haas voeren regelmatig overleg met betrokken instanties om een uitgang te vinden uit het labyrint van regels.

### COMMERCIEEL NIET AANTREKKELIJK

Stel: de klinische proef gaat door, de uitslag laat een positief effect van de fagen zien. Dan is de productie het volgende obstakel. Een bacteriofaag is niet te patenteren, en dus is het voor een farmaceutisch bedrijf commercieel niet aantrekkelijk om erin te investeren. De productie is volgens Haas niet ingewikkeld of duur. Kleinschalige (‘magistrale’) bereiding door de ziekenhuisapotheek lijkt de meest aangewezen weg. Dus zelfs als alles meezit voor de fagen zal de toepassing hoogstwaarschijnlijk kleinschalig zijn. “Dit wordt geen *blockbuster*”, vat Bonten samen.

En toch kan het. Op de valreep stuurt Brouns een artikel door uit *Nature Medicine* (mei 2019). Een Amerikaans-Brits team heeft een 15-jarig meisje met taaislijmziekte genezen van een longontsteking na een transplantatie. Ze deden dat door een intraveneuze behandeling met genetisch aangepaste bacteriofagen. Is dit een blik in de toekomst? <<

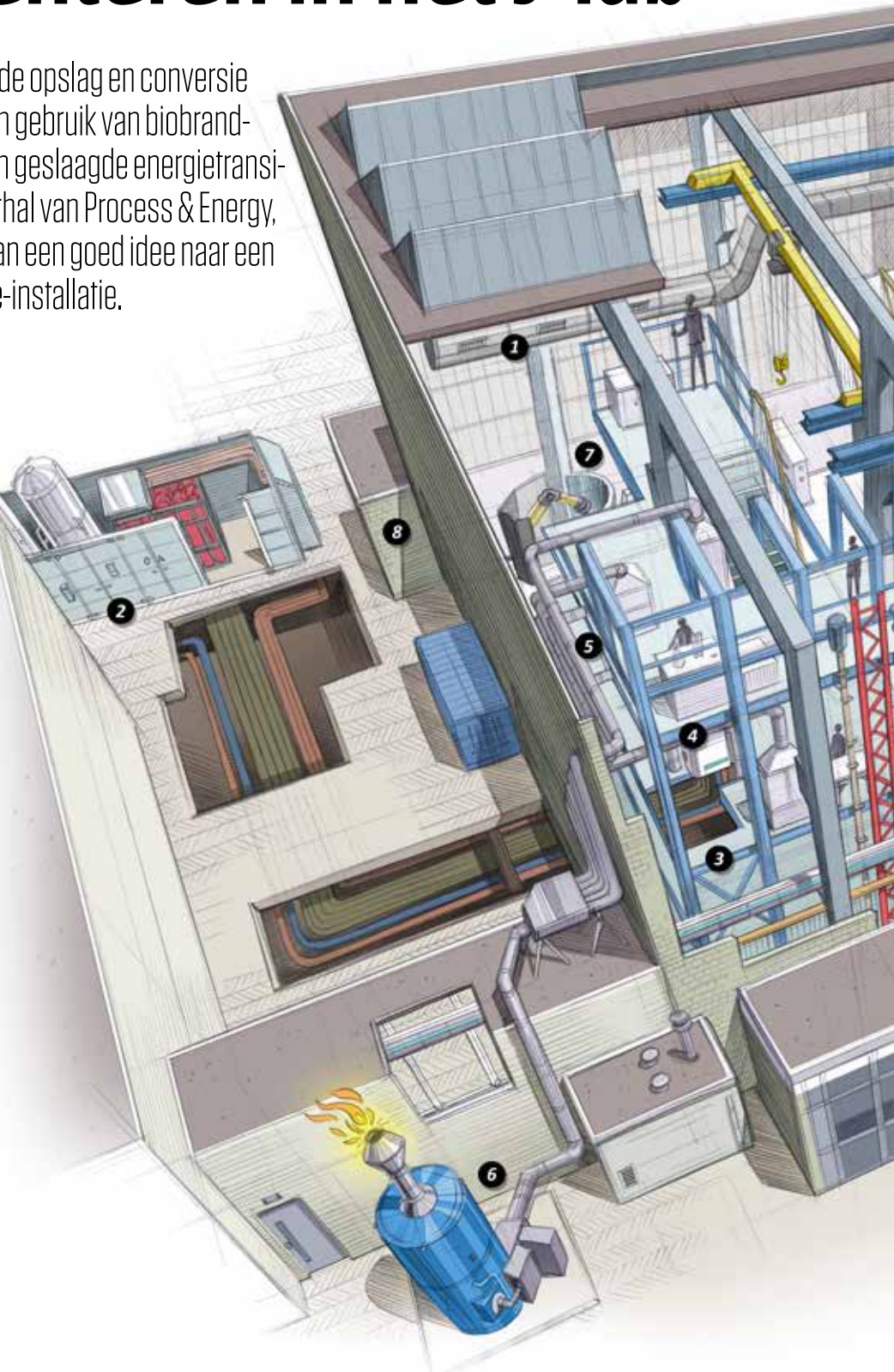
De Delftse Fagenbank is een initiatief van microbioloog dr. Stan Brouns. Hier worden bacteriofagen onderzocht als alternatief voor antibiotica. Op 16 april vond de officiële opening plaats tijdens de Medical Delta Conference, een jaarlijkse conferentie over medische technologie. De Fagenbank is voor zijn ondersteuning afhankelijk van donaties. Dankzij een startsubsidie van 144 duizend euro van het Universiteitsfonds Delft kan Brouns voor 2,5 jaar een analist in dienst nemen en laboratoriumkosten betalen. Voor verder onderzoek is Brouns op zoek naar aanvullende financiering.

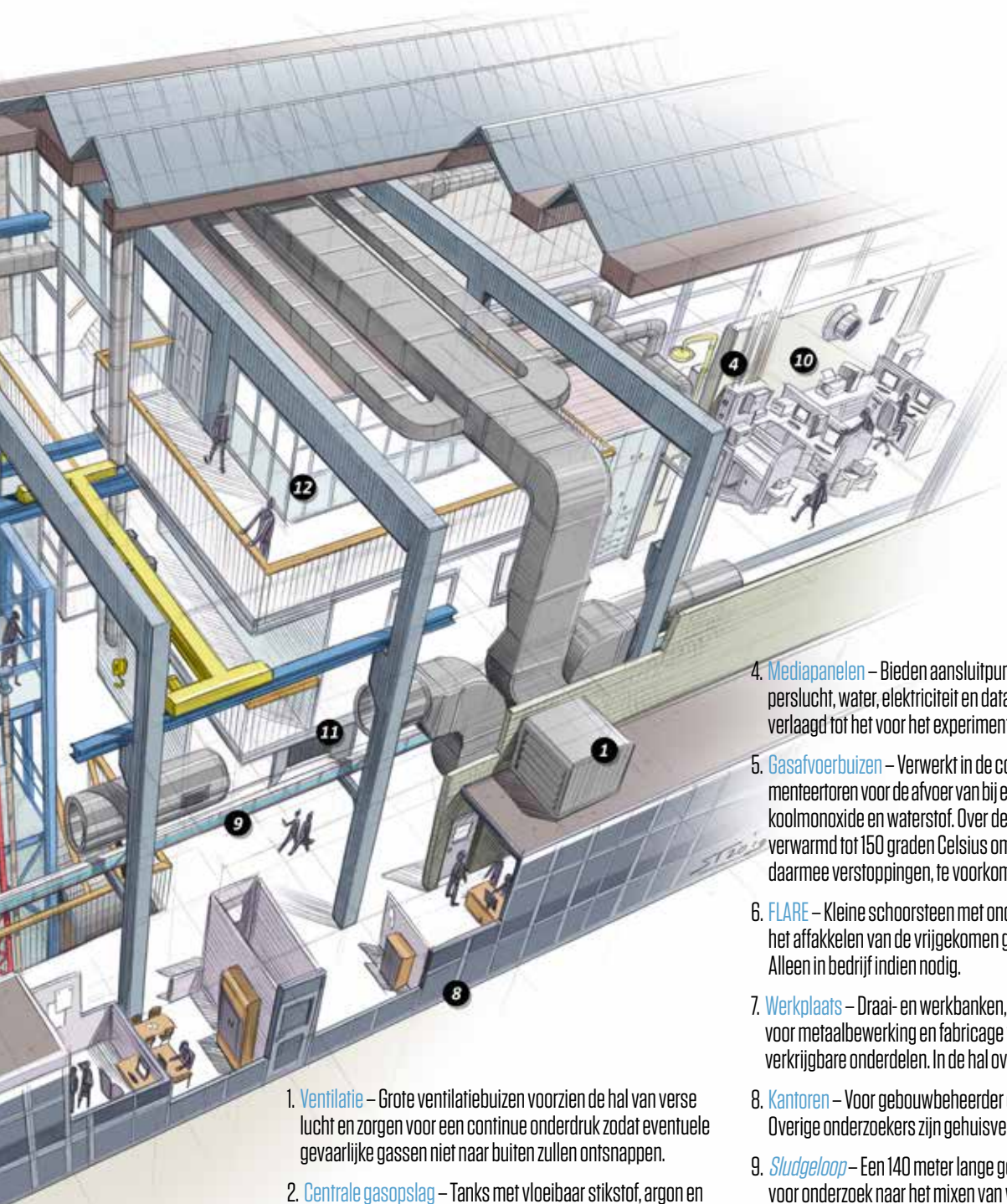
[www.fagenbank.nl/home/steun-ons](http://www.fagenbank.nl/home/steun-ons)

# Experimenteren in het J-lab

Innovaties in brandstofcellen, de opslag en conversie van energie, en de productie en gebruik van biobrandstoffen zijn essentieel voor een geslaagde energietransitie. Het J-lab, de experimenteerhal van Process & Energy, biedt alles om op te schalen van een goed idee naar een manshoge procestechnologie-installatie.

**E**en prominente blauwe stalen constructie, door gebruikers 'het frame' genoemd, vult bijna de helft van de hal bij de faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek & Technische Materiaalwetenschappen (3mE). Het gevaarte biedt 300 vierkante meter vrij in te vullen ruimte voor experimentele opstellingen die te groot zijn voor het lab en nog niet rijp genoeg voor een *pilot plant*. De andere helft van de hal bestaat hoofdzakelijk uit laboratoriumruimte ter ondersteuning van deze opgeschaalde experimenten. Hier wordt ook kleinschalig onderzoekswerk verricht. Het interfacultaire *Negative Emissions Programme*, gericht op de verwijdering van broeikasgassen uit de atmosfeer en op grootschalige energieopslag, doet veel experimenten in de hal. Verder is er een grote variëteit aan opstellingen – van onderzoek naar het winnen van energie uit temperatuurverschillen in de oceaan, tot het opwekken van elektriciteit middels het tot plasma verhitten van metalen uitwerpselen.





1. **Ventilatie** – Grote ventilatiebuizen voorzien de hal van verse lucht en zorgen voor een continue onderdruk zodat eventuele gevaarlijke gassen niet naar buiten zullen ontsnappen.
2. **Centrale gasopslag** – Tanks met vloeibaar stikstof, argon en koolstofdioxide. Gasflessen met zuurstof, waterstof, koolmonoxide, methaan, helium en ammoniak. Bevat ook een aftappunt voor vloeibaar stikstof.
3. **Kelder** – Ringleidingen onder de gehele hal door voor de aanvoer van gassen, elektriciteit, en onthard, gedemineraliseerd en drinkwater. Met aftakkingen naar de meer dan twintig mediapanelen in het frame en de laboratoria.

4. **Mediapanelen** – Bieden aansluitpunten voor gassen, perslucht, water, elektriciteit en data. Hier wordt de gasdruk verlaagd tot het voor het experiment gewenste niveau.
5. **Gasafvoerbuizen** – Verwerkt in de constructie van de experimenteertoren voor de afvoer van bij experimenten vrijgekomen koolmonoxide en waterstof. Over de gehele lengte elektrisch verwarmd tot 150 graden Celsius om neerslag van teren, en daarmee verstoppingen, te voorkomen.
6. **FLARE** – Kleine schoorsteen met onderin een gasvlam voor het affakkelen van de vrijgekomen gevaarlijke gassen. Alleen in bedrijf indien nodig.
7. **Werkplaats** – Draai- en werkbanken, knipschaar en een lasserij voor metaalbewerking en fabricage van niet-commercieel verkrijgbare onderdelen. In de hal over twee locaties verdeeld.
8. **Kantoren** – Voor gebouwbeheerder en hoofdonderzoekers. Overige onderzoekers zijn gehuisvest in de faculteit 3mE.
9. **Sludgeloop** – Een 140 meter lange gevouwen horizontale buis voor onderzoek naar het mixen van water en luchtbellen.
10. **Analytisch lab** – Zuurkasten, spectrometrie-, chromatografie- en overige apparatuur voor de analyse van monsters (met name van tussen- en eindproducten van de grote opstellingen).
11. **Laserlabs** – Onderzoek naar het bevorderen van de neerslag van zouten door het met laserlicht bevorderen van kristallisatie.
12. **Kraaiennest** – Flexplekken voor (master)studenten

## PERSOONLIJK



Prof.dr. **Pieterneel Levelt** (TU Delft en KNMI) heeft met haar team de prestigieuze Amerikaanse Pecora award gekregen van Nasa. Het team ontving de prijs voor hun prestaties op het gebied van aardobservatie. Zij bouwden het Ozone Monitoring Instrument OMI dat sinds 2004 wereldwijd atmosferische ozon en andere gassen in de dampkring meet. In oktober 2017 stuurden zij het instrument Tropomi de ruimte in, dat op een hoogte van 800 kilometer met ongekende precisie broeikasgassen in kaart brengt.



Zonne-energie-expert prof.dr. **Arno Smets** is een van de eerste mission innovation champions, een nieuw initiatief om pioniers op het gebied van schone energie te eren. Hij kreeg de titel vanwege de impact van zijn onderwijs en onderzoek op het gebied van energietransitie. De prijs is toegekend door een coalitie van landen die tijdens de Klimaatop in Parijs hebben afgesproken hun inspanningen op het gebied van energie-innovatie te willen versnellen.



Prof.dr.ir. **Ronald Hanson**, wetenschappelijk directeur van Qutech, heeft van onderzoeksfinancier NWO de Spinozaprijs ontvangen. Deze prijs geldt als de grootste wetenschappelijke prijs van Nederland. Er is een geldbedrag van 2,5 miljoen euro aan verbonden. Hanson werkt aan het onder controle krijgen van de quantummechanica van deeltjes en toepassingen als de quantumcomputer en quantuminternet. “Er is, denk ik, een leven voor en na de Spinozapremie”, reageerde hij in Delta.



Ook prof.dr. **Jack Pronk** ontving vorige maand van NWO een prestigieuze prijs: de Stevinpremie. Hij krijgt een geldbedrag van 2,5 miljoen euro vanwege de grote maatschappelijke en economische impact van zijn onderzoek. Pronk probeert te begrijpen hoe micro-organismen functioneren in industriële processen, bijvoorbeeld bij het maken van biobrandstoffen of bioplastics. We zijn een paar razend spannende dingen op het spoor....maar het is nog te vroeg om die nu al te verklappen”, zegt hij.



Dr.ir. **Maja Rudinac**, bedenker en ontwikkelaar van zorgrobot Lea, is verkozen tot Ingenieur van het Jaar. Ze leidde bij het TU Delft Robotics Institute de groep interactieve robotica en lanceerde de start-up Robot Care Systems. Lea is een intelligente rollator die helpt bij het opstaan en lopen en daarnaast beweging stimuleert, sociaal contact faciliteert en herinneringen stuurt voor afspraken en medicijnname.

## Twee alumni winnen Marina van Damme beurs

Dit jaar gaat de Marina van Damme beurs niet naar één, maar naar twee vrouwelijke TU-alumni. Zowel Andrea Mangel Raventos als Hanneke Stenfert krijgen negenduizend euro voor verder onderzoek.

TEKST: MARJOLEIN VAN DER VELDT FOTO: SAM RENTMEESTER

**D**e Marina van Damme beurs is bedoeld om de carrières van jonge, vrouwelijke alumni een *boost* te geven.

Dr.ir. Marina van Damme stelt hiervoor elk jaar geld beschikbaar en het Universiteitsfonds Delft organiseert de uitreiking. De jury vond het dit jaar zo lastig om te kiezen, dat besloten werd twee winnaars te selecteren: Andrea Mangel Raventos (Technische Natuurwetenschappen) en Hanneke Stenfert (Bouwkunde).

### HARTELIJK GEFELICITEERD! HADDEN JULLIE VERWACHT DE BEURS TE WINNEN?

Mangel Raventos: “Eerlijk gezegd niet. Vooraf probeerde ik niet al te enthousiast te raken, zodat ik mijn verwachtingen enigszins kon temperen.”  
Stenfert: “Ook ik had geen verwachtingen. Andrea is een zeer goede kandidaat, dus ik was vooral dankbaar voor deze kans.”

### HANNEKE, EEN VAN DE BELANGRIJKSTE PUNTEN IN JE PLAN IS OM CASESTUDIES UIT TE VOEREN. KUN JE DAAR MEER OVER VERTELLEN?

Stenfert: “Ik heb als architect een eigen bedrijf, Open Kaart. Ik ben geïnteresseerd in wat plekken betekenen voor mensen en hoe je een prettige, leefbare woon- en werkomgeving tot stand brengt in samenwerking met ontwerpers, andere professionals en gebruikers. Sinds 2014 heb ik veel ervaring opgedaan op het gebied van co-creatie. Co-creatie is als discipline niet



Andrea Mangel Raventos (links) en Hanneke Stenfert.

heel bekend, daarom wil ik er graag een bijdrage aan leveren. Deze beurs geeft mij daartoe de mogelijkheid. Ik krijg nu de kans om een aantal internationale case-studies te bestuderen en met dit onderzoek een bijdrage te leveren aan de academische wereld.”

#### WELKE PLEKKEN WIL JE BEZOEKEN?

Stenfert: “Daar ben ik nog niet over uit, maar Chili staat bovenaan mijn lijst. In dat land is een bedrijf gevestigd dat al jarenlang experimenteert met co-creatie als leefvorm.”

#### ANDREA, OP DIT MOMENT BEN JE HALVERWEGE JE PHD BIJ 3ME. WAAR WIL JE DE BEURS AAN BESTEDEN?

Mangel Raventos: “Naast mijn onderzoek naar hoe we in de toekomst energie zullen produceren en consumeren, ben ik ook erg geïnteresseerd in het ontwikkelen van persoonlijke vaardigheden zoals leiderschap en communicatie. Ik heb me daarom aangemeld

voor het Homeward Bound Project. Dit is een internationaal programma waar ontwikkeling van deze vaardigheden centraal staat, maar dat ook aandacht vestigt op de wereldwijde ondervestiging van vrouwen in leidinggevende posities. Dit programma sluit af met een expeditie van drie weken naar Antarctica.”

#### WAT ZIJN JE DOELEN OP KORTE EN LANGE TERMIJN?

Mangel Raventos: “Allereerst wil ik mijn PhD afmaken. Met wat ik tijdens het Homeward Bound Programma leer, hoop ik meer duidelijkheid te krijgen over de richting die ik mijn carrière wil geven. Op dit moment neig ik naar wetenschapscommunicatie met een focus op klimaatactie. Mijn doel voor de lange termijn is om te werken aan het slechten van de barrières die vrouwen weerhouden om leidinggevende posities te bekleden.”

Stenfert: “Op korte termijn wil ik drie

co-creatieve projecten bezoeken en analyseren. Op de lange termijn wil ik blijven werken aan het ontwikkelen van co-creatie als discipline. Ik hoop hier met mijn opgedane expertise een belangrijke bijdrage aan te leveren.”

#### MARINA VAN DAMME BEURS

De Marina van Damme beurs wordt jaarlijks toegekend aan getalenteerde vrouwelijke alumni van de TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente of de Universiteit van Wageningen. De beurs bedraagt negenduizend euro en wordt mogelijk gemaakt door dr.ir. Marina van Damme. Zij behaalde haar master aan de TU Delft in 1953 en was de eerste vrouwelijke student die promoveerde aan de voormalige Technische Universiteit Twente in 1965. <<

# Wat wordt de impact van quantum?

Delft is koploper op het gebied van quantumtechnologie. Binnen QuTech werken TU Delft en TNO samen aan quantumcomputers en quantuminternet. Dat biedt kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven, maar roept ook veel vragen op.

TEKST: AGAATH DIEMEL FOTO: SAM RENTMEESTER

Hoe gaat de komst van quantumtechnologie industrie en samenleving beïnvloeden? Over die vraag boog een team van Delftse onderzoekers zich de afgelopen maanden. Pieter Vermaas en Deborah Nas waren twee van de trekkers van dit TU Delft Quantum Vision Team.

De verwachtingen van de quantumtechnologie zijn hoog: straks kunnen we materialen en medicijnen ontwikkelen op moleculair niveau, geheimen van het heelal ontsluiten met supertelescopen en hebben we een onhackbaar internet, is het idee. Toch is dat eigenlijk koffiedik kijken. “Je kunt het vergelijken met de komst van laser, die in de jaren vijftig en zestig in universiteitslaboratoria werd ontwikkeld”, zegt Pieter Vermaas, universitair hoofddocent ethiek en filosofie. “Pas tientallen jaren later veranderde ons leven ingrijpend door toepassingen als cd-spelers, laserchirurgie en laserprinters. We verwachten dat quantumtechnologie eveneens grote impact zal hebben op industrie en samenleving, maar net als destijds weten we nog niet precies hoe en wanneer. Wat we wel weten, is dat zo’n volstrekt nieuwe technologie onverwachte, en misschien zelfs ongewenste, gevolgen kan hebben. Het is ook een taak van de wetenschap om daarbij stil te staan.”

## EERSTE AANZET

De verkenning door het Quantum Vision team is een eerste aanzet om de impact van quantumtechnologie te onderzoeken. “Quantum zit nu nog in de onderzoeksfase; we kunnen pas een realistische inschatting van de impact maken als we een idee van de toepassingen hebben”, zegt Deborah Nas, alumna en hoogleraar strategisch design for technology-based innovation. “Veel van die toepassingen moeten nog worden ontdekt. Met het visieteam zijn we begonnen de mogelijkheden in kaart te brengen, maar we zien hier ook een belangrijke rol weggelegd voor onze alumni. We hopen dat zij het onderwerp in hun eigen organisaties op de agenda zetten en erover nadenken hoe zij quantumtechnologie zouden kunnen gebruiken.”

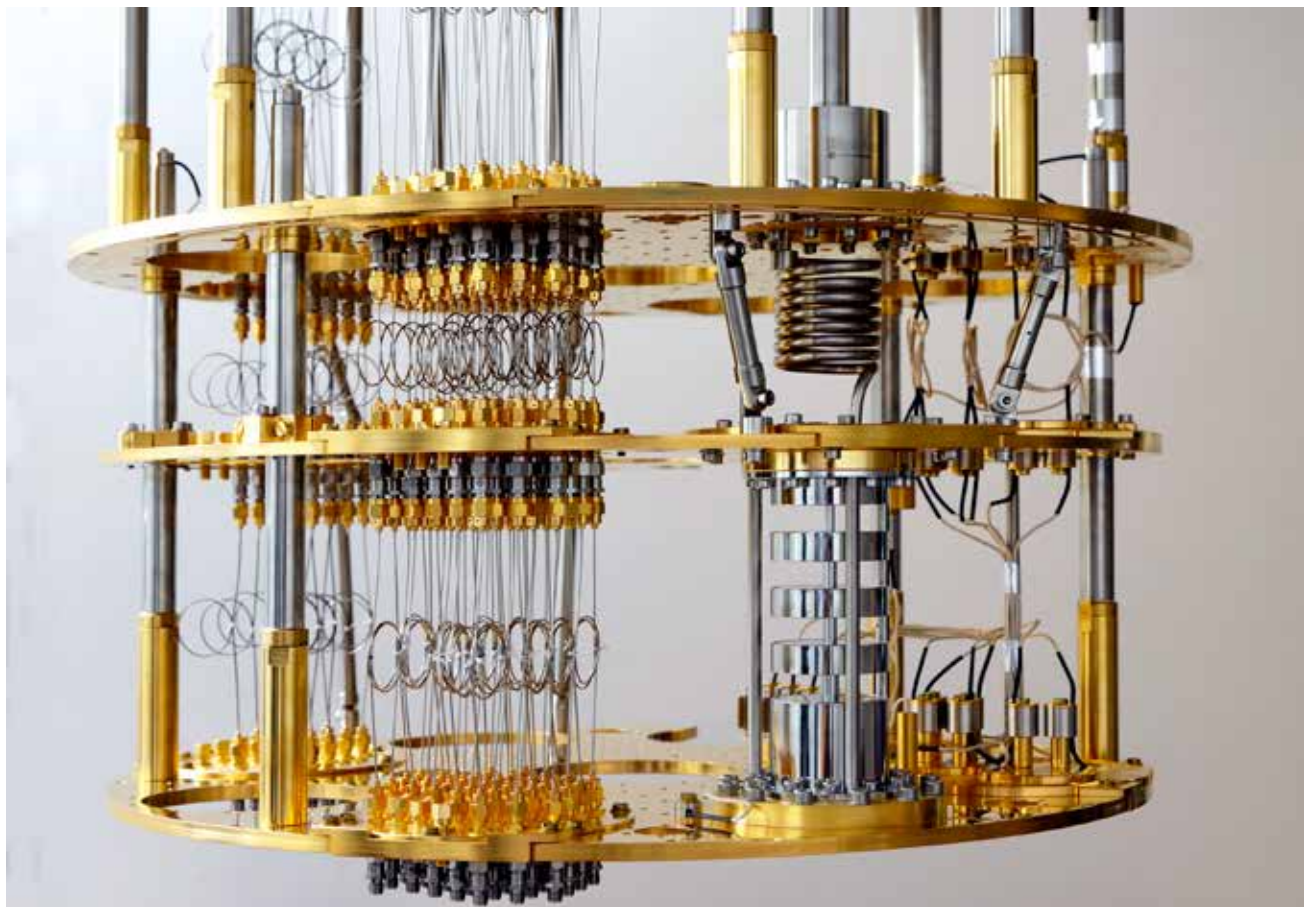
Samenwerking met bedrijven speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van quantumtechnologie. “Innovatie heeft veel meer kans van slagen als je overheid en bedrijfsleven daar al in een vroeg stadium bij betreft”, zegt Nas. “In Delft bouwen we aan een quantumecosysteem, een quantumcampus, waarbinnen we gezamenlijk kunnen optrekken.” Zo’n innovatie-ecosysteem draait om onderzoekers en laboratoria, maar omvat ook start-up-faciliteiten en links naar investeerders en industrie. Centrale rol op de Q-campus is weggelegd voor quantuminstituut QuTech waar mensen van TNO en TU Delft met onder meer Microsoft en Intel samenwerken. Eén van de onderwerpen waar QuTech zich op richt is het

‘Mensen denken graag in hypes of doemscenario’s. Hetzelfde zie je met quantumtechnologie’

quantuminternet en dat zou weleens de eerste werkende toepassing van quantumtechnologie kunnen worden. “Quantumcomputers met voldoende qubits om klassieke computers te overtreffen, zullen nog wel even op zich laten wachten, maar een quantuminternet kan al functioneren op basis van hardware met enkele qubits”, zegt Nas.

## WAARDEN EN NORMEN

Om de ontwikkeling van quantumtechnologie in maatschappelijk goede banen te leiden, moet je ook de samenleving betrekken in het Delftse quantumecosysteem. Dan krijg je maatschappelijk verantwoord innoveren. Behalve naar toepassingen als quantuminternet keek het visieteam daarom naar governance: “Het internet in zijn huidige vorm voldoet aan allerlei normen en waarden die we als samenleving belangrijk vinden, zoals veiligheid, privacy, vrije toegang en



Bij QuTech is de eerste Nederlandse simulator van de quantumcomputer gebouwd.

netneutraliteit. Om dat te waarborgen hebben we in de loop der jaren regelgeving en controlemechanismen ontwikkeld. Dat zullen we voor een quantuminternet opnieuw moeten doen,” stelt Vermaas. Wat de maatschappelijke discussie over dit onderwerp echter bemoeilijkt, is de neiging van mensen om over nieuwe technologie te praten in uitersten. “Kijk naar robotica en artificiële intelligentie: het wordt bejubeld of verguisd. Mensen denken graag in hype- of doemscenario’s. Hetzelfde zie je met quantumtechnologie”, zegt Vermaas. “De angst is dat quantumcomputers straks al onze encryptiemethoden kunnen ontcijferen, onze financiële systemen ontwrichten en zo de samenleving in chaos storten.”

## EVOLUTIE, GEEN REVOLUTIE

Door ook over de doemscenario’s na te denken, kunnen we vroegtijdig actie nemen en zo extreme situaties voorkomen. Uit de gesprekken die het visieteam met banken en ministeries heeft gevoerd, bleek dat vele instanties daar al mee bezig zijn. Quantumcomputers kunnen namelijk wel degelijk een risico vormen voor onze huidige cyberveiligheid. “Iets waar quantumcomputers heel goed in zullen zijn, is het ontbinden van heel grote getallen in hun priemfactoren. Klassieke

computers kunnen dat niet en daar is nu juist veel encryptie op gebaseerd, waarmee we onder meer digitale handtekeningen en communicatie over het internet beveiligen. Dat is dus iets waar veel organisaties zich op zullen moeten voorbereiden”, zegt Nas. Gelukkig hebben we daar de tijd nog wel voor. “Vanuit technologisch oogpunt kun je quantumtechnologie echt wel revolutionair noemen, maar quantumcomputers zullen niet van de ene op de andere dag verschijnen; we hebben dus tijd om ons aan te passen.”

## MEER WETEN?

Het Quantum Vision team heeft zijn bevindingen in tijdschriftvorm bij elkaar gebracht. “We hopen dat dit niet alleen een toegankelijke inleiding biedt in quantumtechnologie en de impact ervan, maar dat het ook uitnodigt tot nadere discussie en samenwerking op dit onderwerp.”

Het Quantum Vision magazine is online te lezen op: <https://qutech.nl/quantum-internet-magazine>

# ‘Het komt wel goed met onze studenten’

Arnold de Jager staat dicht bij de huidige generatie studenten maar heeft ook ervaring in het bedrijfsleven en als ondernemer. De ideale alumnus dus om mee te doen aan het mentorprogramma van de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek (L&R): “Ik had graag ook een mentor gehad in mijn studietijd.”

TEKST: AGAATH DIEMEL FOTO: GUUS SCHOONWILLE

**A**rnold de Jager, afgestudeerd in 2013, weet goed wat hij wil. Meestal dan, want met de studiekeuze zat hij er in eerste instantie even naast. “Ik was geïnteresseerd in vliegtuigen en dacht dat ik vlieger wilde worden. Maar eenmaal bij de luchtmacht kwam ik erachter dat ik liever wilde begrijpen hoe een vliegtuig werkt dan hoe je het moest besturen.” Zo belandde De Jager in Delft bij luchtvaart- en ruimtevaarttechniek. “Ik was er helemaal in mijn element.” Als systeemdenker specialiseerde hij zich in systems engineering & aircraft design, maar afstuderen deed hij bij een stichting die de vliegveiligheid in Afrika wil verbeteren. “Dat paste niet bij mijn afstudeerrichting, maar ach, de gemiddelde student bij L&R komt zelden in de branche terecht waarin hij is afgestudeerd.”

## FORMULA STUDENT

Dat geldt ook voor De Jager. De inspiratie voor wat hij nu doet, kwam tijdens zijn deelname aan het Delftse Formula Student, een team studenten dat mini-raceauto's ontwerpt en bouwt en ermee racet in een wereldwijde competitie. “Dat jaar is waardevol geweest voor mijn ontwikkeling als ingenieur. Je kunt wat je tijdens je studie leert echt in de praktijk brengen, en je leert er

doelgericht te werken, want problemen moet je altijd binnen een bepaalde tijd oplossen.”

De Jager ondervond in dat jaar de voltooiing van tastbare resultaten. “We maakten onderdelen van koolstofcomposieten. Daar had ik wel over geleerd, maar je krijgt er geen beeld bij met de plaatjes in een reader. Ermee werken is eigenlijk een simpel en logisch proces, maar dat begrijp je pas als je het met je eigen handen gedaan hebt. Dat moet ik vaker doen, dacht ik toen.”

## BLUEBUILD

En zo geschiedde. Vorig jaar richtte hij samen met Ivar te Kloetze, die hij kende van Formula Student, het bedrijf Bluebuild op. Bluebuild helpt start-ups en andere bedrijven bij hun productontwikkeling door het maken van prototypes of testopstellingen. “Een van de *bottlenecks* is daarbij vaak het frezen. Dat is een heel divers proces.” Bluebuild maakte bijvoorbeeld opstellingen voor bodemonderzoek voor de TU Delft-afdeling geosciences, maar heeft ook klanten onder start-ups van YesDelft. “Start-ups hebben vaak niet genoeg engineeringcapaciteit voor een ontwikkelingsproces, daarvoor kunnen ze bij ons terecht. Je krijgt bij ons altijd een tastbaar product,” zegt De Jager. “Dat geeft ook ons voldoening: iets in je handen hebben dat je zelf hebt gemaakt.” “Bij alle stappen in mijn leven kijk ik

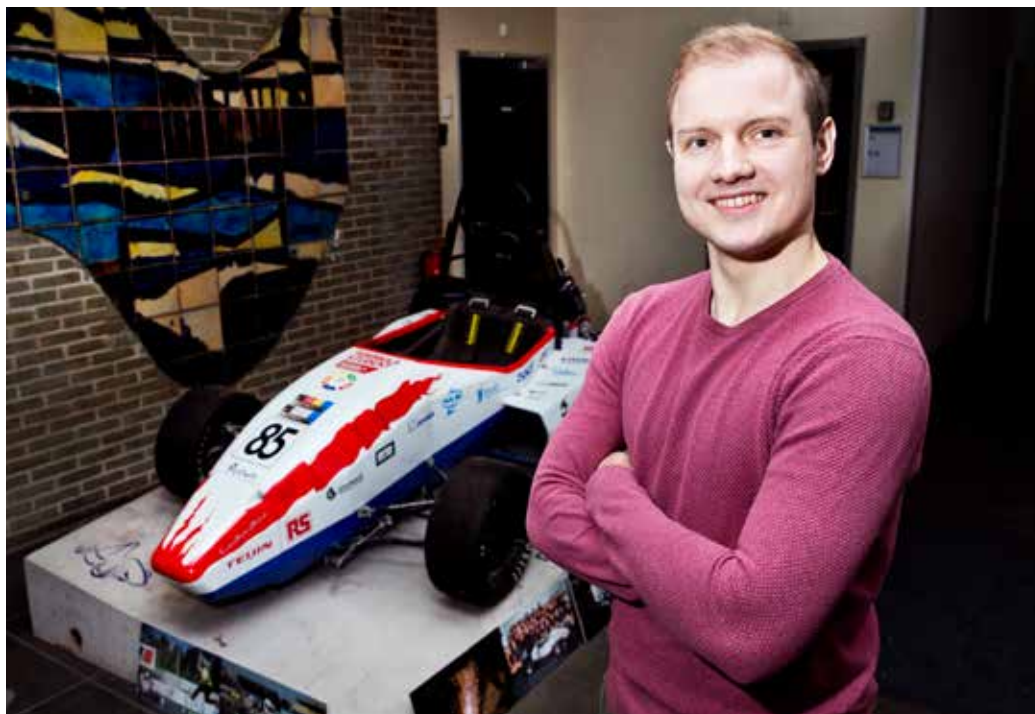
terug naar waarom ik dingen gedaan heb en wat ik ervan geleerd heb. Ik heb stage gelopen bij Lockheed Martin bij het F35-project; daar is alles heel groot en bureaucratisch. Het was een fantastische tijd, maar ik heb ook geleerd wat ik niet wil.”

Na zijn afstuderen wist hij dan ook goed wat hij wél wilde. “In de luchtvaartbranche duurt productontwikkeling soms tientallen jaren en zie je misschien nooit het eindresultaat van je werk. Ik wilde tastbare resultaten halen en daar niet te lang op hoeven wachten. En dat bij een niet te groot bedrijf.” De Jager kwam terecht bij Temporary Works Design (TWD), een ingenieursbureau gespecialiseerd in hulpconstructies en installatietools voor de offshore en civiele markt. “Bij TWD werkte ik aan wind-op-zee-projecten met een doorlooptijd van drie tot zes maanden; dan kun je zelf je eigen ontwerp in levenden lijve aanschouwen. Ik heb er vier mooie jaren gehad.”

## MENTORPROGRAMMA

Via TWD kwam hij in contact met het mentorprogramma van L&R. “Ik kreeg Juliette Ran onder mijn supervisie. Na haar stage werd ze student-assistent bij het mentorprogramma en toen heeft ze mij benaderd”, vertelt De Jager. Sindsdien was hij mentor bij elke editie. “Gedurende een aantal maanden bespreek je regelmatig met een student wat ze bezighoudt. Dat zijn herkenbare





Arnold de Jager: "De TU is een positieve kracht in de wereld."

vragen, dezelfde vragen die ik ook had tijdens mijn studie. Op sommige vragen heb ik inmiddels antwoord gevonden, in andere heb ik meer inzicht verkregen. Met een kleine tijdsinvestering kan ik zo veel voor een student betekenen. Dat had ik zelf ook graag gehad in mijn studententijd." Het is een rol die bij hem past. "Ik ben wat beschouwelijk en vind het interessant om te weten waarom mensen dingen doen en wat hen beweegt."

#### VAN EXISTENTIEEL TOT PRAKTISCH

De vragen waar studenten mee worstelen blijken heel breed te zijn. "Het loopt uiteen van existentiële vragen als 'waarom studeer ik' en 'wat wil ik met mijn leven', tot heel praktisch als 'wat zijn mijn kansen op de arbeidsmarkt' en 'hoe vind ik mijn droombaan', zegt De Jager. Hij vertelt over een studente die erg onzeker was. "Ze was ambitieus, maar liet kansen lopen omdat ze overtuigd was dat andere mensen het beter zouden kunnen. Ik leerde haar zichzelf te vragen waarom ze iets niet zou moeten doen. Had ze dan in vijf seconden geen overtuigend antwoord, dan was

dat een argument om het juist wel te doen. Dat hebben we samen geoefend en uiteindelijk heeft ze zelfs met succes de presentatie van haar bachelorproject op zich genomen. Achteraf was ze blij dat ze het gedaan had. Van niets doen leer je niks."

#### UITSTEKENDE VOORUITZICHTEN

Niet dat studenten veel redenen tot onzekerheid zouden hoeven te hebben. "Ze studeren aan de TU Delft, zitten in het bovenste segment van de samenleving. Als zij het al niet zouden redden... Toch lijken studenten niet altijd te beseffen dat ze daarmee al heel goed bezig zijn", zegt De Jager. "Ik zeg telkens weer: het gaat goedkomen met je. Je volgt een goede opleiding en straks zijn er veel mensen op zoek naar iemand met jouw vaardigheden." Mogelijk speelt de hogere studiedruk een rol. "De populariteit van het mentorprogramma geeft aan dat veel studenten behoefte hebben aan houvast. Je hoort wel over studenten met burn-outklachten, dus blijktbaar ligt de druk erg hoog."

#### MOTIVATIE

Zijn motivatie om mee te doen aan het mentorprogramma zijn vooral de studenten zelf. "Het kost me weinig tijd en de studenten hebben er veel aan. Al levert die investering mij niet direct iets op, dan hebben we wel de wereld een stukje beter gemaakt. Ik heb niet het gevoel dat de TU Delft iets tegoed heeft van mij, maar ik draag de universiteit een warm hart toe. Ik heb er een goede tijd gehad en de TU is een positieve kracht in de wereld. En dat ze de moeite nemen om zo'n mentorprogramma op te zetten, motiveert mij ook. De TU is duidelijk begaan met studenten, dat verhoogt mijn bereidheid om een keer wat terug te doen." <<

**Ben je geïnspireerd door dit verhaal? En wil je ook de mogelijkheden tot blijvende betrokkenheid bij de TU Delft verkennen? Dan komen we graag met je in contact. Stuur een e-mail naar [alumnirelations@tudelft.nl](mailto:alumnirelations@tudelft.nl).**

# ALUMNI NIEUWS

## Activiteiten kalender

**10 juli**

DEAN (4TU) alumni event Parijs

**16 september**

Alumni Backstage Tour Satellites

**24 oktober**

Alumni Backstage Tour Green Village

**30 oktober**

Karel Luyben Lezing Londen

**14 november**

Alumni Backstage Tour Robotica

Jekunt je aanmelden via de [alumnicommunity.tudelftforlife.nl](https://alumnicommunity.tudelftforlife.nl) of via de website [alumni.tudelft.nl](https://alumni.tudelft.nl).

### Contact:

Vragen, opmerkingen of ideeën?

E-mail: [alumnirelations@tudelft.nl](mailto:alumnirelations@tudelft.nl)

Website: [alumni.tudelft.nl](https://alumni.tudelft.nl)

Community: [tudelftforlife.nl](https://tudelftforlife.nl)



'TU Delft for Life' is de online community voor alle Delftse alumni. Breid je netwerk uit, kom in contact met oud studiegenoten en blijf op de hoogte van het laatste nieuws en evenementen. Meld je aan via [tudelftforlife.nl](https://tudelftforlife.nl). Je kunt er ook je (adres)gegevens of communicatievoorkeuren wijzigen.

## TU Delft for Life | Xperience Day

Bijna 750 alumni en relaties van het Universiteitsfonds Delft namen op 4 juni deel aan 8 verschillende thematours, de plenaire sessie met onder meer de benoeming van Joop Roodenburg als Alumnus van het Jaar 2019 (zie interview op pagina 24), een van de masterclasses of het jubileumprogramma op de faculteit Industrieel Ontwerpen. Weten wat je hebt gemist, de plenaire sessie terug kijken of foto's bekijken, ga naar de website: [www.alumni.tudelft.nl/xperienceday](https://www.alumni.tudelft.nl/xperienceday).



## Vanaf het hoogste punt: Landmeten in Mesdags tijd

Tot en met 22 september is de tentoonstelling 'Vanaf het hoogste punt: Landmeten in Mesdags tijd', te zien bij Panorama Mesdag in samenwerking met de TU Delft Library. Naar aanleiding van deze tentoonstelling was er op 9 mei een speciale (geodesie) alumni-avond. Prof. Ramon Hanssen en alumnus Huib Ekkelenkamp (bestuurslid Stichting De Hollandsche Cirkel) gaven een lezing, waarna alumni de tentoonstelling en het panorama konden bezoeken. Als alumnus van de TU Delft kun je de tentoonstelling in Den Haag met 50% korting bezoeken tot en met 22 september. Wil je er heen, stuur dan een email naar [alumnirelations@tudelft.nl](mailto:alumnirelations@tudelft.nl).



## DOE MEE EN WORD GOEDE VRIEND!

Het Universiteitsfonds Delft heeft meer dan honderd Goede Vrienden: betrokken alumni die met hun netwerk, kennis en donaties onderzoekers en studenten aan de TU Delft steunen. Goede Vrienden dragen structureel bij aan baanbrekend onderzoek, vernieuwing van het onderwijs en ontwikkeling van talent.

Hoe groter de groep, hoe meer we voor de TU Delft kunnen betekenen. En omdat vrienden er voor elkaar zijn, krijg je er natuurlijk ook veel voor terug. Je wordt lid van een interessant netwerk van alumni en bent welkom op ons jaarlijkse, exclusieve Taste of Excellence diner, dat dit jaar plaatsvindt op 12 november. Ook ben je welkom bij topevenementen van de TU Delft en ontmoet je talentvolle onderzoekers en studenten.

## BETROKKEN BIJ DE TU DELFT

FRANK VAN DEN BERG

**“Ik heb besloten om Goede Vriend te worden omdat ik dit een mooie manier vond om iets terug te kunnen doen voor mijn geweldige tijd aan de TU Delft. Op deze manier kan ik ook een bijdrage leveren aan het innovatieve en impactvolle onderzoek aan de universiteit.**

Overigens was ik als alumnus van een Amerikaanse universiteit al vertrouwd met het idee om financieel bij te dragen. Ik ben al sinds de jaren '80 donateur van het Universiteitsfonds en nu dus ook als Goede Vriend. In feite de gewoonste zaak van de wereld, maar wel met impact voor talentvolle studenten en onderzoekers aan de TU Delft.”



**“ALS GOEDE VRIEND KAN IK IETS TERUG DOEN VOOR MIJN GEWELDIGE TIJD AAN DE TU DELFT!”**

**Wil je ook Goede Vriend worden? Vanaf 500 euro per jaar voor vijf jaar ben je Goede Vriend met een fiscaal gunstige schenkingsovereenkomst. Neem contact op met relatiemanager Machteld von Oven en je ontvangt direct alle informatie.**

✉ [m.w.vonoven@tudelft.nl](mailto:m.w.vonoven@tudelft.nl)

☎ +31 (0)15 278 8262

🌐 [www.universiteitsfondsdelft.nl/goedevriend](http://www.universiteitsfondsdelft.nl/goedevriend)

# Het lab van...

Mse lab, 3mE

Eerstejaars student werktuigbouwkunde Alex Gueret is bezig een las te maken voor het vak lastechnieken, verplicht voor elke werktuigbouwkundestudent. “Je leert onder meer hoe je het lasmateriaal beschermt tegen zuurstof zodat er geen corrosie ontstaat”, zegt Gueret. Er wordt in de les geen werkstuk gemaakt, maar gewoon geoefend op een stuk staal. “Het is leuk om aan een project te werken waar je daadwerkelijk iets in elkaar zet, in plaats van altijd in de boeken te zitten.”