



DELFT Nr. 3 OKT 2018 JAAR-
INTEGRAAL GANG 35
TU Delft

Cees Dekker
'Verwondering is mijn
drijfveer in onderzoek'

**1.000.000 WONINGEN
EXTRA, HOE DAN?**

Waarom we de
quantumcomputer
bouwen

THEMA
**Kunstmatige
intelligentie**

Cover:

De quantumcomputer ziet eruit als een grote dichte metalen buis, van het plafond tot een meter boven de grond. Het binnenwerk ziet er een stuk spannender uit, jammer dat dit niet te zien is als de computer in werking is. (Foto: Sam Rentmeester)

REDACTIONEEL
Saskia Bongers

Kunstmatige intelligentie

Een bobbel in de weg veroorzaakt een noodstop van een zelfrijdende auto. Een andere auto knalt er achterop. Wie heeft schuld aan dit ongeval: de wegenbouwer, de autofabrikant, de software leverancier, de bumperklever? Dit voorbeeld verderop in dit nummer schetst de complexe vraagstukken die zijn ontstaan door de toepassing van kunstmatige intelligentie. Want vergis u niet: zelflerende systemen zijn niet alleen de toekomst, ze zijn het heden. Kijk naar sociale media die vol zitten met zelflerende algoritmen, naar zelfrijdende auto's in Amerika, gezichtsherkenning in China, de computergestuurde verwerking van schaderapporten door verzekeraars. Naast toepassingen als vervormbare appartementen en vliegende robots, komt in dit nummer vooral de ethiek achter artificieel intelligentie (Ai) naar voren. We vroegen TU-onderzoekers om daar hun licht over te laten schijnen en ook alumni als uzelf.

Dat levert interessante tegenstellingen op. Waar de één Ai ziet als een ongrijpbare en moeilijk bedwingbare 'black box' die onnavolgbare beslissingen neemt, heeft de ander alle vertrouwen in wetgeving en menselijke interventie om zelflerende systemen inzichtelijk te maken voor de mens. Alle experts zijn het erover eens dat inzicht onontbeerlijk is om bij burgers vertrouwen in Ai te kweken. Transparantie is dan ook een sleutelbegrip binnen het aan de TU Delft nieuw opgezette onderzoeksprogramma AiTech. Delftenaren zou immers geen Delftenaren zijn als ze niet zouden proberen problemen te lijf te gaan. Of zoals één van de Aitech-oprichters de taak van de universiteit omschrijft: "Niet alleen het vingertje opsteken, maar ook oplossingen ontwikkelen."

Saskia Bongers,
hoofdredacteur



Pagina 07
Kunstmatige
intelligentie



KORT DELFTS
04

PULSE
ENERGIENEUTRAAL
ONDERWIJSGEBOUW
26

DE ZAAK
MAINBLADES
31

DE BLAUWE LIJN
WAT DOET HIJ OP DE CAMPUS?
32

COLUMN
TONIE MUDDÉ
34

NA DELFT
TINEKE BAKKER
35

TU AMBASSADEUR
DIEGO ALATORRE
36

ALUMNINIEUWS
38

COLOFON

Coverfoto Sam Rentmeester
Redactie Saskia Bongers (hoofdredacteur),
Dorine van Gorp, Katja Wijnands
(eindredactie), Tomas van Dijk,
Sam Rentmeester (beeldredactie),
Connie van Uffelen, Jos Wassink
Telefoon (015) 278 4848,
e-mail delftintegraal@tudelft.nl
Medewerkers aan dit nummer
Agaath Diemel, Martijn Engelsman,
Auke Herrema, Desiree Hoving,
Christian Jongeneel, Tonie Mudde,
Stephan Timmers, Roos van Tongeren
Ontwerp Maters en Hermsen
Vormgeving Saskia de Been, Liesbeth van Dam
Druk Quantes
Abonnementsadministratie
delftintegraal@tudelft.nl
Advertentie H&J Uitgevers, (010) 451 5510

Delft Integraal is een uitgave van de TU Delft

18

Leermeester Cees Dekker

'Het is fascinerend hoe de werkelijkheid in elkaar zit'



22

Woningbouw in stedelijke gebieden



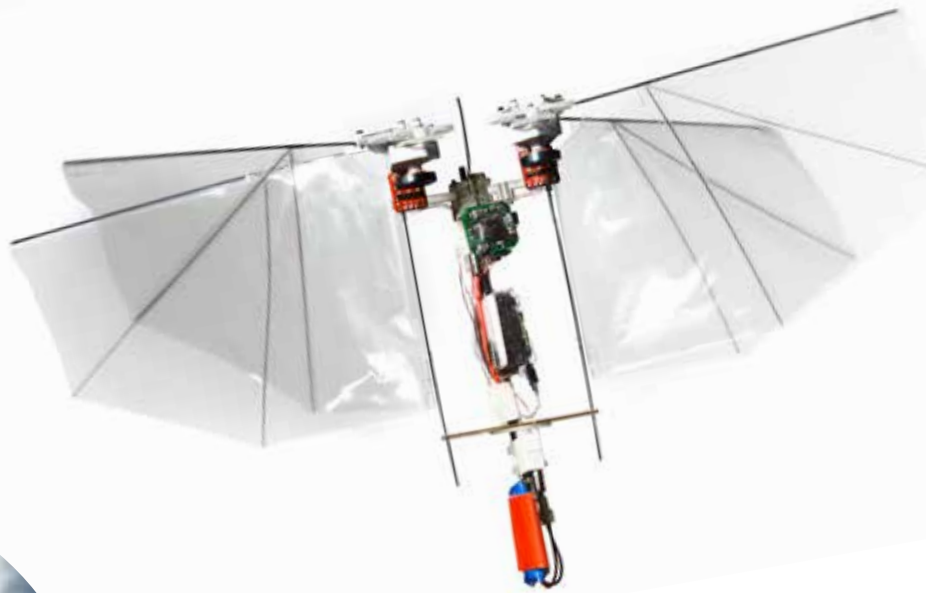
28

Qutech neemt sprint

Waarom de quantumcomputer een goed idee is



KORT DELFTS



Weer winst voor Nuna

Ze konden het amper geloven, maar het Delftse Nuon Solar Team is er na veel tegenslagen toch in geslaagd de Sasol Solar Challenge in Zuid-Afrika te winnen. De tweejaarlijkse race duurde acht dagen en ging van Pretoria naar Stellenbosch. Het Nuon Solar Team wist met 4030,4 kilometer de

grootste afstand af te leggen. Het Japanse team Tokai, altijd de grote concurrent, legde in totaal 3941,4 kilometer af. Vooral de laatste twee dagen waren slopend voor de studenten. Het elektrisch systeem had kuren en het Japanse team beschuldigde de Nuna-ploeg van spionage.



Vliegen als een fruitvlieg

Experimenten met het Delftse robotinsect DelFly Nimble onthullen het geheim achter de wendbaarheid van fruitvliegjes. Zodra de onderzoekers de robot van 29 gram onder controle hadden programmeerden ze hem zo dat hij gelijktijdig om zijn lengteas én transversale as draaide. Tijdens een snelle steile bocht draaide de Nimble opeens óók om de verticale as, een derde richting dus. Ze concludeerden dat er een passief aerodynamisch effect speelt dat de torsie over onderling loodrechte assen koppelt. Dit effect helpt fruitvliegjes om controle te houden in snelle steile bochten.

Bekijk het filmpje via de QR-code.



Owee

Zo'n 3400 nieuwe studenten overspoelden eind augustus de Delftse campus voor de traditionele introductieweek OWee. Voor het eerst in 45 jaar was het een gezamenlijk programma voor Nederlandse en internationale studenten.

Nieuwe micro-organismen

“Evolutionair gezien is deze ontdekking vergelijkbaar met die van een nieuw zoogdier.” Biotechnoloog prof. Mark van Loosdrecht (TNW) laat over het belang van een recente vondst van zijn collega Dimitri Sorokin geen misverstand bestaan. Sorokin, die zowel aan de TU Delft werkt als aan het Winogradski-Instituut voor Microbiologie in Moskou, bestudeert de microbiologie van sodameren in Siberië en ontdekte onlangs een nieuwe klasse micro-organismen. De organismen groeien in verzadigde soda met een pH-waarde van 10 en zetten organisch materiaal om in methaangas. Dit jaar slaagde Sorokin er in de micro-organismen die hiervoor verantwoordelijk zijn op te kweken in het lab. Hij heeft ze *Methanonatronarchaeum thermophilum* en *Candidatus Methanohalarchaeum thermophilum* genoemd.

Leesvoer



- Dat Nederland een internationale grootmacht is in uraniumverrijking, is bekend. Hoe dat zo gekomen is, beschrijft universiteitshistoricus Abel Streefland in zijn boek 'Jaap Kistemaker en uraniumverrijking in Nederland 1945-1962'. Het boek is een bewerking van zijn proefschrift en een mooi stuk geschiedenis waarin techniek en politiek nauw verweven zijn.
- Ook professor Andy van den Dobbelaer publiceerde afgelopen zomer een boek, in een totaal ander genre. Hij zag arrogantie, maar ook kwetsbaarheid bij Nederlanders op een Franse camping en schreef de thriller 'Campingsmoking', waarin het niet met iedereen goed afloopt.
- Cyberprofessor Michel van Eeten schreef de roman 'Heilige Middelen', over de keuzes van hoofdpersoon Ludo die ontdekt dat niet alles in het leven nut hoeft te hebben. 'Knap gemaakt, bomvol mooie zinnen en interessant tot de laatste bladzijde' volgens de recensie in Delta.

Zeilen mag spannender



De zeilsport moet toegankelijk worden gemaakt voor een breder publiek en gebruikmaken van geavanceerder technieken. Daarnaar streeft althans het Sailing Innovation Centre (SIC), een samenwerkingsverband waar ook Delftse wetenschappers aan meedoen. Eerder dit jaar kreeg het SIC een subsidie van ruim vier miljoen euro van de Europese Unie om op de Noordzee een soort openlucht laboratorium te maken om technieken te onderzoeken die de zeilers moeten ondersteunen. Ook moeten hier visualisatietechnologieën worden ontwikkeld die het voor de mensen aan de kant spannender maken de race te volgen. Denk aan video-streams vanuit drones en *augmented* en *virtual reality*.

Niet-bestaand geluid beluisteren

Hoe gaat een windpark klinken? Of een nieuw type trein dat binnenkort over het spoor dendert? Elektrotechnisch ingenieur dr. Reto Pieren ontwikkelde voor zijn promotieonderzoek bij EWI een rekenmethode waarmee hij geluiden kan simuleren. Auralisatie heet de methode. Analoog aan visualisatie, wordt er bij auralisatie een situatie hoorbaar gemaakt die niet in het echt hoeft te bestaan. "Met een van mijn modellen kan ik het geluid van toekomstige windmolenparken simuleren. Het model kan rekening houden met verschillende scenario's."

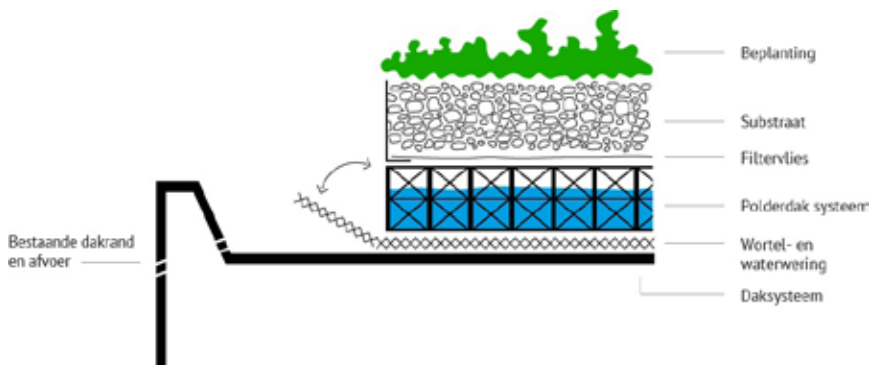
Human Power Team is snelste



Studenten uit Delft en Amsterdam hebben in september met hun zelfgebouwde aerodynamische ligfiets alle concurrentie achter zich gelaten tijdens de jaarlijkse ligfietsrace in Nevada (VS). Wielrenster Lieke de Cock reed in de VeloX8 de winnende topsnelheid van 120 kilometer per uur. Het wereldrecord hebben de studenten met hun zelfgebouwde ligfiets niet kunnen verbreken. Dat is nog steeds in handen van Barbara Buatois, die in 2010 een snelheid van 121,8 kilometer per uur behaalde. Het team deed dit jaar mee met hun VeloX8, een aerodynamische ligfiets die met behulp van 3D-scans speciaal op maat is gemaakt voor de rensters. Om ruimte te besparen in de fiets, werd een nieuw ontwerp van het schakelsysteem gebruikt.

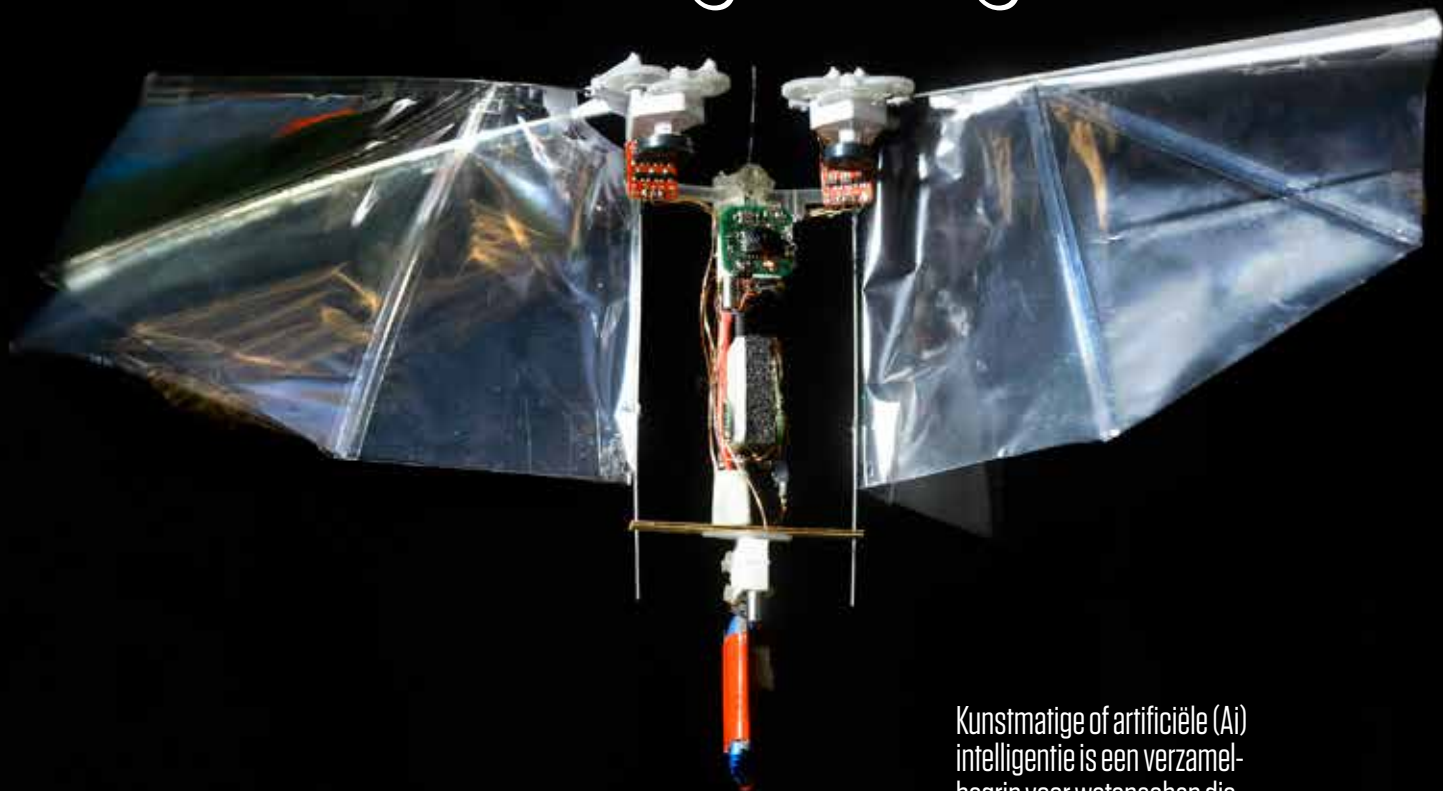
Groen dak op Civiel

Wetenschappers kunnen bij Civiele Techniek en Geowetenschappen voortaan het dak op voor onderzoek naar watermanagement. Er is de een 'groen dak' aangelegd van vijfhonderd vierkante meter. Daaronder zit een laag van 60 millimeter diep waarin regenwater kan worden opgeslagen. Deze waterbuffer pal onder het groen maakt de groei van landbouwgewassen mogelijk. Onderzoeker Olivier Hoes wil de hoeveelheid neerslag meten, de temperatuur op en vlak onder het dak, de wind, uv-straling, de waterafvoer en de temperatuur bij het plafond in de collegezaal. Daarnaast wil hij weten in hoeverre het mogelijk is om dichtbij huis landbouw te bedrijven.



THEMA

Kunstmatige intelligentie



Kunstmatige of artificiële (Ai) intelligentie is een verzamelbegrip voor wetenschap die probeert met computers de menselijke intelligentie na te bootsen, of zelfs te overtreffen. Apparaten worden zelflerend en zelforganiserend zodat ze zonder menselijke tussenkomst beslissingen kunnen nemen. Op deze foto de Delfly, een vliegend robotje van slechts 29 gram dat door specifieke algoritmes leert zich met camerabeelden te oriënteren en zo zelfstandig zijn weg kan vinden.

Menselijke controle op kunstmatige intelligentie

Hoe kun je autonome systemen, zoals robots, zelfrijdende auto's of informatiesystemen, zo inrichten dat ze transparant zijn en altijd open staan voor menselijk ingrijpen? Daar gaan acht postdocs van vier faculteiten de komende jaren mee aan de slag. Welkom bij AiTech.

Computer says no.' Zo'n tien jaar geleden signaleerden de makers van de televisieserie *Little Britain* de opkomst van kunstmatige intelligentie in de dienstverlening. In die tijd werd kunstmatige intelligentie ook wel *artificial incompetence* genoemd vanwege onnavolgbare beslissingen van software-systemen, of omdat automatische karretjes vastliepen in de complexiteit van het verkeer.

Twee jaar geleden startte de VNSU (vereniging van universiteiten) het onderzoeksprogramma Digital Society omdat het maatschappelijk ongemak over automatisering toenam. Toenmalig TU-rector prof. ir. Karel Luyben vroeg hoogleraren prof.dr.ir. Inald Lagendijk (computing-based society, EWI) en prof.dr. Jeroen van den Hoven (ethiek van de informatietechnologie, TBM) om uit te zoeken welke rol er voor de TU Delft in het onderzoeksprogramma

was weggelegd.

Bij een rondje over de campus zagen Lagendijk en Van den Hoven dat er op veel plekken aan kunstmatige intelligentie of autonome systemen gewerkt werd. Dat betrof zowel pure software, zoals beslissondersteuningsprogramma's, maar ook ingebedde programmatuur in robots, in min of meer autonome auto's of in drones. Onderzoekers vertelden er enthousiast over, maar na enige aandrang gaven de meesten ook toe niet hele-

maal te begrijpen hoe zo'n kunstmatig brein werkt. En ook niet te weten wat de effecten zijn van fouten in de invoer of in de verwerking.

Controle

Lagendijk vertelt: "Iedereen loopt tegen dezelfde vragen op: hoe houd ik controle? Hoe snap ik wat er aan de hand is? Hoe verantwoord ik de keuzes die het systeem maakt? Juridische, ethische en sociale vragen doemen op. Daar zijn veel partijen mee bezig. Instellingen leggen gedragslijnen

WIE MAG EERST OPLADEN?

In de toekomst zal het niet meer vanzelfsprekend zijn dat je elektrische auto meteen oplaadt als je hem aan een laadpaal zet. Er is onvoldoende capaciteit en de kabels zijn niet dik genoeg. Dus wie gaat voor? Degene met een plus-abonnement, de buurman die huisarts is, of de overbuurvrouw die vroeg weg moet? Hoe beslist een systeem daarover, en hoe maakt het die beslissing acceptabel en eerlijk in de beleving van de gebruikers? Dat is het werkgebied van prof. dr. Elisa Giaccardi, die interactief media design verzorgt bij Industrieel Ontwerpen.

WIE IS VERANTWOORDELIJK?

Een bobbel in de weg veroorzaakt een noodstop bij een zelfrijdende auto en er knalt een auto achterop. Wie is verantwoordelijk? De wegebouwer, de autofabrikant, de softwareleverancier of de bumperklever? Prof. dr. Jeroen van den Hoven pleit voor een systeem van tracking (het systeem weet wat de gebruiker wil) en tracing (achteraf kunnen nagaan wat er gebeurd is) om controle te houden over autonome systemen. Prof. dr. Bart van Arem wil die begrippen toepassen in de overgang van zelf rijden naar zelfrijdend.

HOE SLIM IS HET HULPJE?

Een navigatiehulp voor visueel gehandicapten die flexibel genoeg is om de ene dag de bus te nemen en de volgende dag te helpen bij het oversteken. Dat is een voorbeeld van een socially adaptive electronic partner waar dr. Birna van Riemsdijk (faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica) aan werkt. De software moet zo flexibel zijn dat die zich soepel aanpast aan afwijkingen in onvoorziene omstandigheden. Want meestal ga je naar huis om te slapen, maar soms ook niet.



MENSELIJKE CONTROLE OVER KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE

op in de sfeer van ‘gij zult’, maar er is weinig aandacht over hoe dat technisch voor elkaar te krijgen door onderzoek, ontwerp en engineering.”

Dat resulteerde in het TU-onderzoeksprogramma AiTech: technische maatregelen die de menselijke controle over autonome systemen waarborgen. Het team werd versterkt met prof.dr. Elisa Giaccardi (IO) en prof.dr.ir. Martijn Wisse (3mE) en dr.ir. Luuk Mur als secretaris.

Financiering

De komende twee jaar doen acht postdocs verdeeld over de faculteiten EWI, TBM, IO en 3mE onderzoek naar *meaningful human control* op kunstma-

tig intelligente systemen. Ze zullen ieder hun tijd verdelen over twee faculteiten en over het AiTech centrum. De financiering van twee miljoen euro komt voor de helft van het college van bestuur en de andere helft van de aangesloten faculteiten. De werving van onderzoekers gebeurt momenteel. Hun onderzoeksvorstel moet bijdragen aan een grotere bewustwording van de menselijke controle over de toegepaste kunstmatige intelligentie. De onderzoeker moet criteria opstellen voor wat die menselijke controle inhoudt, en dat kwantificeren. Het onderzoek moet uitmonden in een technische toepassing.

Deze open benadering van AiTech staat bekend als ‘missie-gedreven onderzoeksiniatief’. Dit innovatiemodel is bedacht door een Britse econoom Mariana Mazzucato. Het richt zich op een ver doel, maar laat onderzoekers zelf hun pad uitstippelen. Ook, en vooral, als ze met elkaar concurreren.

Open karakter

Lagendijk en Mur benadrukken dat ook anderen aan AiTech kunnen deelnemen. Het initiatief staat open voor iedereen die met de thematiek te maken heeft. Het open karakter zal waarschijnlijk vorm krijgen in lezingen en andere bijeenkomsten.

Wat verwacht Lagendijk

over twee jaar aan resultaat? “Ik ben al erg tevreden als we vier of vijf voorbeelden hebben waarin we *meaningful human control* scherper hebben gedefinieerd en dat ingebouwd hebben in technische systemen.” De TU Delft hoopt met AiTech richtingen aan te geven voor clubs binnen overheid en bedrijfsleven die kunstmatige intelligentie willen toepassen, maar misschien onvoldoende hebben nagedacht over de consequenties op langere termijn. Want dat is volgens Lagendijk de taak van de universiteit: “Niet alleen het vingertje opsteken, maar ook oplossingen ontwikkelen.” 

‘Bedrijven lopen niet te koop met Ai’

Hoe zien professionals de toekomst van kunstmatige intelligentie (Ai) en de rol daarin van de TU Delft. We vroegen het twee alumni.

‘Mensen moeten de keuzes blijven maken’

MARIELLE DEN HENGST

Projectleider namens de politie van het Real Time Intelligence (RTI)-Lab *Studie informatica (EWI)*, gepromoveerd bij TBM

“Het RTI-lab is een samenwerking tussen politie, TNO en de HSD (the Hague Security Delta, red.). We ondersteunen veiligheidsorganisaties bij het vernieuwen van *real-time intelligence*.

We experimenteren met nieuwe werkwijzen en technieken, waaronder Ai. Steeds gebruiken we verschillende perspectieven: wat betekent Ai voor mensen, voor processen, wat zijn technische vraagstukken, en welke juridische en ethische vraagstukken roept dit op? Als politie willen we de nieuwste technologie kunnen inzetten en in experimenten verkennen we de volgende stap. Neem beeldmateriaal. Er hangen door het land zeer veel camera's. Kun je met Ai afwijkende patronen detecteren in al dat beeldmateriaal? Een andere nieuwe techniek zou in de meldkamer gebruikt kunnen worden. Als iedere seconde telt, wil je zo snel



mogelijk begrijpen wat er aan de hand is. Maar wat als mensen een andere taal spreken? Zou je met tussenkomst van een computer snel kunnen achterhalen wat de situatie is, doordat de computer leert van eerdere gesprekken en veel verschillende talen aankan? Zo zijn er vele voorbeelden van hoe Ai mensen kan ondersteunen, doordat het zich kan baseren op enorme datasets. Maar Ai is ook een uitdaging, zeker voor de politie. Denk aan algoritmen die de kans op een criminele carrière inschatten. Hoe maak je dergelijke systemen verantwoord en transparant, zonder *bias* (vooroordelen,

red.)? Hoe kun je de rede-neertrant van een systeem blootleggen en hoe kun je aantonen dat een systeem niet *biased* is? Bij deze uitdagingen hebben we instellingen als de TU Delft nodig. Dat vergt wel wat, ook van de politie. Wij zijn een doe-organisatie, terwijl een universiteit werkt aan kennisontwikkeling op de lange termijn. Gelukkig besleeft de politie dat kennis en innovatie noodzakelijk zijn en groeien beide werelden naar elkaar toe.”

REINOUW KAASSCHIETER

Ai-specialist bij consultancy bureau Capgemini *Studie industrieel ontwerpen (IO)*

“Ai is een manier om kennis uit data te halen. Bij Capgemini gebruiken we vooral praktische Ai-oplossingen, die nú werken: zelflerende online productaanbeveling, fraude-analyse van documenten of het verwerken van schaderapporten. Vertrouwen bepaalt uiteindelijk de acceptatie van Ai. Mensen en bedrijven willen weten wat een systeem doet, maar Ai blijft een *black box*. Social media als Facebook en bewakingssystemen zitten vol intelligente algoritmes. China werkt met automatische gezichtsherkenning voor de bevolking. Wat gebeurt er als er een verkeerde herkenning plaatsvindt, of als het systeem op geslacht en huidskleur gaat selecteren? In al die duizenden regels code is niet meer te achterhalen waarom een zelfrijdende auto een bepaalde beslissing neemt, ook omdat die codes elkaar

‘Ai blijft een black box’



FOTO'S: SAM HENTMEESTER

beïnvloeden. Ai heeft niet genoeg kennis van de wereld om zich heen om zijn beslissingen in context te plaatsen. Ai is ‘autistisch’. Dat wordt versterkt als vooroordelen in systemen sluipen. De ethiek achter Ai is enorm complex, zeker omdat Ai-systemen lerend zijn en zich in de loop van de tijd anders kunnen gaan gedragen. Nu zijn de gevolgen meestal te overzien. De meeste bedrijven gebruiken Ai vooral in kleine processen en deelsystemen. In de toekomst wordt dat anders. Mag ik het als eenvoudige medewerker straks zeggen als dat dure zelflerende systeem in mijn ogen onterecht een aanvraag afwijst? Ik ben bang dat het tegengestelde gebeurt. Dat we kunstmatige

intelligentie, net als andere technieken, blind gaan vertrouwen. Mensen zullen denken: het systeem zegt het, dus is het zo. De acceptatie van Ai gaat sneller dan we als maatschappij willen. Discussies die we nu voeren zijn aan de late kant. We hebben ethische en empathische kunstmatige intelligentie nodig. Universiteiten in Europa moeten zich deze discussie interdisciplinair toe-eigenen, want Ai is geen hype en het zit al in veel systemen. Bedrijven lopen er alleen nog niet mee te koop, uit angst voor negatieve publiciteit wanneer het fout gaat.” **SB**

Hoe zorgrobots leren



“Zorgrobots moeten leren van hun fouten, dan pas kunnen ze samenwerken met de mens”, zegt prof. dr.ir. Pieter Jonker (biomechatronics & human-machine control, 3mE) in een filmpje.

Doordat ze verschillende taken moeten uitvoeren, van dingen oprapen en aanreiken tot het herinneren aan medicijnname, moeten ze intelligent zijn. Jonker gebruikt de methode van declaratief leren, net zoals baby’s dat doen. Door te kijken, leren ze objecten te herkennen, en zo bouwen ze een hele database van objecten op. Daarna leren ze hoe ze zo’n object kunnen oppakken. Dit leerproces gaat met vallen en opstaan, ofwel reinforcement learning. Je leert ze wát ze moeten doen en belooft ze daarvoor. Ze leren zelf hóe ze het moeten doen. Na zo’n 40 uur proberen kunnen ze het.



Neurale netwerken: wie begrijpt ze nog?

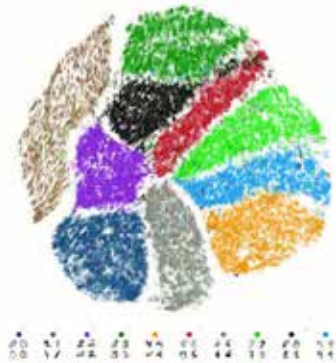
Kunstmatige intelligentie heeft een enorme versnelling ondergaan door de toepassing van 'diepe neurale netwerken'. Op vrijwel onnavolgbare wijze nemen zulke netwerken steeds meer taken van mensen over. Wie begrijpt hoe ze werken?

Neurale netwerken worden steeds vaker en met steeds meer succes ingezet. Bijvoorbeeld op het gebied van zelfrijdende auto's, medische diagnostiek, het bordspel Go of het herkennen van dieren op plaatjes. In plaats van een computer expliciet te programmeren voor een bepaalde taak, laten onderzoekers een diep neuraal netwerk (DNN) zelf uitvoeren wat de typische karakteristieken zijn van de invoer, en een uitspraak doen over wat deze invoer voor betekenis heeft.

Het gaat hierbij vaak om big data, en altijd om hoog-dimensionale data. Foto's hebben al gauw tienduizenden dimensies omdat iedere pixel een variabele is. Ook medische data, zoals de uitkomst van een genenonderzoek, is hoog-dimensionaal. Mensen begrijpen de invoer en de uitvoer van een neuraal netwerk. Maar de innerlijke werking is een *black box*. Het voelt ongemakkelijk om computers dingen te laten beoordelen op een manier die we zelf niet begrijpen.

Algoritme verbeteren

Nicola Pezzotti, promovendus aan de TU Delft bij computer graphics and visualisation (Elektrotechniek, Wiskunde & Informatica), liep stage bij Google. Hier verbeterde hij een algoritme (*t-distributed Stochastic Neighbor Embedding* of t-SNE) dat erop gericht is de samenhang in een hoog-dimensionale dataset weer te geven in een laag aantal dimensies,



Een test-dataset van 60 duizend handgeschreven cijfers (28x28 pixels), met het tSNE algoritme geordend in tien vrijwel niet overlappende clusters.

geschikt voor de mens.

Het algoritme kan bijvoorbeeld gebruikt worden om een grote dataset van 60 duizend gedigitaliseerde handgeschreven cijfers (van 28x28 pixels) geordend weer te geven in een twee dimensionaal plaatje. Daarnaast is het door Pezzotti verbeterde algoritme een goed middel om inzicht te verkrijgen in de werking en kwaliteit van neurale netwerken.

Visuele weergave


Die kwaliteit is nu niet altijd goed. Als een neuraal netwerk slecht ontworpen is, of slecht getraind, maakt het fouten bij het interpreteren van nieuw aangeboden data. Maar een grote validatie-dataset handmatig doorspitten op onverwachte en ongewenste resultaten is onbegonnen werk. De output van een neuraal netwerk is ook weer hoog-dimensionaal en moeilijk te overzien door mensen. Bij het herkennen van dieren kan de uitvoer voor elk nieuw plaatje bij-

voorbeeld bestaan uit een lange rij getallen, waarbij elk getal de kans uitdrukt dat het een hond, een duif, een olifant of iets anders weergeeft. Een visuele weergave van deze data, met het tSNE-algoritme, geeft snel inzicht. Is er te veel overlap tussen clusters, of zijn er enkele onverwachte kleine clusters? Voor informatici zijn dat aanwijzingen om het ontwerp of de training van het DNN te herzien.

Nicola Pezzotti maakte zijn implementatie van het algoritme zo snel dat het door iedereen te gebruiken is, thuis op een eenvoudige desktop-PC en zelfs via een webbrowser. Google heeft het inmiddels toegevoegd aan hun open source software platform voor het ontwerpen en valideren van neurale netwerken ('Tensorflow.js').

Onontdekte celtypen

Biomedische onderzoekers van het Leiden Universitair Medisch Centrum hebben het tSNE algoritme toegepast, maar zonder tussenkomst van een neuraal netwerk. De onderzoekers hadden van grote aantallen individuele cellen gemeten in welke mate bepaalde proteïnen op het celoppervlak voorkwamen.

De visualisatie met het tSNE algoritme maakte hen duidelijk dat er mogelijk nog onontdekte celtypen van het menselijk immuunsysteem en nieuwe tussenstadia van stamcellen bestonden, en waaraan deze te herkennen zijn. Door hier vervolgens gericht op te zoeken konden de onderzoekers deze celtypen daadwerkelijk aantonen. 

Wanneer kun je het beste een wasje draaien?

De komst van een nieuw elektriciteitssysteem zal de manier van onze energieconsumptie veranderen. Dit, en de gevolgen van de komst van de autonome auto, kwam aan de orde tijdens een grote conferentie over artificiële intelligentie en planning), afgelopen juni in Delft.

Veel van de gepresenteerde onderzoeken op de *International Conference on Automated Planning and Scheduling* (ICAPS)


hadden te maken met de komst van het *smart grid* en autonome auto's. "In dit vakgebied draait het allemaal om het geautomatiseerd oplossen van planningsproblemen", zegt wiskundige dr. Mathijs de Weerd (software and computer technology, EWI), een van de organisatoren van de conferentie. "Daarvoor gebruiken we zelflerende algoritmen."

De Weerd houdt zich bezig met optimalisaties voor het *smart grid*. Vraag en aanbod van elektriciteit kunnen nu nog goed op elkaar worden afgestemd. Grote elektriciteitsbedrijven kunnen met hun gascentrales de productie voldoende bijstellen. Maar als zonne- en windenergie straks een vgroter aandeel krijgen in de productie, is die flexibiliteit minder vanzelfsprekend.

"Het wordt dan van belang om aan de vraagkant flexibiliteit te genereren.

Door de elektriciteitsprijs te verlagen als het hard waait of de zon fel schijnt, kun je mensen er bijvoorbeeld toe aanzetten wasjes te draaien op momenten dat er veel elektriciteit geproduceerd wordt. Dit is een simpele vorm van optimalisatie. Maar je moet ook rekening houden met de industrie. Industriële processen zijn zeer ingewikkeld om te optimaliseren. Fabrieken kunnen hun bedrijfsvoering niet zomaar aanpassen aan de elektriciteitsprijs." Met zelflerende algoritmen - *reinforced learning algorithms* - probeert De Weerd het systeem zo flexibel mogelijk te krijgen. Mede-organisator wiskundige dr. Matthijs Spaan, doet vergelijkbaar onderzoek, maar richt zich op zelfrijdende auto's. Hij is betrokken bij project i-CAVE, een samenwerkingsverband tussen onder meer de TU's van Delft en Eindhoven, waarbij wordt onderzocht hoe een vloot semi-autonome voertuigen zo efficiënt mogelijk ingezet kan worden om pakketjes te bezorgen. "De auto's zijn autonoom in gebieden die redelijk overzichtelijk zijn en waarvan ze gedetailleerde kaarten

hebben. Complexe locaties, zoals de binnenstad van Delft, kunnen ze niet zelfstandig aan. Een bestuurder moet het daar overnemen. Wij kijken hoe we dit systeem kunnen optimaliseren." Een ander cruciaal onderdeel bij autonoom rijden is beeldherkenning. Daar doet hoogleraar intelligent vehicles prof.dr. Dariu Gavrila (3mE) onderzoek naar. Kunstmatige intelligentie is uitzonderlijk goed in afzonderlijke taken, zoals het herkennen van afbeeldingen. Maar in het verkeer moet je anticiperen op andere weggebruikers in situaties die continu veranderen. En daar is AI niet goed in.

"De wetenschappelijke uitdagingen liggen vooral in het complexe stadsverkeer en in het omgaan met fietsers en voetgangers", zei Gavrila twee jaar geleden tijdens zijn intrede als hoogleraar. Technieken die met behulp van *big data* automatisch leren hoe weggebruikers eruit zien en hoe ze zich doorgaans gedragen, kunnen helpen de verkeerssituatie beter in te schatten. 



Hoe eng zijn zelflerende

Zelflerende algoritmen bepalen zoekresultaten op internet, welke berichten van vrienden je op Facebook te zien krijgt, en op den duur misschien welke medicijnen je krijgt en je straf als je een misdaad begaat. Hoe erg vinden we dit?

Virginia Dignum, universitair hoofddocent bij de faculteit Techniek, Bestuur en Management (TBM) en tevens een van de 52 leden van de 'High-Level Expert Group on Artificial Intelligence' is positief gestemd. Door wettelijke regulering zullen we artificiële intelligentie in goede banen leiden, verwacht ze. De Expert Group waar ze lid van is, adviseert de Europese Commissie over het beleid omtrent artificiële intelligentie.

Ibo van de Poel, Anthoni van Leeuwenhoek-hoogleraar in de ethiek van technologie en hoofd van de afdeling values, technology & innovation bij TBM lijkt zich meer zorgen te maken. "In de Verenigde Staten kun je als veroordeelde een strafmaat opgelegd krijgen die deels bepaald is door een zelflerend algoritme waarvan alleen een bedrijf de code kent."



Ibo van de Poel: "Meer transparantie in de werking van de algoritmen is wenselijk."

JA/NEE

"Er zijn zaken die zorgen baren als we het hebben over zelflerende algoritmen. Een van de problemen is dat er soms onbedoeld een bepaalde *bias* (een soort vooringenomenheid) in ingebakken zit. Neem algoritmen voor gezichtsherkenning die op vliegvelden gebruikt worden om verdachte personen uit de menigte te pikken. Als die alleen getraind zijn op blanke gezichten – en daar zijn voorbeelden van bekend – dan kan dat betekenen dat ze te weinig onderscheidend vermogen hebben om donkere mensen te herkennen.

In de Verenigde Staten zijn ze verder met de inzet van zelflerende algoritmen dan bij ons. Zo wordt er gebruikgemaakt van het Compass-algoritme dat de kans op recidive bij veroordeelden berekent. Die kans speelt een rol bij de bepaling van de strafmaat. Ook van deze software wordt gezegd dat er een raciale bias in zit. Hoe het programma precies werkt kom je niet te weten, want het is intellectueel

eigendom van een bedrijf dat de code niet wil openbaren. Het is dus mogelijk dat je in de VS een strafmaat opgelegd krijgt op basis van een redenering die je nooit precies te weten zult krijgen.

Van mensen van het ministerie van Justitie en Veiligheid heb ik begrepen dat zoiets in Nederland onmogelijk is omdat je hier altijd te weten moet krijgen welke redenering achter je strafmaat zit.

Zelflerende algoritmen zijn vaak een soort *black box*. Je kunt de code nagaan als deze niet geheim gehouden wordt, maar wat zo'n ding per saldo doet is vaak niet inzichtelijk. Meer transparantie in de werking van algoritmen is wenselijk, vind ik. Het probleem is dat als je eist dat het volledig transparant is, dat het algoritme dan minder efficiënt kan leren. Je moet daarin een afweging maken."

algoritmen?



Virginia Dignum: "Ik verwacht dat er steeds meer juridische constructies komen."

JA/NEE

"Algoritmen zijn artefacten. Je hoeft ook niet bang te zijn voor een hamer. Wel kun je je zorgen maken over de mensen die de hamer gebruiken om er iets verkeerd mee te doen. Achter het gebruik van algoritmen steekt altijd een menselijke strategie. Er is meer bewustwording over de wijze waarop algoritmen gebruikt kunnen worden en over de noodzaak tot regulering. Ik verwacht dat

Algoritmen zijn er ter ondersteuning. Wij mensen bepalen waar we ze voor gebruiken

er steeds meer juridische constructies komen die bepalen wat we met algoritmen doen.

Zelflerende algoritmen worden wel eens een *black box* genoemd. Het zou onduidelijk zijn hoe ze tot hun voorspelling komen. Ik ben het daar ten dele mee eens. Het achterliggen-

de proces blijft gewoon wiskunde – het zijn regressie en die snappen we. Maar er gaan soms duizenden of miljoenen factoren in zo'n zelflerend algoritme. Die enorme hoeveelheid maakt het moeilijk voor mensen om het proces te volgen.

Algoritmen zullen niet alles voor ons gaan bepalen. Er zullen wel allerlei gekke experimentjes komen. Maar ik denk niet dat algoritmen het laatste woord zullen hebben over wie een lening krijgt. Algoritmen zijn er ter ondersteuning. Wij mensen bepalen waar we ze voor gebruiken."



Meer leren over robots

Zullen robots in de toekomst een vrije wil hebben of de macht in de wereld overnemen?

De online cursus (mooC) 'Mind of the Universe: Robots in Society, Blessing or Curse?' behandelt de potentiële maatschappelijke en ethische impact van robots. Je leert over de ontwerpprincipes waar je je aan moet houden bij de ontwikkeling van robots en hoe je kritisch kunt reflecteren op factoren als robotautonomie, bewustzijn en intelligentie. Ook kun je meewerken aan baanbrekende oplossingen die robotontwikkelaars in de toekomst daadwerkelijk kunnen toepassen.

Deze gratis online cursus is een spin-off van de documentairereeks 'Mind of the Universe' (VPRO) en ontwikkeld door de TU Delft. De Delftse Ai-experts Virginia Dignum, Jordi Bieger en Rijk Mercurius begeleiden de cursus. De mooC is op elk moment te starten maar in groepsverband begint de eerstvolgende op 12 november.

Meer informatie:
bit.ly/cursusrobots

Vliegende robot leert zelf

Nieuwe trucjes leren aan een robot gaat met vallen en opstaan en dan is hij al gauw stuk. “Bij een vliegende robot is zo’n lesmethode – reinforcement learning in AI-jargon – helemaal uit den boze, want deze zijn nog kwetsbaarder”, zegt onderzoeksleider van het Micro Air Vehicle Laboratory dr. Guido de Croon.



De Croon kreeg eerder dit jaar een TOP-subsidie voor excellente onderzoeksprojecten. Samen met promovendus Frederico Paredes Valles probeert hij vliegende robots, zoals de klapwiekende Delfly – zelflerend te maken. De robots moeten afstanden leren inschatten door middel van diepe neurale netwerken. “Dit is een heel andere aanpak dan *reinforcement learning*”, zegt De Croon. De robot heeft stereovisie en kan

daarmee net als mensen diepte zien. Maar de informatie die in elk afzonderlijk ‘oog’ (camera) binnenkomt, bevat ook diepte-informatie, verpakt in textuur en kleur van objecten bijvoorbeeld. De robot leert zichzelf tijdens de vlucht ook die informatie te gebruiken voor het ontwijken van obstakels. “Door de informatie van het stereo-beeld te combineren met die extra informatie uit ieder oog willen we het zicht van de robot verder opschroeven. Uiteindelijk, na lang

trainen, moet de robot zelfs in staat zijn nauwkeurig diepte waar te nemen met slechts een oog. Dat is geen overbodige luxe. De robot kan dan nog door blijven vliegen als een van camera’s uitvalt.”

De Croon werkte al eerder al in opdracht van ESA en NASA aan een zelflerend robotkijksysteem voor de ruimtevaart. Het systeem waar hij nu aan werkt moet een slag geavanceerder worden. 

Met drie generaties op 50m²

Een appartement waarin elke muur, deur en meubel een andere vorm kan krijgen of een andere locatie. Hoe kan dit?

“In megasteden zoals Hong Kong en New York, waar weinig woonruimte is, gaat het die kant op”, zegt dr. Henriette Bier van

robotic building (Bouwkunde). “Vooruitstrevende architecten bouwen vervormbare *tiny apartments* waardoor je met drie generaties op 50 vierkante meter kunt leven. Nu moet je alle aanpassingen aan het interieur handmatig doen. In de toekomst gaat dit

automatisch.” Bier werkt samen met promovendus Alex Liu Cheng aan sensoren die kunnen zien waar de bewoners zich bevinden. Ook houden ze bij hoe warm het is, en wat de luchtkwaliteit is. “In combinatie met artificiële intelligentie moet een

woning uiteindelijk in staat zijn om zich aan te passen aan de behoeftes van de gebruikers.” De onderzoeker werkt ook aan een herconfigureerbare workshopruimte die in het Science Centre in Delft zal worden geplaatst. 

Visie

Prof. dr. Catholijn Jonker, hoogleraar interactieve intelligentie bij de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica (EWI), is op zoek naar de logica van kunstmatige intelligentie.

“**A**l in de jaren zestig werd onderzoek gedaan naar *machine learning* in de zin van kunstmatige neurale netwerken. De computers uit die tijd kwamen rekenkracht tekort om zoden aan de dijk te zetten. Jaren later kwamen de Belgen Lernhout en Haspie met hun spraakherkenningstechnologie, en dachten we natuurlijke taal onder de knie te hebben. Het was uitstekende technologie, maar het viel in de praktijk toch een beetje tegen. Dat risico is er nu weer. Sinds een paar jaar bestaat het gevoel dat we met neurale netwerken alles kunnen oplossen, maar dit is in de praktijk zo eenvoudig. Het vervelende van kunstmatige intelligentie is dat die altijd voor de troepen uitloopt. Ideeën zijn gedurfd, toekomstgericht en innovatief.

Maar om ze werkend te krijgen moet je heel krachtige computers hebben. Dat is lang de *bottleneck* geweest. De grote doorbraken van dit moment zijn in gang gezet door grote bedrijven met enorme rekenkracht zoals Google, IBM en Apple. Universiteiten hebben de middelen niet om dit soort onderzoek te doen. Bij intelligent systems, mijn eigen afdeling binnen EWI, zit van alles op het gebied van machine learning. Wij kunnen adviseren over wat wel of niet werkt. Wat is echt en wat een hype? Zelflerende systemen zijn fantastisch zolang je binnen een beperkte context aan het werk bent. Het veralgemeniseren van die resultaten gaat veel onderzoek vergen

en daar dragen we hard aan bij.

Denk aan zelfrijdende auto's. Aan de ene kant is de wereld enorm dynamisch, onoverzichtelijk en kan er van alles gebeuren. Aan de andere kant is een auto redelijk simpel. Je kan op de rem trappen, gas geven of bijsturen - dat is niet zo complex. Maar het interpreteren van de omgeving, het bepalen wat er op je af komt, dat is de cruciale vraag. Zelfrijdende auto's moeten niet alleen de verkeersregels kennen, maar die op verantwoorde manier

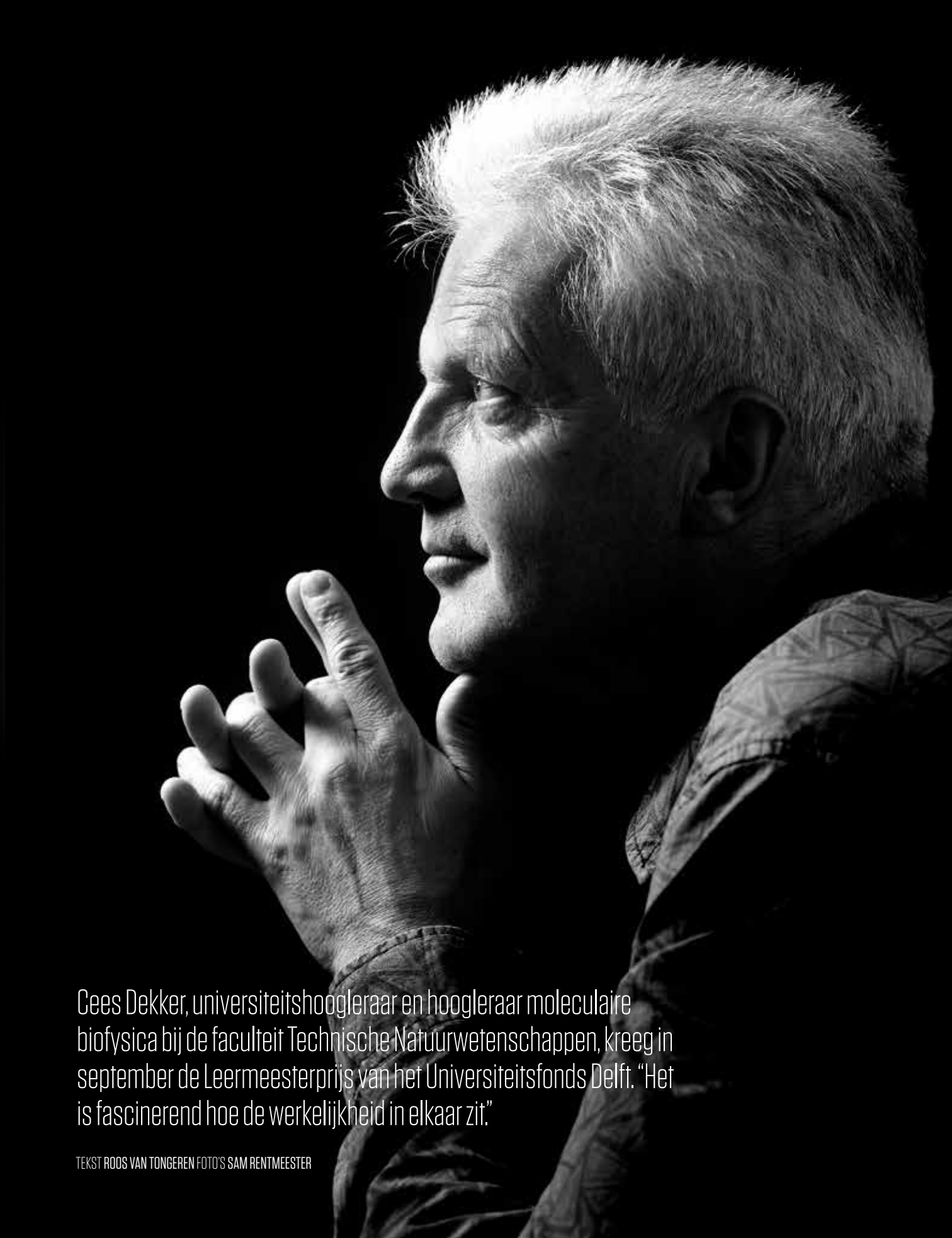
toepassen. De verkeersregels zijn een eindige set van voorschriften, maar de variatie van situaties waarin die auto's terecht kunnen komen is eindeloos. Mensen moeten een rijbewijs halen voordat ze de weg op mogen. Waarom zou dat voor een computersysteem niet gelden? Ik heb nog niet gehoord dat er één is die zijn rijbewijs heeft gehaald, maar ze rijden wel rond.

De uitdagingen voor de komende tijd liggen in het combineren van machine learning met het redeneervermogen van wat bekend staat als 'kennistechnologie'. Dat zijn redeneer-gebaseerde systemen die logisch georiënteerd zijn. Als we die connectie rond krijgen, kun je het systeem vragen waarom een beslissing is genomen. Dan komt het systeem met stukken kennis naar voren, in plaats van 'dat was nu eenmaal het beste patroon dat ik geleerd heb'. Je wilt de kennis van zelflerende systemen expliciet krijgen, en dat is bij uitstek het domein van de kennistechnologie. Als we een combinatie kunnen maken tussen zelflerende en logische systemen, hebben we een volgende doorbraak bereikt in de kunstmatige intelligentie.”





‘Ik wil
studenten
verwondering
meegeven’



Cees Dekker, universiteitshoogleraar en hoogleraar moleculaire biofysica bij de faculteit Technische Natuurwetenschappen, kreeg in september de Leermeesterprijs van het Universiteitsfonds Delft. "Het is fascinerend hoe de werkelijkheid in elkaar zit."

TEKST ROOS VAN TONGEREN FOTO'S SAM RENTMEESTER

Cees Dekker is geen onbekende op de TU Delft. Zijn koolstofnanobuisjes werden wereldberoemd en de door hem opgezette richting nanobiologie is inmiddels een complete afdeling. Hij hielp onder andere met onderzoek naar het uitlezen van DNA, waardoor we nu kunnen achterhalen wie een misdadiger is.

De Leermesterprijs wordt sinds 1994 uitgereikt aan een hoogleraar die uitblinkt in onderzoek en onderwijs. Geen punten of jury, maar aanbevelingen van studenten en promovendi zijn het criterium voor de prijs. “Ik vind het bijzonder om deze prijs te winnen”, aldus Cees Dekker. “Ik ben blij dat er erkenning is voor wat ik doe en dat ik blijkaar een voorbeeldfunctie heb.”

Hoe hoorde u dat u de Leermesterprijs kreeg?

“Ik had in mijn agenda een afspraak met de decaan staan, maar dat was natuurlijk onzin. Er kwam tijdens ons gesprek een student nanobiologie binnen om te vertellen dat er een probleem was en toen ik eenmaal meegelopen was, stond er een fles champagne en werd ik gefeliciteerd.”

De Leermesterprijs laat de menselijke kant zien van een hoogleraar. Hoe komt u zo populair onder uw studenten en promovendi?

“Studenten en promovendi zijn individueel verschillend. Ze komen elk met hun eigen motivatie naar de TU. Sommigen willen uitzoeken hoe de wereld in elkaar zit, een soort amateurfilosofen. Anderen zijn praktischer, zij willen graag technieken leren en toepassen in de industrie. Al die typen studenten wil ik verschillend bedienen. In mijn groep studenten en promovendi heb ik de structuur overdacht, ik maak teams van mensen die voor elkaar een klankbord vormen. Ik zoek mensen die wetenschappelijk top zijn, maar ook communicatief en invoelend. Dat is heel subjectief. Ik heb leren vertrouwen op een soort intuïtie om kandidaten mede op die menselijke kanten te selecteren.”

Wat ik studenten wil meegeven, is verwondering. Verwondering is voor mij de drijfveer in onderzoek. Ik wil uitzoeken wat de samenhang is van het Al. Dat komt ook naar voren in het schilderij ‘Curiosity’ dat in mijn kantoor hangt en dat ik samen met een groep bij mij thuis heb gemaakt – losse onderdelen die samen toch één geheel vormen.”

Wie was uw eigen leermeester?

“Hans Mooij. Ik promoveerde in Utrecht en kwam in 1993 naar Delft. Hij leerde mij om niet te kijken naar wat er op dit moment *funding* oplevert, maar wat de grote wetenschappelijke uitdagingen in de toekomst zijn. Je kunt richting geven aan het fundinglandschap, in plaats van dat te volgen.”

De Leermesterprijs bestaat 25 jaar, toevallig net zo lang als u aan de TU werkzaam bent. Wat hebt u in die tijd allemaal gedaan?

“Ik vond vooral de fundamentele wetenschap aantrekkelijk. In Delft kwam een positie vrij bij vastestoffysica. Ik startte een nieuwe onderzoekslijn. We bedachten dat het mogelijk moest zijn om de elektrische geleiding door een enkel molecuul te meten. We kregen keurig een veelbelovend molecuul, van een zogenaamd geleidend polymeer, tussen twee elektroden. Maar wat bleek? Het geleidde helemaal niet.”

Het was een domper op de zaak, want dat was de nieuwe richting die ik was ingeslagen. Er was nieuw materiaal, koolstofnanobuisjes, kleine buisjes van grafeen op een bepaalde manier opgerold. Ik regelde dat we materiaal uit Houston kregen om te testen. Dat dat geleidde fantastisch goed! Daarmee hebben we voor het eerst laten zien dat je elektrische geleiding kunt meten door een enkel molecuul en er een transistor mee kunt bouwen.”

Het was een doorslaand succes. Ik was veertig, werd hoogleraar, en kon nog jaren doorgaan met die koolstofnanobuisjes. Toch kriebelde het. Ik

‘Dat je moleculaire motortjes in je lichaam hebt, vind ik fascinerend’

had steeds meer interesse in biologie. Het feit dat je moleculaire motortjes in je lichaam hebt vond ik fascinerend. Hoe dat mechanisch werkte was nog niet erg bekend. Ik startte een nieuwe onderzoeksgroep in de biofysica, met als onderwerp de ‘nanobiologie’, een term die nog niet eens bestond. Dat is uitgegroeid tot deze hele afdeling *bionanoscience*.”

Hoe blijft u enthousiast?

“Dat gaat vanzelf! Omdat de materie hartstikke

CV

Prof. dr. Cees Dekker (1959) is hoogleraar moleculaire biofysica en hoofd van het Cees Dekker Lab (Bionanoscience) in het Kavli Institute of Nanoscience Delft, waar hij ook 8 jaar directeur van was. De eerste 20 jaar van zijn carrière hield hij zich bezig met vastestoffysica, sindsdien met biofysica en de vraag hoe levende systemen in elkaar zitten. Zijn cv telt 62 pagina's en hij wordt jaarlijks zo'n 3.000 keer geciteerd.

interessant is. Het is fascinerend hoe de werkelijkheid in elkaar zit. We hebben nu technieken om op een miljoenste van een millimeter naar enkele moleculen te kijken en te zien wat daarin gebeurt. Ik wil niet alleen onderzoeken hoe de mechanismen werken, maar ook uitzoeken hoe de moleculen samenwerken om levende systemen te bouwen. Kunnen we synthetische cellen bouwen? Hoe zit de natuur in elkaar op dit niveau? Dat soort vragen boeien mij wezenloos.”

U bent christen. U gaat een discussie over geloof en wetenschap niet uit de weg. Is uw mening over geloof en wetenschap de afgelopen 25 jaar veranderd?

“Enerzijds niet, want 25 jaar terug was ik ook een gelovige die gedreven werd door verwondering en met wetenschap meer wilde ontdekken van deze wereld. Ik voel een verantwoordelijkheid om als wetenschapper geloof en wetenschap te verbinden en aan het grote publiek uit te leggen dat die twee juist harmonieus samenhangen.”

Anderzijds heeft mijn denken over geloof en wetenschap zich verdiept. Vijftien jaar geleden woedde er een debat over Intelligent Design (een stroming die stelt dat je objectief kunt bewijzen dat de natuur een ontwerp kent, red.), een idee waar ik interesse in had maar waar ik inmiddels afstand van heb genomen. De diepere discussie gaat over welk wereldbeeld de werkelijkheid het beste beschrijft, een seculier of religieus wereldbeeld. Ik denk dat laatste, omdat het recht doet aan de betekenis van het Al. Naast de discussie met atheïstische collega's over het bestaan van God, ga ik ook de discussie aan met gelovigen, vooral over schepping en evolutie. In orthodox-christelijke kring staan mensen soms huiverig tegenover de wetenschap van oerknal en evolutie. Ik leg beide groepen graag uit dat geloof en wetenschap goed samengaan.”

Naast deze discussie en de wetenschap ben ik met veel andere dingen bezig. Ik help in de kerk met de intellectuele vorming en ik leid daar kerkdiensten. Ik speel in de kerk muziek op gitaar en sopraansax en een paar keer per jaar leef ik me uit op contrabas, mandoline, dobro en banjo in jamsessies op bluegrassfestivals. Ik runde lange tijd met twee gezinnen opvangplekken voor jongeren die een steuntje in de rug nodig hadden. En ik help nu in een asielzoekerscentrum.”

Waar haalt u de tijd vandaan?

“Tijd is prioriteit. Je moet tijd maken voor dingen die je belangrijk vindt. Ik heb veel energie, een



hele dag op het strand zitten trek ik niet. Na twee uurtjes wil ik weer wat doen. Ik wil God dienen, nuttig zijn voor mijn naasten en fundamentele wetenschap bedrijven. Ik droom ervan, soms zelfs letterlijk, om dingen uit te zoeken. Bijvoorbeeld hoe DNA-structuur zijn rol speelt in cellen. Ik wil die synthetische cellen kunnen maken zodat we basisprincipes leren kennen over hoe cellen werken.”

U bent nu 59. Denkt u wel eens aan uw pensioen?

“Nee, totaal niet. Ik wil graag nog een hele tijd door, maar de universiteit maakt dat niet makkelijk. Op een gegeven moment krijg je geen toestemming meer om promovendi aan te nemen en word je er langzaam uitgewerkt. Dat is in de Verenigde Staten wel anders, daar heb je professoren van boven de negentig. Sommige leeftijdsgenoten vragen me, hoe lang ‘moet je nog’ tot je pensioen? Hahaha! Zo zit ik echt niet in elkaar, ik wil cellen bouwen, de DNA-structurering van onze cellen uitpuzzelen! Op dit moment wil ik in volle vaart door en heb ik geen enkele neiging om te stoppen.” <<

Gevraagd: een miljoen woningen Maar welke?

In 2030 moet Nederland een miljoen woningen meer tellen dan nu, stelde minister van Binnenlandse Zaken Kajsa Ollongren afgelopen voorjaar. Dat klinkt als heel veel, maar uitzonderlijk is het niet. De grote vraag is eerder: wat voor woningen? "We moeten niet dezelfde fout maken als vroeger, om een heleboel dezelfde woningen neer te zetten", zegt prof.ir Dick van Gameren, hoogleraar woningbouw aan de TU Delft.

Dick van Gameren is net terug uit India, waar hij een woningbouw-ontwerpstudio leidt voor studenten van de KR VIA, een architectuuropleiding aan de Universiteit van Mumbai. De afdeling architectuur van de faculteit Bouwkunde heeft een samenwerking opgezet met deze school. Binnenkort gaat Van Gameren er met een groep Delftse studenten op bezoek. "Als je de uitdagingen daar bekijkt, hebben we hier in Nederland helemaal geen probleem", zegt hij. "Daar wonen miljoenen mensen in wat *informal settlements* heten, maar in feite sloppenwijken zijn. Mensen hebben soms één tot anderhalve vierkante meter per persoon ter beschikking aan woonoppervlak. Dat soort woonomstandigheden hebben we hier niet meer. In feite staan

ze daar voor de uitdaging die wij hier 150 jaar geleden hadden. De woonsituatie van de arbeiders in het Victoriaanse Londen en het negentiende-eeuwse Amsterdam waren ook deplorabel."

De omstandigheden maken de huidige bouwopdracht in Mumbai totaal verschillend van die in Nederland, maar er zijn ook overeenkomsten, voortkomend uit de wereldwijde trek naar de stad, die ook in Nederland volop doorgaat. Het is geen toeval dat de groep van 21 Delftse studenten waarmee Van Gameren het Mumbai-project draait, zeventien verschillende nationaliteiten kent. Woningbouw in stedelijke gebieden is een internationale uitdaging.

EENZIJDIGE WOONOMGEVING

Van Gameren kijkt dan ook niet op van de één miljoen woningen die Nederland tot 2030 wil bijbouwen, vooral

in de stedelijke gebieden: "Dat hebben we eerder gedaan. Na de oorlog, bijvoorbeeld, en in de jaren negentig met de Vinex-wijken. Dat ging ook over bijna een miljoen woningen in ruim tien jaar. Het risico bij

'We moeten niet de fout maken om nu alleen maar kleine woningen in de binnenstad te bouwen'

zo'n ambitie is vooral dat de nadruk op de kwantiteit komt te liggen in plaats van de kwaliteit. We moeten niet weer de fout maken dat we een heleboel woningen van hetzelfde soort bouwen zonder rekening te houden met veranderende behoeften in de toekomst." De trend van dit moment is volgens hem het bouwen



De bewoners van het Justus van Effenblok in Rotterdam kregen bij de renovatie geen inspraak in de inrichting omdat het een monument is.

van kleinere woningen in de binnensteden. In de Vindex-periode was dat precies andersom, toen mensen juist naar de buitenwijken verhuisden. Vooral jonge mensen, steeds vaker alleenstaand, willen volgens hem dicht bij de voorzieningen wonen. Anders dan indertijd gedacht, is de buitenwijk niet dichtbij genoeg. Dat een achtertuin er bij een appartement vaak niet in zit, neemt men voor lief. Het ideaal van de eengezinswoning is volgens Van Gameren op zijn retour.

“Maar we moeten niet de fout maken om alleen maar kleine woningen in de binnenstad te bouwen”, zegt

Van Gameren. “Dat leidt tot een eenzijdige woonomgeving. Je moet gevarieerd bouwen, ook in de stad.” Ruimte lijkt niet het probleem. Projectontwikkelaars vinden het weliswaar makkelijker om in een weiland te bouwen, maar de Nederlandse binnensteden zijn vergeleken met het buitenland niet dicht bewoond. Er komen veel bedrijfsterreinen vrij. Leegstaande kantoorgebouwen kunnen een nieuwe bestemming krijgen.

Onvermijdelijk zal er meer hoogbouw komen om het aantal bewoners per vierkante kilometer omhoog te brengen. Onder meer door

de grotere ruimtebehoefte (de huidige Nederlander verlangt gemiddeld vijf keer zoveel vloeroppervlak als die in 1900) is die in de afgelopen decennia namelijk gedaald. Rotterdam, bijvoorbeeld heeft zo'n 100 duizend bewoners minder dan vijftig jaar geleden, ondanks de bouw van nieuwe buitenwijken.

ONTWERPEND ONDERZOEK

De kunst is om die ruimte niet alleen efficiënt, maar ook flexibel te benutten. Dat is het onderzoeksgebied van de hoogleraar, die ook praktiserend architect is. “Voor ons onderzoek kijken we naar het verleden en ana-

lyseren bestaande trends.

Op basis daarvan geven we opdrachten aan studenten om mogelijkheden voor de toekomst te bedenken. Zo werken we bijvoorbeeld in het Mumbai-project.”

Het onderzoek leidt onder meer tot de boekenreeks DASH (Delft Architectural Studies on Housing). Het jongste deel gaat over het transformeren van woningen tot woningen.

Van Gameren legt uit: “Tot twintig jaar geleden was de reflex om woningen te slopen als ze niet meer aan de eisen van de tijd voldeden.

[Lees verder op pagina 24](#)



Het Funenpark in Amsterdam. (Foto: Landlab Studio voor landschapsarchitectuur)

Vervolg van pagina 23

Die trend is gelukkig gekeerd. De eerste ervaringen met de ombouw van complexen geeft waardevolle inzichten in hoe je nieuwe complexen het best kunt bouwen om toekomstige ombouw te faciliteren.” Een voorbeeld is de renovatie van de Klarenstraat in Amsterdam. De portiekflat uit 1952 bestond oorspronkelijk uit veertig min of meer identieke woningen. Het gebouw werd opgedeeld in 'blokjes' tussen de 30 en 45 vierkante meter. Belangstellenden konden zelf aangeven welke blokjes zij tot een woning aaneen wilden smeden. Vervolgens werd het casco gezamenlijk aangepakt, terwijl de bewoners ieder voor zich de inpandige afwerking ter hand namen.

Een iets ander voorbeeld is het Rotterdamse Justus van Effenblok, een Rijksmonument uit 1922, dat vanwege die status met de nodige omzichtigheid gerenoveerd moest worden om te voldoen aan moderne inrichtings- en isolatie-eisen. Toekomstige bewoners kregen hier geen inspraak in de inrichting, maar het project was een mooi voorbeeld hoe

je met respect voor bestaande bouw een pand nieuw leven kunt inblazen. Studenten van Van Gameren houden zich momenteel bezig met de nieuwe fase van de Amsterdamse wijk IJburg. “Een mooie wisselwerking van onderwijs en onderzoek”, zegt hij. De studenten werken de eisen van de stad aan de nieuwe wijk op verschillende manieren

uit. Zo wordt tastbaar welke kanten het op kan gaan met het woonklimaat.

GEMENGDE WIJK

Onderzoek naar het optimale ontwerp van woningen staat uiteraard niet los van andere (Delftse) vakgebieden. Het onderzoeksinstituut OTB doet onder andere onderzoek naar de relatie tussen verstedelijking en mobiliteit. Een cruciaal onderdeel van het onderzoek, bleek bij een evaluatie van de Vinex-projecten. Een van de doelen was het terugdringen van de automobiliteit door goede fiets- en ov-verbindingen, maar dat doel werd zelden gehaald bij buitenwijken. Bij Vinex-locaties dichtbij de binnenstad, zoals de Kop van Zuid in Rotterdam, lukte het wel. Een hedendaags streven is om klimaatneutrale wo-



Dick van Gameren: “Maatwerk is mooi, maar de vraag is hoe je dat duurzaam houdt.”



Emerald bij Delfgauw is een typische Vinexwijk.

ningen te bouwen. Maar een eengezinswoning heeft per persoon meer dakoppervlak voor zonnepanelen dan een flat, zodat bouw- en milieudoelstellingen elkaar hier lijken te bijten. Materiaalonderzoek kan helpen: betere zonnepanelen, zonnecellen in gevelstenen of zelfs ramen.

Het Funenpark, een kleine wijk op een voormalig rangeerterrein in Amsterdam waaraan Van Gameren als architect bijdroeg, is een voorbeeld van een project waar veel factoren samenkomen.

De grondslag was een politiek besluit: het moest een gemengde wijk worden, zowel qua samenstelling van de bewoners als betaalbaarheid van de woningen. Dat legde beperkingen op aan de wijze van financiering. Een andere opgelegde

beperking, een parkachtige omgeving waar voor auto's geen plek zou zijn, gaf duidelijk richting aan de visie op mobiliteit.

Kopers konden vooraf op een website kiezen uit tientallen opties om de woning naar hun wens in te richten. Geen seriebouw dus, maar ook geen volledige vrijheid. Daardoor was het mogelijk om mensen het gevoel van maatwerk te geven, terwijl ook de eenheid binnen de verschillende complexen bewaakt werd. Van Gameren: "Maatwerk is mooi, maar de vraag is hoe je dat duurzaam houdt, dat wil zeggen: ook bruikbaar voor volgende bewoners. Dat is een van de dingen waar we onderzoek naar doen."

CIRCULAIRE ECONOMIE

Een van de trends die Van

Gameren ziet in de woningbouw is de deeleconomie. In de binnensteden gebeurt dat steeds vaker dat bewoners een auto delen. "Waarom zou je geen aparte ruimte voor wasmachines hebben per woonblok? Dat is in het buitenland al gebruikelijk. Ook thuiswerkplekken zou je kunnen organiseren per woonblok in plaats van in iedere woning afzonderlijk." Het zijn gedachten die goed aansluiten bij de ontwikkeling van een circulaire economie, waarin mensen niet meer zelf eigenaar zijn van een wasmachine, maar een 'wasdienst' inkopen bij de fabrikant. Dan hoeven ze zelf geen actie meer te ondernemen als het apparaat kapot gaat. De fabrikant houdt zicht op de locaties van zijn machines, zodat hij ze kan upgraden of recyclen als ze niet meer voldoen.

In Nederland, met zijn cultuur van eigen woningbezit, is het wellicht nog een stap te ver om op een vergelijkbare manier in te spelen op het 'leasen' van woningen, maar voor het duurzaam houden van de woningvoorraad zou het volgens Van Gameren bevorderlijk zijn. Projecten als de Klarenstraat waren veel ingewikkelder geweest als het blok niet in handen van één woningcorporatie was geweest. Nu het verkocht is aan tientallen particulieren is het de vraag of de verkooptruc over nog eens zestig jaar te herhalen valt. Er valt, met andere woorden, nog genoeg te onderzoeken voor de Delftse woningbouwkundigen. <<



Pulse

Dertien onderwijszalen, 1.020 onderwijsplekken, een food market, 750 m² PV-cellen en het hoogst haalbare energielabel. Het nieuwe onderwijsgebouw Pulse is inmiddels volop in gebruik.

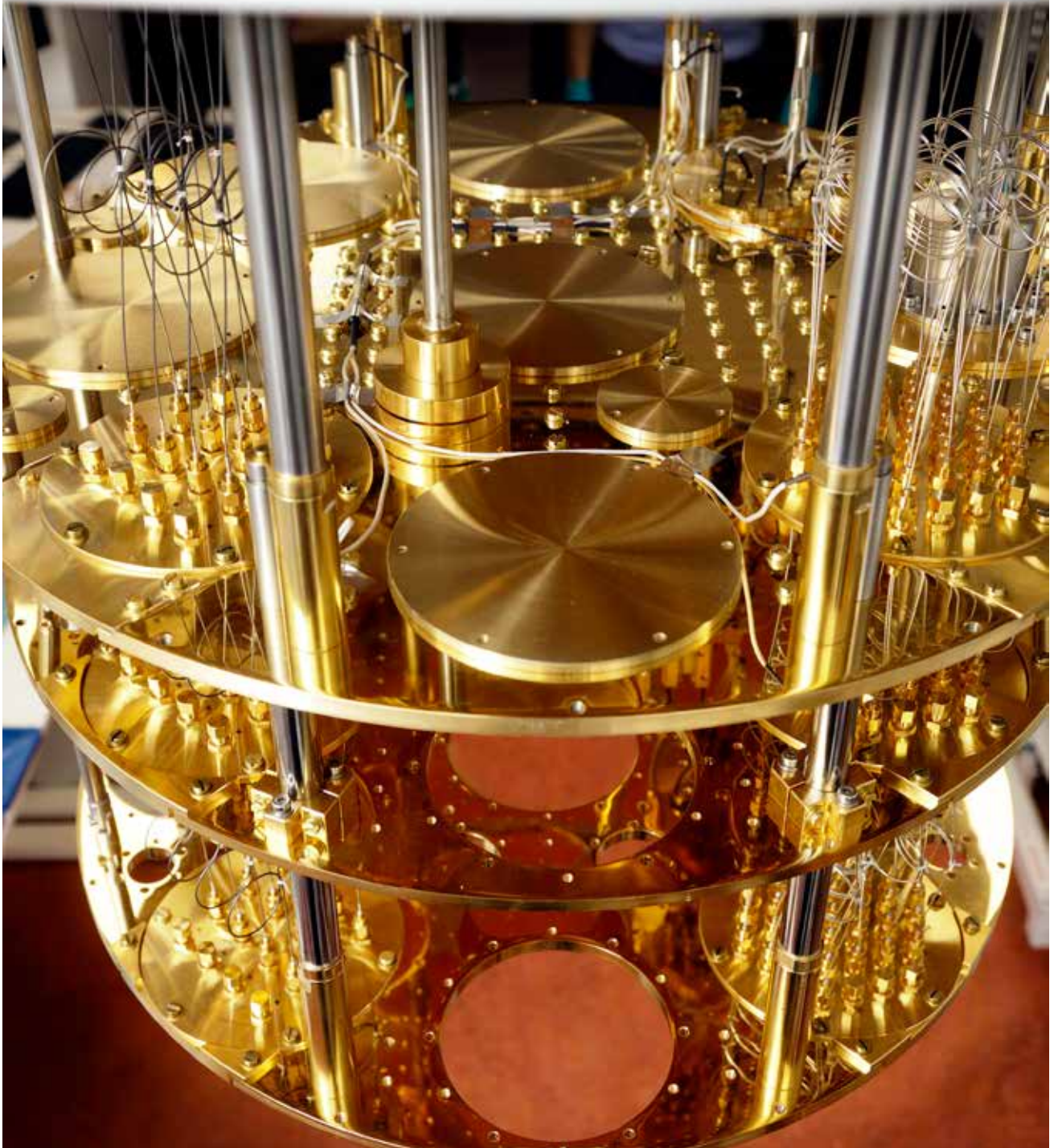


Pulse is het eerste energie-neutrale gebouw op de Delftse campus en is ingericht om eigentijds 'activerend' onderwijs te kunnen geven. Door actief aan de slag te gaan, kunnen studenten gemakkelijker lesstof opnemen die langer blijft hangen, is de gedachte. Studenten kunnen er van de vroege ochtend tot de late uurtjes terecht.

- 1 Break Out – Een kleine besloten zaal voor bijvoorbeeld interview. Het is de enige zaal zonder visuele middelen. De muren zijn te beschrijven of te gebruiken als prikbord.
- 2 Ventilatie – De luchtkanalen zijn groter dan gebruikelijk, zodat de ventilatoren minder hard hoeven te draaien.
- 3 Lichtinval – De 'shed'-daken zorgen voor optimale natuurlijke lichtinval. Hierdoor is minder kunstlicht nodig en dus minder energie.
- 4 DC-stroomvoorziening – De verlichting werkt op gelijkstroom, wat zo'n 5 tot 10 procent stroom bespaart. De elektronische beveiliging schakelt zichzelf direct uit bij overstroom. Als de zonnepanelen niet genoeg energie opwekken, kan er door wisseling van gelijkstroom en wisselstroom toch gebruikgemaakt worden van het reguliere elektriciteitsnet. In de toekomst kunnen ook de nieuwe generatie USB-C-aansluitingen en al geïnstalleerde ventilatoren op de zonnepanelen worden aangesloten.

- 5 Duurzame/groene materialen – Er is veel bamboe gebruikt in plaats van hout, plafonds hebben een open structuur en middenin het gebouw is een enorme plantentand gemaakt.
- 6 Zonwering – Aan de zuidwestfaçade komt zonwering, bestaande uit doeken waar je doorheen kunt kijken. Dit is nodig om een optimale balans te krijgen tussen lichtinval en de koeltevraag in de zomer.
- 7 Technische ruimte – Hier kunnen in de toekomst batterijen worden geplaatst voor opslag van de zonne-energie.
- 8 Ledverlichting – Ledverlichting in combinatie met de aansluiting op het gelijkstroomnet bespaart energie.
- 9 Collegezaal – De meeste (10 van de 13) onderwijszalen liggen op het noordoosten (minder koeling nodig). Er hangen digitale smartboards, schermen om informatie te delen en camera's van Collegerama. Op bijna alle wanden kun je schrijven. De meest geavanceerde zaal is de Technology Room, met beweegbare camera's en schermen die het mogelijk maken met andere studenten te communiceren, waar dan ook ter wereld.
- 10 Food market – Bij de ingang is een food market met drie eetcorners.
- 11 Warmte-koudeopslag (WKO) – In de winter wordt Pulse verwarmd met warm water vanuit 73 meter diepte, dat in de zomer is opgeslagen. Het afgekoelde water wordt in de zomer gebruikt voor koeling.

De quantumcomputer is er **wel en niet** tegelijk



Wereldwijd hoort QuTech tot de top op het gebied van quantum computing en quantumcommunicatie. Het Delftse instituut heeft nog geen quantumcomputer online staan, maar wel de eerste Nederlandse simulator. Als de quantumlogica hier ook geldt, komt de hardware er met verdubbelde snelheid aan.

Stel: er ligt een pak van 52 geschudde speelkaarten op tafel en je wilt daar de harten aas uit pakken. Hoeveel kaarten moet je bekijken om met een grote kans die harten aas te vinden? Wil je hem met een kans van 90% vinden, dan moet je $0,9 * 52 = 47$ kaarten bekijken, zou Lov Grover, de Indisch-Amerikaanse computerwetenschapper, zeggen. Een mens kan dat in minder dan een

bijna alsof je maar 7 kaarten hoeft te bekijken om met 90% kans die harten aas te vinden”, zegt system engineer Richard Versluis. Hij kan het weten, want hij is degene die de systeemeisen van de eerste online quantumcomputer van ons land bepaalt.

Kan een quantumcomputer straks meer dan speelkaarten omdraaien? Nou en of, de beloften zijn groot. Onderzoekers hopen revolutionaire nieuwe materialen te ontdekken door het ge-

Voor gewone computers maken een paar extra bits niet zo heel veel uit, maar in de quantumwereld wel

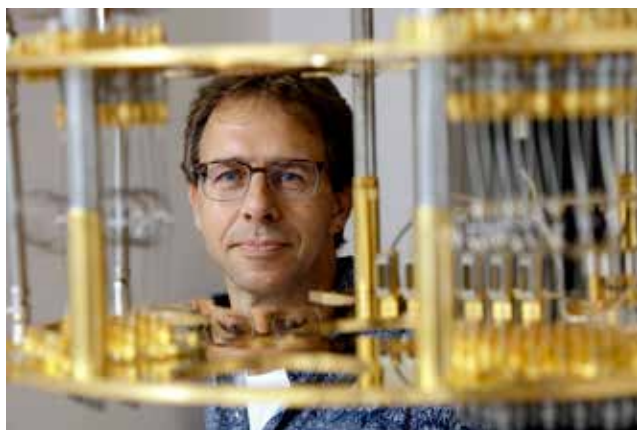
minuut en een computer nog veel sneller, maar toch zouden ze beiden minstens 47 kaarten één voor één moeten bekijken en moeten vergelijken met de harten aas om met 90% kans die ene kaart te vinden.

Grover bedacht dat quantumcomputers dit soort vraagstukken veel sneller zouden kunnen oplossen. In 1996 tekende hij één van de eerste algoritmes hiervoor op, dat we nu kennen als Grover's algoritme. “De kracht van de quantumcomputer is dat je maar 7 keer een vergelijking hoeft te maken tussen de harten aas die je zoekt en de stapel kaarten waar die kaart in zit,

drag van materialen tot op atoomniveau te simuleren; data te versleutelen met een bijna perfecte veiligheid; codes te kraken die met onze huidige computers onbreekbaar zijn; en heel precies te voorspellen hoe het klimaat op aarde verandert.

WONDERLIJKE EIGENSCHAP

De kracht van quantum laat zich het best uitleggen aan de hand van een metafoor: een gewone computer praat in bits, waarbij een bit een 1 of een 0 kan zijn, laten we zeggen een kop of een munt. Bij quantum blijft die munt rondjes draaien; een quantumbit (qubit) kan ook een 1 en een 0 tegelijkertijd



Richard Versluis: “Met elke qubit die je toevoegt, verdubbel je de rekenkracht.”

zijn, een wonderbaarlijk fenomeen dat bekend staat als superpositie. Daarnaast hebben qubits de minstens zo wonderlijke eigenschap dat ze elkaar kunnen beïnvloeden als ze niet fysiek met elkaar verbonden zijn, iets wat verstrengeling heet. Het belangrijkste om te weten is dat hierdoor meerdere berekeningen tegelijkertijd uitgevoerd kunnen worden. Zowel IBM als Microsoft, Google en Intel houden zich bezig met het bouwen van een quantumcomputer, maar tot nu toe lijkt er nog geen te bestaan die zich kan meten met de gewone computer. De grootste uitdaging is het opschalen naar grotere aantallen qubits en het aansturen van die qubits. Voor gewone computers maken een paar extra bits niet zo heel veel uit, maar in de quantumwereld wel. “Met elke qubit die je toe-

voegt, verdubbel je de rekenkracht”, zegt Versluis.

QUANTUM INSPIRE

Ook QuTech, een samenwerking van de TU Delft en TNO, werkt aan een quantumcomputer. In tegenstelling tot IBM en Riggetti gokt QuTech niet op één type qubit, maar bouwt het instituut een platform waarmee verschillende typen qubits kunnen worden gebruikt. Dat gebeurt in het natuurkundegebouw van de TU Delft. De muren zijn net gewit en uit het ongestucte plafond komt een witte ronde metalen buis, die van binnen is bekleed met glimmend koper. Boven de buis prijkt in paarsblauwe neonletters: Quantum Inspire. Zo heet het platform dat QuTech begin september lanceerde.

Lees verder op pagina 30

Vervolg van pagina 29

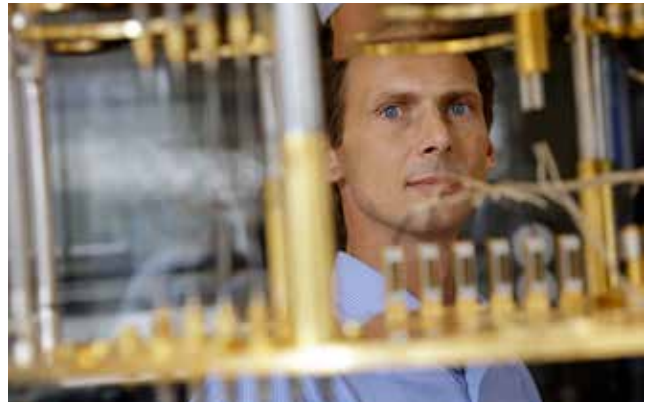
Jorrit van Wakeren is als projectmanager verantwoordelijk voor Quantum Inspire. Hij wil het publiek alvast laten kennismaken met de quantumcomputer en met het verzinnen van nieuwe soorten algoritmes in de nieuwe quantumcomputertaal QASM. “Het vereist een andere manier van denken, iets wat de volgende generatie moet leren”, zegt hij. Ook wil Van Wakeren aan bedrijven laten zien wat zij in de toekomst aan een quantumcomputer kunnen hebben, zodat ze begripen waarom ze nu in de ontwikkeling ervan moeten investeren.

WERKENDE SIMULATOR

De eerste stap richting een Delftse quantumcomputer is sinds kort genomen: er is een werkende simulator van 37 qubits, de maximale capaciteit die de supercomputers bij het nationale support center Surfsara aankunnen. “Zo’n simulator is superbelangrijk, omdat je er achter wilt komen hoe zoveel qubits bij elkaar hun werk doen”, zegt Thorsten

Last die verantwoordelijk is voor de integratie van de hardware.

Hij vervolgt: “Qubits hebben de lastige eigenschap steeds te worden verstoord, onder meer door verschillen in temperatuur, het magnetisch veld of door losse atomen, waardoor hun levensduur kort is. Daarom is het belangrijk om qubits stabiel te krijgen. De qubits waar wij mee werken, koelen we tot vlakbij het absolute nulpunt (-273 graden Celcius, red). Dit is nodig om de quantummechanische eigenschappen te verkrijgen. Ook werken we met silicium, een materiaal dat de levensduur van de qubits relatief lang maakt en bovendien al standaard is in de halfgeleider industrie, wat commercialisering en opschaling vergemakkelijkt. De eerste chip waar QuTech nu aan werkt, met het team van professor Lieven Vandersypen die expert is op het gebied van electron spin qubits, heeft 2 silicium spin qubits. Dat lijkt een klein aantal vergeleken met de supergeleidende qubits waar IBM (tot 20 qubits) en Google (72 qubits) aan wer-



Jorrit van Wakeren: “Wij bieden nu het eerste platform voor het uitvoeren van quantumalgoritmes.”

ken. Maar er is nóg een belangrijke andere reden dat het team silicium gebruikt in plaats van supergeleidende qubits. “Een quantumcomputer met een miljoen supergeleidende qubits is net zo groot als een voetbalveld, dus die technologie is niet goed schaalbaar”, zegt Versluis. Last vult aan: “Een chip met tien supergeleidende qubits is al centimeters lang, terwijl tien qubits op silicium maar 700 nanometer nodig hebben. Dat is minder dan een micron”. Het team hoopt in 2019 de eerste quantumcomputer met silicium spin qubits ter wereld online te hebben.

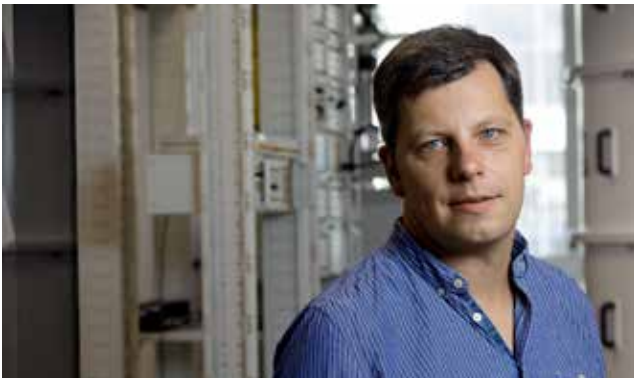
TOEKOMST

“Maar we hebben pas een quantumcomputer op het moment dat je er dingen mee kunt die je niet kunt simuleren en dus niet met een gewone computer kunt doen”, zegt Versluis. “Als we er codes mee kunnen kraken en er chemische eigenschappen van medicijnen mee kunnen doorrekenen, dan zijn we 15 tot 20 jaar verder.” Toch is dat tijdspad vergelijkbaar met de ont-

wikkeling van de huidige computers, relativeert Van Wakeren. Immers, twintig jaar geleden zag de eerste qubit het levenslicht en nu zijn we bezig met het schrijven van de eerste code voor de eerste quantumcomputer. Dat terwijl in de jaren

De grootste uitdaging is het opschalen naar grotere aantallen qubits

vijftig van de vorige eeuw de eerste transistors verschenen en twintig jaar later de eerste thuiscomputer bij het Marin Computer Centrum publiek werd. Hij besluit: “We bieden nu het eerste platform voor het uitvoeren van quantumalgoritmes. Hoe het tijdspad er voor de toekomst uit zal zien, is nauwelijks aan te geven, omdat we nog nauwelijks begrijpen hoe ingewikkeld de toekomstige quantumcomputer echt is.” <<



Thorsten Last: “We werken met silicium, een materiaal dat de levensduur van de qubits relatief lang maakt.”

DE ZAAK

Filmen vanuit de lucht, mensen in de gaten houden en vogels verjagen. Een drone kun je voor van alles inzetten. De oprichters van Mainblades Inspections gebruiken een drone om vliegtuigen te onderzoeken op schade.

Vliegtuigen worden regelmatig gecontroleerd, soms snel, soms uitgebreid. Een strak schema bepaalt wanneer welk toestel aan de beurt is. Bij blikseminslag volgt er meteen een ongeplande handmatige inspectie. Dan is het toestel een paar uur niet beschikbaar.

TU-alumni Dejan Borota en Jochem Verboom bedachten samen met KLM-piloot Mark Terheggen hoe dat anders kan. Een sensor op een drone kan het vliegtuig automatisch op schade door bliksem controleren. “Dat gaat veel sneller. De techniek die erin zit, heeft veel weg van een autonome auto”, vertelt Verboom. “Toch moet er altijd een mens in de *loop* zitten. Nu nog als operator die de drone bestuurt, maar in de toekomst als supervisor die kijkt of alles goed gaat.”

Tijdens hun studie ontmoetten Borota en Verboom elkaar in Zürich. Terug in Nederland volgden zij een cursus bij YesDelft om een start-up op te richten. Een duidelijk idee hadden ze niet, maar ze wisten dat ze wilden ondernemen.

Via de TU kwamen ze bij KLM terecht. Inmiddels waren ze bezig met hun eerste banen: Borota werkte aan een schoonmaakrobot voor schepen bij de Delftse start-up Fleet Cleaner, Verboom programmeerde beveiligingsrobots. “Ik vroeg me af, kunnen we ook vliegtuigen schoonmaken?” vertelt Borota. “Dat bleek niet lucratief. Toen bleek de inspectie een tijdrovend proces en kwam de dronehype



Naam: Dejan Borota (I) en Jochem Verboom
Studie: Elektrotechniek (Borota) en werktuigbouwkunde (Verboom)
Bedrijf: Mainblades Inspections
Product: Inspectie van vliegtuigen
Werknemers: Drie oprichters, vier werknemers, twee afgestudeerden
Doelgroep: Vliegtuigonderhoudsbedrijven en luchtvaartmaatschappijen
Over 5 jaar: Marktleider in vliegtuigonderhoudsindustrie

net op. We bedachten de inspectiedrone.”

In april 2017 richtten zij een bedrijf op samen met Terheggen. “Al in juli 2016 maakten we onze eerste testvlucht. Daarna ontwikkelden we verder en in oktober is onze tweede testfase bij KLM. Daar zullen we ongeveer een

half jaar lang twee keer per week oefenen. Als het goed gaat, starten we met de productie.” Mainblades Inspections is niet het enige bedrijf dat hiermee bezig is. In Frankrijk en Groot-Brittannië zijn twee bedrijven in ongeveer dezelfde fase van het proces. “Het voelt als een race tegen de klok, want wij willen de eerste zijn”, aldus Verboom. “Maar het is goed om concurrentie te hebben, dat houdt je scherp.” Een van de problemen van de start-up is financiering. “We hebben nog geen

‘Uiteindelijk worden vliegtuigen veiliger, omdat de checks sneller en grondiger plaatsvinden’

vaste betalende klant.” Naast geld van de KLM en *research grants*, hebben zij er hun eigen geld in gestopt. “Het is soms lastig. We moeten ons eerst technisch ontwikkelen voordat we een product hebben. Als we één betalende klant hebben zal het hard gaan. Dan vertrouwen andere klanten ons.” Waar het de klanten misschien ontbreekt aan vertrouwen, zit dat bij de jonge ondernemers wél goed. “In korte tijd hebben we met weinig geld veel bereikt. Het blijft spannend, je gaat een risico aan. Je moet soms medewerkers wegsturen die je liever had gehouden. Maar we weten zeker dat het een nieuwe *tool* wordt voor inspecteurs. Uiteindelijk worden vliegtuigen veiliger, omdat de checks sneller en grondiger plaatsvinden.” 

De blauwe lijn

Sinds kort loopt een blauwe lijn dwars over de Delftse campus. Waarom?

Als je maar lang genoeg naar het noorden reist, passeer je vroeg of laat de poolcirkel. Andere bekende denkbeeldige lijnen zijn de evenaar en de keerkringen. En laat er nu ook een lijn dwars over de campus lopen: de 52ste breedtegraad.

Toen professor Ramon Hanssen zich dat jaren geleden realiseerde, kwam hij op het idee om die denkbeeldige lijn zichtbaar te maken. Resultaten in zijn vakgebied geodesie, waarin Hanssen veel werkt met aardobservatie, zijn vaak toch al niet tastbaar. In november 2011 spotten Hanssen en consorten de lijn daarom stiekem met een spuitbus op de stoep. Het leuke van de breedtegraad, zegt Hanssen, is dat er een tijdseffect in zit. Het Euraziatische continent beweegt namelijk richting het noordoosten. “Je ziet de lijn dus ‘zakken’. De lijn lag in het verleden ergens anders en daarmee kun je de factor ‘tijd’ op de campus zichtbaar maken. Uit berekeningen blijkt dat het continent 16 millimeter per jaar naar het noorden schuift”, vertelt hij.

Hanssens plan voor een officiële lijn bleef een tijd liggen, maar nu, zeven jaar ofwel 11,2 centimeter later, is hij er toch: tussen het glazen kopgebouw van de faculteiten Civiele Techniek en Geowetenschappen en 3mE.

De blauwe lijn heeft in de kern een witte strook met daarin een zwarte streep van zestien millimeter breed. Die streep markeert de plek waar de 52ste

breedtegraad lag op 1 januari 2018. Voor wie het gaat meten: nu ligt hij dus al niet meer op die plek. “De breedte van de zwarte lijn is de verschuiving per jaar”, verduidelijkt Hanssen.

Zes grijze lijnen parallel aan de blauwe laten het tijdseffect zien. Ze markeren belangrijke Delftse gebeurtenissen.

- 1842. De eerste lijn ligt 2,79 meter noordelijker en markeert de oprichting van de TU Delft in 1842.
- 1676. De eerste keer dat de Delftse onderzoeker Antoni van Leeuwenhoek bacteriën beschrijft. Die lijn ligt 5,4 meter noordelijker dan de positie in 2018.
- 1621. De ontsnapping van Delftenaar Hugo de Groot in een boekenkist uit Slot Loevestein. Die lijn ligt 6,3 meter noordelijker dan in 2018.
- 1584. De moord op Willem van Oranje in Delft; 6,9 meter noordelijker dan in 2018.
- 1246. De vijfde lijn ligt op twaalf meter afstand van de blauwe; daar lag de 52e breedtegraad 1246, toen Delft stadsrechten kreeg.
- Het jaar 1. De laatste lijn, op 32 meter afstand, geeft het begin van onze jaartelling aan: het jaar 1. “Als je nu hier komt studeren en je dat nominaal zou doen – dus drie jaar bachelor en twee jaar master – is de lijn 5x16 millimeter = 8 centimeter verschoven”, zegt Hanssen.

Bekijk een video over de blauwe lijn via de QR-code.





HORA EST

Het gebrek aan wetenschappelijke juistheid van een film gaat niet ten koste van zijn kwaliteit.

Timothy Kol, informatica ingenieur

Batman is een beter rolmodel dan Superman.

Adreas Hänsel, natuurkundig ingenieur

Technologische vooruitgang wordt hoofdzakelijk gedreven door luiheid.

Hongli Xu, chemicus

Ook de evolutie van energiedragers volgt het Darwinisme.

Yaolin Xu, natuurkundig ingenieur

Transportingenieurs zouden zich moeten weerhouden van het gebruik van geslacht als verklarende variabele in keuzemodellen.

Jeroen van der Gun, transportingenieur

Zoals voor kunst, heeft natuurkunde een distinctie tussen de 'moderne' en 'hedendaagse' nodig.

Casper Versteylen, luchtvaartkundig ingenieur

Size does matter, voor fysische modeltests in de grondmechanica.

Richard de Jager, civiel ingenieur

De natuurlijke reactive van een zwemmer in nood toont aan dat de mens niet is gemaakt om te zwemmen.

Max Radermacher, hydraulisch ingenieur

COLUMN

Computerkampioen

Wie nog niet overtuigd is van de kracht van kunstmatige intelligentie: kijk naar de wanhoop in de ogen van Lee Sedol, grootmeester van het bordspel Go. In de documentaire AlphaGo is te zien hoe de jonge Zuid-Koreaanse kampioen de uitdaging aangaat om een toernooi te spelen tegen een zelflerende computer.

In de eindfase van een wedstrijd staat Sedol op van de speeltafel en loopt naar het dakterras. Hij ijsbeert heen en weer, lurkend aan een sigaret. Ondertussen ervaart de computer nul stress en doet gewoon zijn volgende zet, op het bord vol witte en zwarte stenen waarvan wordt gezegd dat het meer combinatiemogelijkheden heeft dan er atomen in het heelal zijn. Sedol neemt weer plaats op zijn stoel, kijkt vol verbazing naar de zet, begint te frunniken aan zijn onderlip. Normaal denkt de Zuid-Koreaan een minuutje over een zet, nu twaalf minuten. Later zal Sedol zeggen: 'Ik dacht dat AlphaGo gebaseerd was op kansberekening en dat het maar een machine was. Maar toen ik deze zet zag, bedacht ik me. AlphaGo is overduidelijk creatief.'

De Zuid-Koreaan verliest het toernooi, bij het bordspel waarbij volgens kenners menselijke grootmeesters nog lange tijd van computers hadden moeten winnen. Inmiddels wordt kunstmatige intelligentie op tal van terreinen toegepast, de politie experimenteert er zelfs mee om oude moordzaken alsnog op te lossen door onverwachte patronen in dossiers te ontdekken.

Het verschil van zelflerende systemen met conventio-

nele computers valt niet te onderschatten. Ik begon het pas te begrijpen bij een demonstratie van het oude videospel Breakout, waarbij je met een soort pingpongbatje en een balletje een muur moet slopen. Met kunstmatige intelligentie kan zo'n computer zelf 'ontdekken' dat het goed uitpakt om een gat in de muur te slaan, waarna het balletje de muur van achteren veel sneller sloop. Die truc leert een menselijke speler ook wel na een paar potjes, maar het gemene is: terwijl een mens moet slapen, speelt kunstmatige intelligentie een miljoen spelletjes om te ontdekken wat nog meer slimme strategieën zijn.

'Mijn baan is zo bijzonder, dat kan een computer écht nooit beter', klinkt het wel eens. Mijns inziens een zware overschatting van menselijk vernuft en een zware onderschatting van de opmars van zelflerende systemen. Ik zag laatst een demofilmje waarin computergigant IBM een zelflerende computer laat debatteren tegen een mens. De Volkskrant liet Nederlandse topdebatteurs meekijken en die waren erg onder de indruk van het retorisch vermogen van de computer.

Misschien dat IBM de demo manipuleerde. Misschien dat mensen zo'n debatwedstrijd in ieder geval op presentatie nog jarenlang kunnen winnen van kunstmatige intelligentie. Maar dit is sinds kort mijn toekomstdroom: nog even en die computers gaan ons zelfs onder de tafel lullen.

computers gaan ons zelfs onder de tafel lullen.

Ir. Tonie Mudde (1978) is chef wetenschap bij de Volkskrant en studeerde luchtvaart- en ruimtevaarttechniek aan de TU Delft.



Na Delft

Als jong meisje zat Tineke Bakker-Van der Veen met haar moeder en oma op een kleedje langs de landingsbaan vliegtuigen te spotten. Ze is nu directeur Benelux en Nordics bij Boeing.

Het waren niet alleen de zondagmiddagen bij Schiphol waardoor Tineke Bakker – Van der

Veen een passie ontwikkelde voor techniek. “Mijn ouders namen de tijd om ons in aanraking te laten komen met techniek. Mijn vader was loodgieter en leerde me een band verwisselen.” Ze twijfelde tussen werktuigbouwkunde en luchtvaart- en ruimtevaarttechniek, maar voor het laatste. “Het is uitdagender om vijfhonderd man veilig de lucht in te brengen.”

Na haar bachelor ging ze voltijds aan de slag bij Rolls-Royce in het Engelse Derby. Eens in de zes weken vloog ze terug om haar master af te ronden. In 2005 studeerde ze af op het optimaliseren van het slijpen van turbinebladen. Ze ging als trainee verder bij verschillende divisies en locaties van Rolls-Royce en leerde er haar Nederlandse man kennen. “Een werktuigbouwkundige uit Delft!” Ze verhuisden voor een promotie naar Glasgow maar gingen na afloop van zijn project terug naar Nederland om een gezin te stichten.


In 2007 werd ze productiemanager bij Heineken, waar ze veel leerde over marketing maar ook met de dag zieker werd. Ze bleek een glutenintolerantie te hebben en keerde terug naar de luchtvaart. Bij Fokker Services werd ze



Naam: Tineke Bakker – Van der Veen
Woonplaats: Leiderdorp
Burgerlijke staat: Getrouwd, twee kinderen
Opleiding: Luchtvaart- en ruimtevaarttechniek
Studievereniging: VSV Leonardo da Vinci

verantwoordelijk voor alle motoren. Management trekt haar. “Je komt steeds dichterbij waar keuzes worden gemaakt.” Ze haalde haar Business Degree op Nyenrode Business Universiteit en stapte in 2013 over naar de ruimtevaart. Bij Airbus Defence and Space in Leiden was ze projectmanager voor de bouw van de Tropomi, het weerinstrument dat het gat in de ozonlaag nauwkeurig kan meten. Fokker - nu GKN – vroeg haar in 2015 programmadirecteur te worden voor de Gulfstream. “De rompdelen, de staart, vloerdelen en deuren voor het landingsgestel voor deze vliegtuigen worden allemaal in Nederland gemaakt”, zegt ze trots. Het bleef niet onopgemerkt:

twee jaar later vroeg Boeing haar directeur Benelux en Nordics te worden. Ze is er verantwoordelijk voor ondersteuning van de Navo en de vloot op Schiphol, de plek waar ze ooit vliegtuigen spotte. “Ik ben de enige ingenieur en vrouw binnen het Europese team van Boeing International. Mijn technische achtergrond maakt een groot verschil als ik bijvoorbeeld een klantrapportage krijg: ik snap de data erachter.”

Eén van haar passies is Boeing Global Engagement: het stimuleren van de jeugd om te kiezen voor techniek. Boeing doet dat door te laten zien hoe leuk techniek is, precies zoals de liefde voor het vak ooit bij haar begon. 

‘Ontwerp is een middel om mensen te activeren’

Industrieel ontwerper Diego Alatorre is alumnivrijwilliger van de TU Delft. Hij ziet het belang van de sociale kant van het academische leven en organiseert evenementen om studenten en bedrijven te verbinden. “Ik ben hier over veel dingen anders gaan denken.”



Diego Alatorre: “Als studenten aan anderen moeten uitleggen wat zij leren, krijgen ze daar zelf ook meer inzicht in.”

Toen Diego Alatorre klaar was met zijn bacheloropleiding, vond hij dat de wereld geen behoefte had aan meer zoutvaatjes of stoelen. “Waar kon ik mijn kennis dan wel voor gebruiken?” Bij de master-

opleiding Design for Interaction vond hij de antwoorden die hij zocht. “Daar leerde ik dat je ontwerpen kunt gebruiken als middel voor verandering, en daardoor zag ik veel meer mogelijkheden.”

Alatorre raakte geïnteresseerd in de

interactie tussen mens en technologie. Het werd een centraal element in zijn afstudeerproject bij een bedrijf dat psychologische hulp verleent. “Ik kreeg de opdracht om een reeks hulpmiddelen te creëren voor mensen met een burn-out, zodat die niet bij een

psycholoog op de wachtlijst hoefden.” Het oorspronkelijke idee was om een app te maken, dé standaardoplossing van vandaag. “Daarnaast wilde ik een fysiek hulpmiddel maken ter ondersteuning van de app.” Met een aantal kant-en-klare sensoren ontwikkelde Alatorre een draagbaar sensorjasje dat hartslag, ademhaling en fysieke activiteit van de drager kon meten. “Op basis daarvan konden we het stressniveau afleiden. Vervolgens stimuleerde de app de gebruikers om na te denken, bijvoorbeeld over waarom ze in de ochtend altijd gestrest waren, en kregen ze tips over beweging en ademhaling.” Uiteindelijk werd het product nooit gerealiseerd: “De miniaturisatiekosten bleken te hoog. Toch was ik er tevreden over, omdat het me de gelegenheid had geboden om veel van wat ik had geleerd in het project te gebruiken.”

Alatorre is nu fulltime docent en onderzoeker bij de Universidad Nacional Autónoma de México (Unam), de grootste openbare universiteit van het land, in Mexico City. “Ik kreeg de gelegenheid om met collega’s mijn eigen opleiding op te zetten. Daarin heb ik veel ideeën verwerkt die ik in Delft had opgedaan – ideeën over ontwerpen voor emoties, context-mapping en creatieve facilitering”, aldus Alatorre. “Nu besteed ik ongeveer zestig procent van mijn tijd aan lesgeven, maar ik ben ook geïnteresseerd in onderwijs als onderzoeksobject, met name hoe we onderwijs kunnen bevorderen”, legt hij uit. Zo kan het heel zinvol zijn.”

WORLD BIKE FORUM

Alatorre linkt projecten graag aan speciale evenementen, zoals het vorig jaar in Mexico City gehouden World Bike Forum. “Veel kinderen kunnen niet fietsen, terwijl veel mensen thuis een kapotte fiets hebben liggen”, vertelt Alatorre. “Uiteindelijk bedachten we een service waarbij we die fietsen verzamelen bij mensen die ze willen doneren, aan schoolkinderen leren hoe ze die moeten repareren en de fiet-

sen vervolgens weggeven aan scholen. Ontwerpen is geen kwestie van veel geld, het is een mentaal hulpmiddel waarmee je alles kunt halen uit wat je hebt”, licht Alatorre toe.

MAKERSRUIMTE

De Unam heeft honderdduizenden studenten. “We kunnen niet meer studenten aannemen, dus proberen we de grenzen van de universiteit op een andere manier te verleggen, bijvoorbeeld door kennis via verschillende media te delen.” Op die manier komt ontwerponderwijs binnen het bereik van mensen die er nu geen toegang toe hebben. Zo is Alatorre bezig met het opzetten van een laagdrempelige werkplaats, een ‘makersruimte’ waar mensen samen kunnen creëren en leren. “De meeste kinderen gaan naar een staatsschool, waar creativiteit niet wordt gefaciliteerd. Maar om te ontwerpen heb je geen dure machines nodig”, legt hij uit. “Het gaat erom dat je kritisch leert denken, een maatschap-

‘Om te ontwerpen heb je geen dure machines nodig’

pelijk perspectief hebt en in staat bent om eenvoudige oplossingen te bedenken voor de problemen in de wereld. Je moet je ideeën tastbaar maken en leren van hoe mensen er gebruik van maken.”

De tijd is rijp voor zijn plannen, weet Alatorre. “Mexico City is de wereldontwerphoofdstad voor 2018, en allerlei groepen mensen komen hier bijeen om te laten zien wat zij in de ontwerpcommunity doen.” Voor één activiteit hebben zes lokale universiteiten hun krachten gebundeld. “Mexico City is een enorm grote, heterogene stad. Docenten en studenten van zes verschillende universiteiten *managen* is alleen al vanuit academisch oogpunt

interessant”, aldus Alatorre. Met een beetje hulp van het Laboratorio para la Ciudad, een lokale creatieve denktank, zou het gezamenlijke ontwerpproject kunnen uitmonden in een permanente ontwerpopleiding. Voor een ander project zijn ontwerpers bijeengekomen die zich ‘ontwerpactivisten’ noemen en vraagtekens zetten bij de status-quo. “Ontwerp wordt meestal beschouwd als een middel om producten te verkopen, maar wij zien het als een middel om mensen te activeren. We willen een netwerk vormen van mensen die willen ontwerpen voor sociale verandering.”

ALUMNIVRIJWILLIGER

In het kleine beetje vrije tijd dat hij heeft, treedt Alatorre op als ambassadeur voor de TU Delft. “Ik ben goed in mensen verbinden. Ik organiseer evenementen, zoals hackathons, en toen er een groep studenten Construction Management and Engineering naar Mexico kwam, heb ik een gesprek georganiseerd om hen in contact te brengen met studenten en bedrijven.” Hij probeert een uitwisselingsovereenkomst tussen de Unam en de TU Delft op te zetten, en hij geeft presentaties op beurzen over het verkrijgen van studiebeurzen. Hij houdt zich graag bezig met de sociale kant van het academische leven. “Toen ik in Delft studeerde, was ik lid van de Mexicaanse studentenvereniging. En nu organiseer ik reünies voor afgestudeerden van de TU Delft die in Mexico wonen. Het sociale aspect van academische projecten is heel belangrijk. Je leert mensen niet kennen door een kantoor met hen te delen, maar door samen te eten en plezier te hebben.” <<

Ben je geïnspireerd door dit verhaal? En wil je graag ook jouw mogelijkheden tot blijvende betrokkenheid bij de TU Delft verkennen? Dan komen we graag met jou in contact. Stuur een email naar alumnirelations@tudelft.nl.

ALUMNI NIEUWS

Alumni Activiteiten

25 oktober

TU Delft Alumni Backstage Tour

25 oktober

Dutch Engineers Alumni meeting (Washington)

26 oktober

Dutch Engineers Alumni meeting (Boston)

28 oktober

Wetenschapsdag 2018

29 oktober

Dutch Engineers Alumni meeting (New York)

19-23 november

Dutch Engineers Alumni meeting
Keulen (19 november); Frankfurt (20 november)
Stuttgart (21 november); München (22 november);
Hamburg (23 november)

23 november

Gran Finale BK Booths op Venice Biennale

11 december

Karel Luyben Lezing (Berlijn)

Contact:

Vragen, opmerkingen of ideeën?

E-mail: alumnirelations@tudelft.nl

Website: alumni.tudelft.nl

Community: 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. Je kunt er ook je (adres)gegevens of communicatievoorkeuren wijzigen.

DEAN Events Oostkust VS – 26-30 Oktober

Het Dutch Engineers Alumni Network (DEAN) van de TU Delft, TU/e, UTwente en Wageningen heeft communities in de VS, Australië, Canada, de Scandinavische landen, Spanje en Zwitserland.

Wist je dat Noord-Amerika een van de grootste concentraties TU-alumni buiten Nederland vertegenwoordigt met meer dan 6000 afgestudeerden? Na een bezoek aan de West Coast zullen we de Amerikaanse tour afmaken met een bezoek aan de oostkust eind

oktober. Leer meer over ons unieke netwerk door deel te nemen aan een van de evenementen die plaatsvinden in Boston, New York en Washington. Meer informatie is te vinden in de alumni-agenda: alumni.tudelft.nl/agenda.

DEAN tour Duitsland – 19-23 november

Voor het eerst worden er ook in Duitsland events georganiseerd. Het Dutch Engineers Alumni Network (DEAN) zal in november en december 5 Duitse steden aan doen met als doel ook hier een levendige alumni community te starten.

Karel Luyben Lezing Berlijn – 11 december

Als klapstuk op de DEAN tour Duitsland wordt op 11 december in Berlijn de eerste Karel Luyben Lezing gehouden. Deze lezing is opgedragen aan rector magnificus emeritus Karel Luyben en zal jaarlijks een keer in het buitenland en een keer in Delft worden gehouden. Prof.dr. Roel van de Krol, van het Instituut voor Solar Fuels van



**Karel Luyben
Lecture**

het Helmholtz Zentrum (TU Berlin) en TU Delft alumnus, houdt de lezing op de Nederlandse ambassade in Berlijn.

Event-in-a-box

Twee keer per jaar kunnen alumni van over de hele wereld eenvoudig een informele alumni bijeenkomst organiseren, met de hulp van Alumni Relations. Via het concept Event-in-a-Box krijgen zij een thema box opgestuurd om de bijeenkomst verder aan te kleden. Vooral de stroopwafels, borrelnootje en kaaskoekjes worden altijd gewaardeerd.

Afgelopen zomer was er weer een ronde Event-in-a-Box, met fotowedstrijd. Zo'n 10 alumni communities van Melbourne tot Quito streden om de Event-in-a-Box Deluxe tijdens de Sint-editie. Wil je ook een alumni bijeenkomst organiseren? Neem dan contact op met alumnirelations@tudelft.nl



De winnende inzending komt uit Mexico City. Gefeliciteerd!

GEZOCHT: 10 GOEDE VRIENDEN

De TU Delft heeft nu 90 'Goede Vrienden'. Betrokken alumni die met hun netwerk, kennis en vermogen onderzoekers en studenten aan de TU Delft steunen. Goede Vrienden dragen duurzaam bij aan baanbrekend onderzoek, vernieuwing van het onderwijs en ontwikkeling van talent.

Ook u kunt Goede Vriend worden. Hoe groter de groep, hoe meer we voor de TU Delft kunnen betekenen. En omdat vrienden er voor elkaar zijn, krijgt u er natuurlijk ook veel voor terug. U wordt lid van een interessant netwerk van alumni, bent welkom bij topevenementen van de TU Delft en ontmoet talentvolle onderzoekers en studenten. U ontvangt bovendien een uitnodiging voor het exclusieve *Taste of Excellence diner*, dat dit jaar plaatsvindt op 6 november in het nieuwe state-of-the-art onderwijsgebouw Pulse.

Goede Vriend worden is heel gemakkelijk. Stuur een e-mail naar relatiemanager Machteld von Oven, geef aan dat u interesse heeft en u ontvangt direct alle informatie. Bellen mag natuurlijk ook. U vindt de gegevens hieronder. En wanneer u dat voor **1 november** doet, kunt u op 6 november nog aanwezig zijn bij het *Taste of Excellence diner 2018*.

✉ m.w.vonoven@tudelft.nl ☎ +31 6 81060919 🌐 www.universiteitsfondsdelft.nl/goedevriend

BETROKKEN BIJ DE TU DELFT

DIDI TE GUSSINKLO OHmann

Sinds begin 2018 ben ik Goede Vriend van het Universiteitsfonds Delft. Als alumna van de TU Delft (MSc Civil engineering) ben ik altijd betrokken gebleven bij de universiteit. Op dit moment ben ik werkzaam als Director Operations Offshore Wind bij Van Oord.

Mijn studie is heel bepalend geweest in mijn leven. Ik ben bevoorrecht dat ik altijd heel goed wist wat ik wilde gaan studeren. Tot aan de dag van vandaag houd ik me met veel plezier bezig met de waterbouw. Ik wil graag mijn enthousiasme voor mijn vak overbrengen aan huidige studenten en met mijn donatie iets teruggeven aan de universiteit waar ik zo veel aan te danken heb. Daarnaast kijk ik er naar uit om nog meer Goede Vrienden te ontmoeten op het jaarlijkse *Taste of Excellence diner*. Zie ik u daar?



“Ik wil graag mijn **enthousiasme** voor mijn vak overbrengen aan **huidige studenten.**”

Het lab van...

Kouwenhoven

Masterstudent *applied physics* Marta Pita-Vidal uit Spanje doet haar afstudeeronderzoek in het Kouwenhoven-lab bij QuTech, waar aan de quantumcomputer wordt gebouwd. Ze gebruikt nanofabricagetechnieken om topologische qubits te maken. Topologische qubits zijn een specifiek soort qubits, de elementaire eenheid waarmee men een quantumcomputer zou kunnen maken. Op de foto plaatst ze een van de onderdelen in een heliumtank om de eigenschappen ervan bij zeer lage temperaturen te bestuderen.

