

perio*diek

op regelmatige tijden terugkerend jaargang 2008 nummer 2



2 | Van de redactie

DOOR MARTEN VELDTHUIS

Als layouter is het leuk om zo nu en dan terug te kijken naar oudere perio's, en dan met name degene waarbij je zelf betrokken was. Wanneer je dit doet, zul je duidelijk zien dat de slimme ontwerpers bij de Periodiek het principe van evolutie ook kennen. Hoe kan het ook anders, elke nieuwe perio is immers opnieuw "de mooiste ooit™".

Ook in deze perio zijn er weer een aantal dingen bijgeschaafd. Sommige dingen zullen jullie nooit zien, zoals dat de witruimte tussen paragrafen eindelijk automatisch gaat. Op andere punten gaat het om wat minder kleine verbeteringen, sterker nog: ze zijn paginavullend. Ik heb het dan over de paginagrote foto op de achtergrond van de eerste pagina van een artikel. Vorige perio al bij *Uitgelicht* te zien, deze keer toegepast bij zowel *Ruimtevaart door de Jaren Heen* als bij *Ten Hemel Gedragen*.

Zulke layoutconstructies kosten weliswaar wat ruimte, maar de ijverige commissaris-extern zorgt de laatste tijd voor een steeds grotere stroom adverteerders. Hierdoor konden we deze perio wat dikker maken: in plaats van de gebruikelijke 40 is hij deze keer liefst 48 pagina's dik. We hebben dan ook 20 artikelen voor jullie!

Ook het breinwerk kent een leuke aanpassing. Aangezien het er bij dit soort breinwerken normaal om gaat wie de meeste correcte antwoorden

heeft, maar we het ook erg leuk vinden om inzendingen te krijgen van mensen die maar enkele antwoorden weten, opperde Willem het idee om inzenders een gewogen kans te geven. Weet je meer antwoorden te vinden, dan maak je exponentieel meer kans. Toch heb je met drie goede antwoorden al veel meer kans om te winnen dan bij de loterij en daarom verwachten we ook een inzending van *jou*.

Gelukkig heb je tijdens het in elkaar zetten van de Periodiek ook nog vaste waarden waar je altijd op kunt rekenen. Willems koekjes zijn daar een van, eeuwigdurende storingen van de printer een andere. De comicie tot wanhoop drijven hoort er ook bij, en natuurlijk de BONK uit willen, omdat buiten het zonnetje schijnt, de lucht blauw is en Ellens zusje de sterren van de hemel speelt tijdens een hockeywedstrijd van Dames 1 GCHC tegen De Graspiepers.

Eén laatste ding moet nog aangestipt worden. Het kantineonderzoek dat jullie op pagina 19 kunnen vinden, mist nog een staartje. Wie wil weten hoe een staart van een kantineonderzoek er precies uit ziet, doet er goed aan om alvast bij de brievenbus te gaan zitten. Want in de volgende perio kom je erachter. Maar neem dan wel deze perio en een paar liter koffie mee, want de volgende komt pas eind juni uit.

Veel leesplezier de komende 46 pagina's. •

COLOFON

Hoofredacteur
Corine Meinema

Redactie
Willem Hendriks, Mark IJbema, Ester van der Pol, Ellen Schallig, Pjotr Svetachov, Marten Veldthuis

Scribenten
Thomas ten Cate, Writser Cleveringa, Kasper Duivenvoorden, Michiel Heijkoop, Samuel Hoekman, Twan van Laarhoven, Gideon Laugs, René Pannekoek, Jaap Top, Wicher Visser

Medewerkers
Monique van Beek, Anneroo Everts, Ivar Postma, Femke van Seijen

Met dank aan
Gergö Popping, Arend Schwab, Jaap Top

Adverteerders
ASML (pag. 7), Booz Allen Hamilton (pag. 17), Deloitte (pag. 23), Shell (pag. 31), Corus (pag. 32), Quinity (pag. 41), TNO (pag. 48)

Ook adverteren? Neem contact op met bestuur@fmf.nl.

Oplage 1400 stuks

Druk Scholma, www.scholma.nl

ISSN 1875-4546

De Periodiek is een uitgave van de Fysisch-Mathematische Faculteitsvereniging en verschijnt vijf keer per jaar. De redactie is te bereiken via perio@fmf.nl. De deadline voor de volgende Periodiek is 31 mei 2008.

8 Spionnenglaasjes

Ik zie, ik zie wat jij niet ziet



19 Kantines: van Atrium tot Zernikegebouw

De queeste naar de heilige grill



24 Ruimtevaart door de Jaren Heen

"We went to explore the moon, and in fact discovered the Earth." – Eugene Cernan



28 Computerbewijzen

Een telefoonboek als bewijs



33 Battle of the Nerds

De fysica van programmeren met limo-na-de



35 Guinness

Bubbles! My bubbles!



37 Ten Hemel Gedragen

Confronterende beelden van een sky burial



42 The Computer Strikes Back

Subsurface scattering, performance capture en Tom Hanks



In het Nieuws	4	Naast je Studie	29
Van de Vakgroep	6	Marks Boekentip	30
Van de Penningmeester	10	De Luie Student	36
Studeren in het Buitenland	11	Hoe?Zo!	40
Gödels Onvolledigheidsstellingen	15	Advertorial TMC Physics	44
De Stabiliteit van de Fiets	18	Breinwerk	46

Slimme bril verlicht vergeetachtigheid

Wetenschappers uit Japan hebben een slimme bril ontwikkeld die mensen in staat stelt om verloren spullen op te sporen. De bril is uitgerust met een cameraatje en voorzien van een herkenningsalgoritme. Als de gebruiker door het huis loopt, leert de bril de voorwerpen herkennen. Is de gebruiker iets kwijt, dan kan hij de bril vragen een filmpje af te spelen van de laatste keer dat de bril het voorwerp zag liggen. Helaas is de bril zelf het object dat mensen het vaakst kwijt zijn.
www.tweakers.net

Koffie tegen dementie

Koffie is écht gezond! Onderzoek bij konijnen wees uit dat de cafeïne in bijvoorbeeld koffie de zogenaamde bloed-breinbarrière helpt te beschermen, waardoor schadelijke stoffen uit de rest van het lichaam niet bij de hersenen kunnen komen. Beschadigingen aan deze barrière worden in verband gebracht met Alzheimer. Al eerder is aangetoond dat deze beschadigingen of 'lekken' veroorzaakt kunnen worden door bijvoorbeeld een te hoog cholesterolgehalte. Laat dus de sigaretten maar liggen en ga koffie drinken, da's goed voor je!
news.bbc.co.uk

SHHH... I'M STIMULATING
MY BRAIN CELLS.



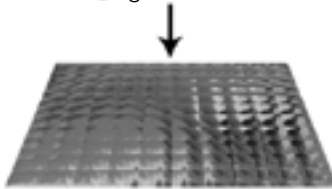
3D-camerachip

Met een nieuwe camerachip, ontwikkeld aan de Stanford University, is het nu mogelijk om 3D-foto's van objecten te maken. De chip maakt niet één foto, maar allemaal kleine beeldjes van 16 bij 16 pixels die elkaar een beetje overlappen. Voor elk beeldje wordt een andere lens gebruikt, waardoor elke foto een klein beetje anders wordt en het mogelijk is diepte-informatie uit de foto te halen. De techniek kan ook gebruikt worden om ruis die bij hoge iso-waardes ontstaat, tegen te gaan, omdat elk punt op meerdere foto's staat en hierdoor de ware kleur makkelijker te achterhalen is. Helaas is deze techniek niet zonder nadelen. Zo is de resolutie nog niet zo goed als die van normale camerachips. Verder is het analyseren van de foto's complex en vreet het processortijd; je kunt dus minder foto's schieten voordat je accu leeg is.

www.news.com



Afbeelding in het brandvlak



Afbeelding in de chip

Raadsel der ruimtesondes

Ruimtesondes maken vaak gebruik van de zwaartekracht van planeten en sterren om energie te besparen. Door een scheervlucht langs het he-

mellichaam te maken, kan de sonde extra snelheid krijgen. Dit moet heel precies: een kleine fout kan uiteindelijk een enorme afwijking veroorzaken. Maar de secuur berekende banen blijken niet altijd overeen te komen met de uiteindelijke baan; soms is de werkelijke snelheid een klein beetje hoger. Men vermoedt dat dit wordt veroorzaakt door de draaiing van het hemellichaam. Inmiddels is er een formule om de snelheid correct te berekenen, maar deze volgt niet uit de wetten voor de zwaartekracht en de bewegingsleer. Het raadsel is nog niet opgelost...

www.kennislink.nl

Botox reist af naar de hersenen

Onderzoekers uit Pisa hebben ontdekt dat botulinum neurotoxin type A, beter bekend als botox, het centrale zenuwstelsel kan aantasten. Op dit moment wordt botox vooral gebruikt voor schoonheidsbehandelingen, maar ook om migraines en chronische spiersamentrekkingen te behandelen. Dit omdat botox spieren kan verlammen door de com-



municatie tussen zenuwcellen te verstoren. Botox is een van de giftigste substanties op aarde. Neuroloog Matteo Caleo en zijn collega's wilden uitzoeken of botox ook als behandeling voor epilepsie kan worden gebruikt. Tijdens hun onderzoek met muizen kwamen zij erachter dat de botox af kon dwalen van de plaats van injectie, en onder meer in de hersenen terecht kwam. Toch baren deze uitkomsten Christopher von Bartheld, neuroloog aan de Universiteit van Nevada, geen zorgen. Volgens hem gaan botoxbehandelingen al 25 jaar goed, afgezien van wat kleine incidentjes. Het gaat pas fout met overdoses. Hij ziet deze ontdekking zelfs als een lichtpuntje. Misschien kunnen hersengelieerde ziektes als epilepsie nu ook worden behandeld met botox.

sciencenow.sciencemag.org

Schattig zwart gaatje

Er worden aan de lopende band nieuwe objecten gevonden in het heelal, maar een zwart gat zo klein als dit was nog nooit ondekt. Met slechts een diameter van 24 kilometer en 4 maal het gewicht van onze zon zuigt het alle materie om zich heen op. Astronomen zijn al tijdens geïnteresseerd in het kleinst mogelijke zwarte gat; deze vondst duwt de grens flink omlaag.

www.space.com

Change we can believe in

De Amerikaanse nationale bank heeft recent een nieuw biljet van vijf dollar in omloop gebracht. Speciaal voor de slechtziende is er een goed leesbare vijf in een hoek gezet. En

wel een gigantische paarse vijf in Helvetica (een van de meest gebruikte lettertypen ter wereld). Het lijkt erop alsof het neefje van de drukker er even snel een paarse '5' op heeft gefotoshopt. De grote vijf houdt totaál geen verband met de rest van het ontwerp. Ter vergelijking, de Britse Koninklijke Munt heeft een mooi professioneel ontwerp gekregen door een wedstrijd uit te schrijven. www.typography.com



Bèta's: perfecte terroristen

Bèta's hebben oog voor detail, kunnen makkelijk abstraheren van de werkelijkheid en denken in termen van systemen en netwerken. Ze zijn goed in het maken van strategische plannen en kunnen makkelijker zwijgen over de illegale zaken die ze doen. Dit maakt ze ideaal om door terroristen binnengehaald te worden, volgens internationale veiligheids-expert Raphael Perl, werkzaam aan *Action against Terrorism Unit of Organization for Security and Cooperation in Europe*. Dus, mocht je studie je niet zo goed bevalen, kun je altijd nog solliciteren bij Al-Qaeda!

www.slashdot.org

Efficiëntere zonnecel

Amerikaanse onderzoekers hebben een zonnecel gemaakt die in plaats van

één kleur licht verschillende kleuren kan absorberen. Hiermee kan een twee keer zo hoog rendement worden gehaald als met de bestaande zonnecellen. De samenstelling van het materiaal van een zonnecel bepaalt het golflengtegebied dat geabsorbeerd wordt. Te korte golflengtes vallen door het materiaal heen, te hoge worden slecht geabsorbeerd. Nu is echter een veel dunner materiaal gebruikt waarin verschillende kristalgroottes voorkomen. De verschillende groottes absorberen elk een ander golflengtegebied. De constructie uit microscopische kristallen valt echter nog niet op te schalen naar massaproductie, en vreemd genoeg lijkt zonlicht de zonnecellen te beschadigen.

<http://www.kennislink.nl/>

Hackers bemachtigen vingerafdruk minister

De Duitse hackersgroep 'Chaos Computer Club' strijdt al tijden tegen het gebruik van biometrische data. Om hun overtuiging kracht bij te zetten, hebben ze in hun magazine uitgelegd waarom biometrische data onveilig is, door te laten zien hoe je vingerafdrukken kunt namaken.

Ter illustratie hebben ze de vingerafdruk van de Duitse minister Wolfgang Schäuble bijgevoegd in het magazine; deze wisten ze te bemachtigen van een glas waaruit hij had gedronken.

www.heise.de



Op 15 april 1707 werd in Bazel de beroemde wiskundige Leonhard Euler geboren. Het kwam als een aangename verrassing dat we precies 300 jaar later in het kader van het promotieonderzoek van Irene Polo-Blanco op een oud door Euler opgelost probleem stuiten.

Het probleem gaat over het oplossen van $x^3 + y^3 + z^3 = w^3$ met x, y, z, w gehele getallen. Plato had de oplossing $3^3 + 4^3 + 563 = 6^3$ al gevonden, en voor Euler waren uit het werk van Viète (1591) al oneindig veel echt verschillende oplossingen bekend. Maar pas ver na Euler werd het probleem heel beroemd door een bezoekje van G.F. Hardy aan Ramanujan. Toen hij, om wat te keuvelen, opmerkte dat het taxinummer van de taxi waarmee hij was aangekomen, heel saai was, verbeterde Ramanujan hem. Het taxinummer 1729 was juist het eerste getal dat op twee verschillende manieren te schrijven was als een som van twee derde machten (1729 is $12^3 + 1^3 = 9^3 + 10^3$). Sindsdien spreekt men van het *taxicab problem*, wat op een teken na gelijk is aan de eerder genoemde vergelijking.

Euler parametrizeerde alle oplossingen van de gegeven vergelijking als volgt:

$$\begin{aligned} x &= c^4 - c(a - 3b)(a^2 + 3b^2) \\ y &= c(a + 3b)(a^2 + 3b^2) - c^4 \\ z &= (a^2 + 3b^2)^2 - c^3(a - 3b) \\ w &= (a - 3b)c^3 - (a^2 + 3b^2)^2 \end{aligned}$$

Wat je daar na enig turen ziet, is dat x, y, z en w gegeven worden als homogene polynomen $p_i(a, b, c)$ in zekere a, b, c , en dat die p_i graad 4 hebben (er geldt dus $p(ta, tb, tc) = t^4 p(a, b, c)$).

In het onderzoek van Irene keken we meer algemeen (zeg, in complexe getallen) naar oplossingen van derdegraads polynomen. De vergelijking van Euler paste mooi in deze theorie. We hebben een modern en bovendien constructief bewijs gevonden voor de stelling dat er in alle gevallen een parametrisering met derdegraads polynomen bestaat. In het bijzonder is Eulers parametrisering niet optimaal: de graad had lager gekund.

Tot onze verbazing lukte het ons niet om in de literatuur deze 'verbetering' te vinden. Na wat rondvragen, besloten we uiteindelijk om zelf een verbeterde versie uit te rekenen. Noam Elkies, hoogleraar aan Harvard Uni-

versity, zou hetzelfde doen, en nu hebben zowel hij als wij een parametrisering met behulp van homogene derdegraads polynomen in a, b , en c gevonden:

$$\begin{aligned} x &= -a^3 - 2a^2c + 3a^2b + 12abc - 3ab^2 - 4ac^2 \\ &\quad + 6b^2c + 12bc^2 + 9b^3 \\ y &= a^3 + 2a^2c + 3a^2b + 12abc + 3ab^2 + 4ac^2 \\ &\quad - 6b^2c + 12bc^2 + 9b^3 \\ z &= -8c^3 - 8ac^2 - 9b^3 - a^3 - 3a^2b \\ &\quad - 3ab^2 - 4a^2c - 12b^2c \\ w &= 8c^3 + 8ac^2 - 9b^3 + a^3 - 3a^2b \\ &\quad + 3ab^2 + 4a^2c + 12b^2c \end{aligned}$$

Het is ongelooflijk bevredigend om iets nieuws over een klassiek probleem te kunnen zeggen, zeker als grootheden als Euler en later Ramanujan er ook iets over gezegd hebben. Verrassend is dat dit soort parametriseringen ook een moderne toepassing hebben. Dit maakt het vinden ervan niet boeiender, maar het is natuurlijk aardig dat ze ergens voor gebruikt gaan worden. De toepassing heeft te maken met het vakgebied CAGD (Computer Aided Geometric Design). Daar wordt een figuur weergegeven als een aantal aan elkaar geplakte stukjes oplossingsverzamelingen van polynomen. Als die oplossingsverzameling kan worden geparаметriseerd, is het eenvoudiger de figuur op een beeldscherm te tonen. Uiteraard is het daarbij belangrijk dat die parametrisering zo eenvoudig mogelijk is, dus in het bijzonder een zo laag mogelijk graad heeft.

Het plaatje dat sinds kort op de homepage van de Groningse wiskunde staat, geeft een ander voorbeeld van een met derdegraads polynomen geparаметriseerd figuur. Daarbij hoort de vergelijking $x^3 + y^3 + z^3 + w^3 - (x + y + z + w)^3 = 0$. Euler heeft hier voor zover bekend nooit naar gekeken, maar 19^e-eeuwse wiskundigen als Felix Klein en Alfred Clebsch wel. •



Een complexe operatie

Verschillende technici

Teamwork

Hevige concurrentie

Onderzoek

Ontwikkeling

Cleanroom

Technologische doorbraak noodzakelijk

Lange dagen

Ontwerpen en testen

Opnieuw beginnen

De tijd dringt

Kan niet bestaan niet

Een nieuw ontwerp

Een grens verlegd

Samen verder.

Een bijzondere markt, waarin de technologische ontwikkelingen elkaar in een razend tempo opvolgen, vraagt om bijzondere medewerkers. Om een bijzondere mentaliteit. Om commitment aan elkaar. Het commerciële inzicht, de passie voor techniek, de resultaatgerichtheid en de teamgeest van alle medewerkers hebben ASML gebracht waar het nu staat: aan de

wereldtop. Het commitment van ASML aan haar medewerkers uit zich onder andere door een omgeving te creëren waarin zij hun ideeën kunnen vormgeven en zich professioneel kunnen ontwikkelen. Samen verder, zodat het nooit eenzaam wordt aan de top.

ASML is één van de meest vooraanstaande leveranciers van ic-productiesystemen ter

wereld. Wereldwijd, op meer dan vijftig regionale verkoop- en servicelocaties, weet ASML zich verzekerd van het commitment van zo'n 5000 betrokken medewerkers. Commitment aan je klanten kun je immers pas geven, als je zeker weet dat je het ook krijgt van je medewerkers. Wil je meer weten over ASML, kijk dan op www.careers.asml.com



ASML
Commitment

8 Spionnenglaasjes

DOOR ELLEN SCHALLIG

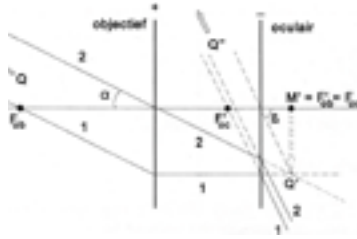
Op de kop af vierhonderd jaar geleden werd voor het eerst een apparaat gemaakt om verre dingen dichtbij te halen. Toen nog een *seeker instrument om verre te sien*, nu beter bekend als een kijker om ver te zien. In het oud-Grieks dan.

In 1608 beweerden drie mannen op hetzelfde moment een apparaat te hebben uitgevonden waarmee je dingen kon vergroten. Sacharias Jansen, Hans Lippershey en Jacob Metius maakten allen aanspraak op de uitvinding. Aangezien Lippershey als eerste octrooi had aangevraagd, is hij de boeken ingegaan als de officiële uitvinder van wat we nu de Hollandse kijker noemen.

Twee van de drie mannen woonden in Middelburg. Niet zo verwonderlijk, als je beseft dat Middelburg in die tijd wereldberoemd was vanwege haar glasindustrie. Het beste glas werd daar gemaakt, de beste slijpers zaten ook in Middelburg. Na de uitvinding kwamen geleerden uit half Europa naar het stadje om hun eigen kijker te kopen of de kunst af te kijken.

Den Hollandschen kijker

De Hollandse kijker is heel simpel. Hij bestaat uit een holle en een bolle lens. De holle (negatieve) lens doet dienst als oculair (aan het oog), de bolle (positieve) lens als objectief (naar het object gericht). Door de combinatie van een bolle en een holle lens blijft het beeld rechtop staan. De kijker werd erg populair in veel verschillende 'ondernemingen'.



In het plaatje zie je aan de rechterkant van het lenzenstelsel het beeld $Q'M'$ van de positieve lens. Dit fungeert als virtueel voorwerp voor de negatieve lens. Je oog kan ontspannen naar een voorwerp kijken als het beeld vanuit het oneindige lijkt te komen, dus zowel voorwerp als beeld komt in het oneindige terecht. Hiertoe moeten de brandpunten van voorwerp (f_{ob}) en beeld (f_{oc}) samenvallen. Voor de vergroting van de kijker geldt:

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \approx \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} = \frac{Q'M'/f_{oc}}{Q'M'/f_{ob}} = \frac{f_{ob}}{f_{oc}}$$

waarbij f_{ob} en f_{oc} de brandpuntsafstanden zijn.

Om er voor te zorgen dat fouten in de afbeelding niet te groot worden bij sterke vergroting, hebben de lenzen niet zo'n sterke kromming. Hierdoor is de brandpuntsafstand groot. Omdat de kijker op deze manier erg lang kan worden, zijn Hollandse kijkers inschuifbaar gemaakt.

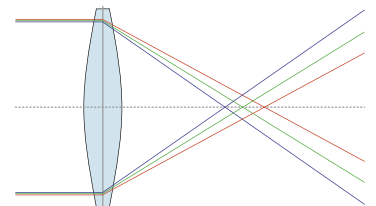
De Hollandse kijker is een voorbeeld van een lenzenkijker, ofwel refractor. Maar astronomen hebben meer soorten kijkers voorhanden. Zo bestaan er ook reflectoren (spiegeltelescopen) en combinaties van refractoren en

reflectoren, zogenaamde catadioptrische systemen. Spiegels en lenzen gaan op verschillende manieren met licht om, en vooral bij lenzen kun je grote afwijkingen krijgen.

Een andere soort lenzenkijker is de astronomische kijker. Deze lijkt sterk op de Hollandse kijker, maar heeft als oculair een positieve lens. Dat zorgt ervoor dat het beeld ondersteboven geprojecteerd wordt. Voor astronomische doeleinden is dit niet vervelend, aangezien het niet uitmaakt of je de objecten op de kop ziet of niet. Is het echter wel de bedoeling om het beeld rechtop te zien, dan kan een systeem gebruikt worden dat het beeld weer rechtop zet. Dit is het geval in terrestrische kijkers en de bekende verrekijker.

Lensfouten

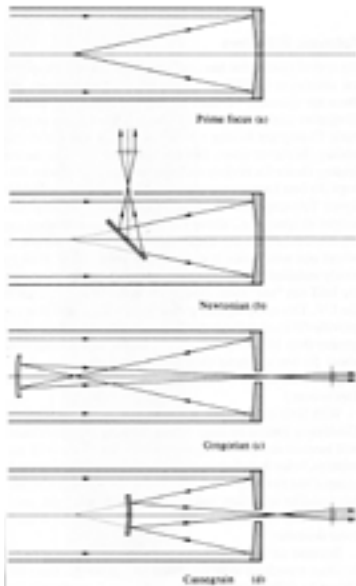
Bij opstellingen met lenzen heb je al gauw last van aberratie (lensfouten). Niet alleen het verkeerd slijpen kan aberratie geven, ook het glas zelf geeft problemen: verschillende kleuren licht buigen niet even sterk af. Dit verschijnsel wordt chromatische aberratie genoemd. Kortere golflengten buigen sterker af dan langere golflengten, met als gevolg dat je eigenlijk maar op één kleur tegelijk kunt scherpe stellen. Zoals je



in de afbeelding kunt zien, is nu op groen scherpgesteld. Blauw en rood zijn verre van scherp, het blauwe licht heeft een brandpunt dichtbij de lens, dat van rood ligt verder weg. Ogen stellen scherp op geel en groen, ver van de korte golflengten blauw en paars af. Deze kleuren hebben dus de grootste fout. Vandaar dat je op een zonnige dag een paars randje om schaduwen kunt waarnemen.

Fototoestellen kampen ook met dit probleem. Naast de toevoeging van lenzen om de extra breking ongedaan te maken, wordt bij digitale camera's dit probleem verholpen door de beruchte paarse randjes softwarematig weg te poetsen.

Bij het rekenen aan lenzenstelsels wordt vaak gezegd dat je mag uitgaan van bolvormige lenzen. Dit is echter maar een benadering van het oppervlak van de lens dat in de werkelijkheid gebruikt wordt. Bij bolvormige lenzen heb je namelijk sferische aberratie: de lichtstralen die verder van de optische as liggen, worden



sterker afgebogen dan de lichtstralen dichtbij de optische as. Dit resulteert in een brandvlek in plaats van een brandpunt. Een mogelijkheid om deze fout te voorkomen is het gebruik van asferisch (bijvoorbeeld parabolisch) geslepen lenzen. Aan dit soort lenzen kleven echter ook weer nadelen: je kunt afwijkingen krijgen als het licht niet recht op de lens valt. Dit wordt ook wel comatische aberratie of coma genoemd. Je ziet dan een soort komeetvorm in plaats van een stip. Ook spiegels vertonen sferische aberratie en coma.

Spiegels

Spiegeltelescopen hebben een hol gebogen spiegel als objectief en een vangspiegel om de lichtstralen naar de ogen te leiden. Voordelen van reflectoren boven refractoren zijn de afwezigheid van chromatische aberratie, en minder oppervlakken die met precisie bewerkt moeten worden. Bovendien is een reflector veel goedkoper en veel groter te maken dan een refractor. Een spiegel kan van achteren ondersteund worden, terwijl dit bij een lens niet kan, en bij een spiegel hoeft alleen het oppervlak goed te zijn, terwijl bij een lens ook het binnenste vrij moet zijn van fouten.

Een bekend type spiegeltelescoop is de Newtontelescoop. Deze telescoop heeft een vlak vangspiegeltje in het midden en een parabolische spiegel om geen last te krijgen van sferische aberraties. De telescoop is eenvoudig zelf na te bouwen en hij presteert goed voor zijn prijs. Een nadeel van deze telescoop is dat hij door de parabolische spiegel last heeft van coma. Gelukkig zijn er lenzen te verkrijgen die dit probleem tegengaan.

Er zijn nog wel meer opstellingen met spiegels; zie ook het plaatje. De Gregoriaanse telescoop heeft als voordeel dat het beeld rechtop staat. De Cassegrain-opstelling zorgt ervoor dat er een grotere brandpuntsafstand gecreëerd wordt, waardoor de vergroting groter is. Deze opstelling is op dit moment erg populair.

Groot, groter, grootst

Waarom worden nu steeds grotere telescopen gebouwd? Het antwoord zit 'm in de hoeveelheid licht die een telescoop op kan vangen. Hoe meer licht, des te verder je kunt kijken. Ook de resolutie is een belangrijk eigenschap: wanneer kun je nog twee objecten van elkaar onderscheiden? Resolutie en diameter van de opening van de telescoop (of ieder ander vergroterend instrument) hangen van elkaar af volgens de volgende vuistregel: $\sin \theta = 1,220 \frac{\lambda}{D}$ waarin θ de hoekresolutie is, λ de golflengte van het licht en D de diameter van de opening. De 1,220 heeft te maken met het vermogen van het oog om twee puntbronnen nog van elkaar te onderscheiden. Heb je bijvoorbeeld geel licht met een golflengte van 580 nanometer en wil je een resolutie van 0,1 boogseconde (een zestigste van een zestigste van een graad), dan heb je een diameter D van 1,2 meter nodig.

Dit houdt in dat je verder kunt zien en meer detail kunt onderscheiden met een grotere telescoop. Hoewel je aan een huis-tuin-en-keukentelescoop genoeg hebt om je buurvrouw te begluren, heb je toch al gauw een telescoop van een aantal meter nodig om goed naar Andromeda daar te kijken. •

10 | Van de Penningmeester

DOOR KASPER DUIVENVOORDEN

Al maanden wordt het in de media beschreven. Af en toe wordt er tijdens een borrel over gesproken. Maar hoe zit het nu precies met de kredietcrisis en de dollarprijs en wat voor gevolgen kunnen deze zaken hebben voor de eenvoudige student?

Het begon allemaal in 2004: de banken waren niet blij met de geringe opbrengsten uit investeringen. Grote Amerikaanse banken zoals Bear Stearns wilden graag meer en zagen mogelijkheden in een tak van de hypotheekmarkt, de *subprime* markt. De subprime markt is een markt van hypotheeken met

een lage initiële rente, bedoeld voor een risicovolle groep zoals lage inkomens of freelancers. Om deze mensen aan een hypotheek te helpen, moest een goede verkooptruc gebruikt worden. Deze luidde: "De hypotheekrente wordt u aangeboden onder de gangbare rente en zal later gecompenseerd worden door een hoge rente. Maar omdat de waarde van uw huis gaat stijgen, kunt u dit wel hebben."



De afgelopen drie jaar bleef de verwachte huizenprijsstijging echter uit. Particulieren konden niet meer aan de hoge rente voldoen. Hypotheekbanken konden op hun beurt niet meer aan hun verplichtingen voldoen en tot op heden is het gevolg dat de eerder genoemde bank Bear Stearns, voorheen de vierde bank in Amerika, zijn aandaelprijs met 99% zag dalen en nu overgenomen is door een concurrerende bank.

Ondertussen is er ook een ander verhaal, het verhaal van de dalende dollarkoers. Op het moment van schrijven staat deze op 0,64 euro. Dit heeft echter andere oorzaken dan de kredietcrisis. Amerika is sinds de aanstelling van Bush lekker gaan consumeren. De totale schuld van de Amerikaanse overheid staat nu op 9,4 biljoen (10^{12}) dollar, door belastingverlaging en een oorlog in Irak. Dat de situatie tot op heden stabiel is, komt doordat voornamelijk Aziatische landen er baat bij hebben dat de dollarkoers niet verder daalt. Zij hebben zelf dollarvoorraden en Amerika is hun grootste afzetmarkt.

Voor een eenvoudige student zijn de gevolgen op dit moment nog niet drastisch. Natuurlijk merkt de student de lage dollarkoers direct als hij besluit om een half jaartje in Amerika te studeren. Uit het bovenstaande volgt wel dat de financiële situatie vrij ingewikkeld in elkaar zit. Markten zijn onvoorspelbaar en gevolgen kunnen in de miljarden lopen. Voor een bedrijf is het in deze tijd dus slim om mensen met verstand aan te nemen. De FMF merkt dat: sponsoren zijn in deze tijden niet moeilijk te vinden voor beta's. En indirect heeft de hele situatie dus positieve gevolgen voor studenten, in ieder geval voor FMF'ers.

Grotere gevolgen zullen echter merkbaar worden als men het vertrouwen in de Amerikaanse economie verliest, als de dollar dusdanig devalueert dat iedereen er vanaf wil. De rente in Europa zal in eerste instantie flink stijgen, omdat het wegvallen van de dollarkoers het tekort aan krediet van een aantal instanties alleen maar doet toenemen. Ook een lening bij de IB-Groep zal duurder worden, een ontwikkeling die vele studenten wel zullen merken. Een tweede gevolg is dat een aantal Europese bedrijven zoals Heineken hun investeringen in Amerika als sneeuw voor de zon zien verdwijnen. Neem van mij maar aan dat alle studenten dan de gevolgen zullen merken.

Maar het loopt pas helemaal uit de hand als men inziet dat de waarde van valuta slechts schijn is en volledig gebaseerd is op vertrouwen. Als dit vertrouwen met de dag afneemt, zullen er tijdelijk andere oplossingen gevonden moeten worden. Wellicht moeten we dan terug naar de ruilhandel en zullen we met z'n allen bijles geven in de supermarkt. Echter, het is realistischer als een makkelijk te dragen, waardebehoudend product de rol van geld tijdelijk overneemt. Wellicht dat sigaretten, die ook passen in een algemene sfeer van crisis, hier geschikt voor zijn.

Concluderend wil ik je graag wijzen op de woorden van Henry Ford: *"It is well enough that people of the nation do not understand our banking and monetary system, for if they did, I believe there would be a revolution before tomorrow morning."* •

Witte glooiende velden schieten voorbij. Een storm raast buiten, mensen ploegen door de sneeuw. De Spanjaard naast mij worstelt verwoed met zijn nieuwe iBook. Het is een genot de stroeve emoties van mijn vele medepassagiers te observeren. In de afgelopen maanden heeft zich een goed geoefend oog ontwikkeld.

Waarschijnlijk was het na middernacht toen Luc van Gool vanuit Zwitserland – of wellicht België, waar hij een tweede professoraat heeft – driemaal vergeefs telefonisch contact met mij zocht. Acht tijdzones was het verschil in ieder geval. Het was ochtend in Seoul en de GBE was onderweg naar een van haar excursies – geen tijd voor onverwachte telefoongesprekken; de onbekende oproepen die mijn telefoon weergaf, drukte ik vluchtig weg. In een e-mail die ik later die dag las, nodigde mijn toekomstige promotor mij uit voor een kort gesprek over mijn sollicitatie voor de promotiestudie aan de ETH in Zürich. We zouden elkaar spreken zodra ik terug was in Nederland.

Al sinds de nadagen – misschien is hoogtepunt een beter woord – van mijn bachelor informatica was ik er grotendeels van overtuigd dat ik van mijn studie mijn werk zou moeten maken. Mijn nieuwsgierigheid, goede resultaten en werklust waren in ieder geval de juiste ingrediënten voor het beroep van onderzoeker. Toen de master ten einde liep, was de keuze desondanks lastig. Had ik niet al genoeg van het academische leven gezien? Zou de universiteit mijn zucht naar dynamiek wel beantwoorden? Een aspect stond vast: ik zou naar het buitenland verhuizen! De GBE-reizen en mijn stage in Italië (zie *Periodiek* 2006, mei/juni) hadden dit verlangen al lang geleden aangewakkerd.

Emoties

Aan de ETH in Zürich, voluit bekend als de Eidgenössische Technische Hochschule doe ik onderzoek naar menselijke emoties. Inderdaad... hoe is dat gerelateerd aan technisch onderzoek? Mijn afdeling houdt zich bezig met het herkennen van al dat zich voordoet in foto's en video. In een groepje van neurologen, psychologen en informatici proberen we te analyseren wat in onze houding en beweging verraadt hoe wij ons voelen. Het betreft hier eenvoudig observeerbare gevoelens. Geen verborgen verdriet, ondergrondse woede of een nepglimlach, maar duidelijke, basale emoties zoals vrolijkheid, woede, angst, verbazing en droefenis.

Helaas is het niet mogelijk in detail te treden over mijn onderzoek. Niet alleen doordat de ruimte hiervoor gelimiteerd is, maar ook omdat de ETH een restrictieve benadering heeft ten aanzien van het openbaren van kennis. Zij richt zich sterk op patenten en spin-offs, die geld in 't laatje moeten brengen. Hoewel mijn onderzoek niet direct een praktische toepassing biedt – het is meer experimenteel en oriënterend van aard – geldt ook hiervoor deze beperking. Ter compensatie zal ik jullie verblijden met een aantal luchtigere onderwerpen.

Zürich, Zwitserland, september 2007

Half augustus was mijn masterscriptie eindelijk klaar. Tijd om naar Zürich af te reizen en een woning te vinden. Al zo'n twee maanden eerder was ik begonnen met het uitzoeken van en reageren op kamers en appartementen. Gewapend met een stapel adressen zou ik wel iets moeten kunnen vinden. De waarheid was echter net zo hard als de Zwitserse bergen: een onderkomen vinden in Zürich bleek schier onmogelijk. Collega's vertelden me dat ze er soms maanden over deden. Zucht...



Het Zwitserse hospiteren heeft iets vreemds. Wanneer er een kamer wordt aangeboden, bijvoorbeeld via het internet, kun je hierop reageren. De huidige bewoner zal je dan uitnodigen voor een bezoek, waarbij niet alleen de kamer maar ook jij onder de voet wordt gelopen door de overige gegadigen. Wanneer je geïnteresseerd bent in de kamer – en wanneer ben je dat niet als wanhopige buitenlander? – dan wordt een papier onder je neus gedrukt waarin alles behalve je bedgeheimen van je wordt gevraagd. Dit document wordt dan naar de verhuurder gestuurd, die daarop de gelukkige winnaar kiest. Niks niet eerste indruk telt. Wat nou flirten? Tot ziens, nutteloze zelfgebakken taart. Tja, het moet gezegd worden: Zwitsers houden echt van directe democratie!

Eerste stapjes

Mijn kennismaking met de ETH was ongeveer: “hmm, ons Academieggebouw ziet er een stuk mooier uit.” Maar nog saaier en grijzer was het gebouw dat mijn toekomstige werkplek zou herbergen.

Het zal wel met het Hinterland en de overdaad aan gesteente te maken hebben. Heel anders is de sfeer binnen de onderzoeksgroep. De vakgroep, vreemd genoeg onderdeel van de afdeling Electrical Engineering, is ontzettend groot. Twee professoren, vijftien post-docs en meer dan dertig promovendi doen onderzoek in *object recognition*, *tracking*, *scene understanding* en *medical image analysis*. Door dit aantal en de diversiteit in onderzoek kan optimaal gebruik gemaakt worden van interne kennis. Er wordt intensief samengewerkt, iets wat elders vaak mist door het sterk competitieve karakter van de wetenschap.

Wetenschap begint met het zich eigen maken van de vraagstukken en de beschikbare kennis. Dat betekent inlezen, veel inlezen. Omdat mijn interesse uitgaat naar Computational Neuroscience (in het kort: het verklaren van de werking van het brein met behulp van computermodellen) betekende dit dat ik de literatuur van de neurologie in moest duiken. En dat is niet de makkelijkste



literatuur voor iemand met een technische achtergrond. De opgedane kennis gebruik ik om met een model te komen van hoe wij mensen emoties visueel verwerken. Wanneer hier een *attention model* (een model dat menselijke aandacht nabootst) aan wordt gekoppeld, zou het mogelijk moeten zijn met een goede verklaring te komen voor (primitieve) neurale reacties, en daardoor menselijk gedrag. Daarnaast is het interessant te beschouwen waarin menselijke emoties zich kenmerken. Is het beweging of houding dat het onderscheid maakt, en schuilt dit in de details of is het het algehele beeld? Dat laatste lijkt het geval, gezien de bijna onmiddellijke reactie van mensen en apen op emoties.

Het Zwitserlevegevoel

Wie het over Zwitserland heeft, denkt doorgaans aan dat eigenzinnige landje met haar excentrieke bankgeheimen, smeùige kaasfondue, maagdelijke alpenweiden, darterende Heidi's met paardenstaarten en de eeuwige politieke neutraliteit. En dat klopt. Die Schweiz is wat het lijkt. Een land waar de tijd soms voorbij lijkt te kruipen. Niet op Spaanse wijze, waarbij de *siesta* de vaart uit het leven haalt, maar doordat alles wat in de wereld gebeurt een natuurlijke weerstand in het alpenlandje ondervindt. Een land waar vrouwenkiesrecht in het kanton Appenzeller-Innerhoden pas in 1990 werd ingevoerd, en pas na dwang van het Bondsgerechtshof. Een land ook waar tradities in ere gehouden worden.

De Zwitsers zijn trots op hun natie, hetgeen vaak ont-aardt in nationalistische gevoelens. Gevoelens die weerspiegeld worden in de verkiezingen van afgelopen oktober. De *SVP*, de Zwitserse volkspartij, won de verkiezingen ondanks de xenofobische stelling van de voorzitter van de partij dat buitenlanders het land uitgestuurd dienen te worden als een minderjarig familielid een strafbaar feit pleegt. Dit nationalisme lijkt voort te komen uit een zij-tegen-wij gevoel, een bedreiging van buitenaf. Hierbij dient bedacht te worden dat, tot zo'n honderd jaar geleden, La Suisse een arm land was waar het merendeel van de bevolking in afgesloten bergdalen leefde. De dalbewoners waren verstoken van culturele contacten en sterk lokaal georiënteerd. Het gevoel bekruipt mij dat dit ook de oorzaak is van de serieuze blikken die mij op straat treffen. Een openhartige glimlach kan er vaak maar moeilijk af. Het leven in bergdalen moet wel zeer droefgeestig zijn. Daarnaast hebben Zwitsers er geen be-

nul van hoe briljant ironie of zwarte humor kan zijn. Een bekende uitdrukking is dan ook dat als er een Zwitser voorkomt in een grap, deze vervangen dient te worden door een buitenlander (lees: Oostenrijker) voordat de Zwitser begint te lachen. Rare jongens, die Helvetiërs!

Chamonix, Frankrijk, maart 2008

Het leven van een onderzoeker bestaat, gelukkig, niet alleen uit referenties, artikelen en experimenten. Af en toe zijn daar de reizen naar conferenties – indien je iets gepubliceerd hebt – en *project meetings*. Na Parijs was het in maart de beurt aan Chamonix, het luxe ski-oord over de grens in Frankrijk, waar de Europese partners binnen het COBOL-project (communication of emotional body language) samenkwamen voor het jaarlijkse wetenschappelijke overleg. Drie dagen werd er gesproken over allerhande onderwerpen met betrekking tot emoties, variërend van herkenning en simulatie tot fMRI-onderzoeken en filosofie. Deze diverse benaderingen maken deze bijeenkomsten zeer interessant, maar op den duur ook zwaar vermoeiend. Presentaties over welke neuronen in de dorsolaterale prefrontale cortex verantwoordelijk zijn voor de reactie op *emotional content* in patiënten die lijden aan de ziekte van Huntington is intrigerend, maar een stortvloed aan medische termen leidt nogal eens tot oververmoeidheid bij ondergetekende. Gelukkig had mijn begeleider daar ook last van.

Naast de overvloed aan nieuwe kennis is het leggen van contacten de belangrijkste reden om bij de project meetings aanwezig te zijn. Natuurlijk had ik van de meeste mensen al wel wat gehoord of gelezen, maar in persona kunnen ideeën pas echt worden uitgewisseld. Daarnaast is het vanuit sociaal en professioneel oogpunt goed om te weten wie je collega's zijn, zodat daar in de toekomst optimaal gebruik van kan worden gemaakt. Bijvoorbeeld door een internationale uitwisseling; een half jaartje studeren in Israël is aan mij wel besteed. Gelukkig netwerken studenten het liefst onder het genot van een bierdje, terwijl de professoren hun machtsspelletjes met wijn, en soms met vuur, spelen.

Und jetzt isch färtig luschtig

Ondanks het voorgaande depressieve stuk is Svizzera niet alleen suf, saai en gesloten. Zürich bruist van leven. Het kan zich meten met het Berlijn uit de jaren negentig, met

een zeer actieve *club scene*, hippe bars, restaurants en ontelbare lounges. Het is het mekka van de jetset, waar rond Niederdorf, Langstrasse en Hardstrasse altijd wel wat te beleven valt, terwijl de stad zelf slechts 400.000 zielen telt. Je wist het misschien niet, maar Zürich is van 2003 tot 2007 verkozen tot best leefbare stad ter wereld. In alle categorieën! Het sociale leven lijkt, naast de lokale jeugd, vooral te drijven op de vele expats; 40% van de inwoners is buitenlander. Zij zijn doorgaans meer georiënteerd op het ontmoeten van zielsverwanten, in tegenstelling tot de lokale bevolking, waar het huisje, boompje en beestje al snel het leven overheerst.

Nog behoefte aan wat ware clichés? Goed, houd je vast: de straten zijn brandschoon, de bureaucratie is efficiënt, winkels zijn schreeuwend duur, de belastingen zeer laag (maximaal 8%, hoe doen ze het?), Zwitserse chocolade smaakt het best (probeer eens de Springli-keten!), de technologie is hoogstaand en precies (denk aan de horloges en het feit dat Zwitserland de meeste Nobelprijswinnaars ter wereld heeft) en treinen hebben maximaal een

vertraging van twee minuten. De koekoeksklok komt trouwens uit Beieren.

Wanneer je, zoals ik, een fanaat bent van bergsporten als skiën, mountainbiken, wandelen en klimmen is Zwitserland een walhalla. Het natuurschoon is hier zonder einde, de lucht zuiver en de mogelijkheden zijn immens. Binnen een uur ben je met de trein in een skioord, hetgeen je erg lui en veeleisend maakt in de ski-uitjes. Ook de taal is een uitdaging. Naast het Schwytzer Dütsch, dat al een uitdaging op zich is (en verdacht veel als Nederlands klinkt maar het volstrekt niet is) kan naar hartelust het Frans, Italiaans en Engels geoefend worden. Ook het Hoch-Deutsch is van de partij dankzij mijn collega's, maar de Zwitsers zelf hebben daar een hekel aan.

Ik denk dat ik hier nog wel een tijdje blijf, totdat mijn promotie is afgerond of de reisdrift weer bezit van mij heeft genomen. Tot nu toe is leven in Zürich en studeren aan de ETH een uitdaging! •



In 1931 publiceerde de jonge wiskundige Kurt Gödel zijn befaamde onvolledigheidsstellingen. In simpele bewoordingen luiden deze als volgt: “er bestaan wiskundige stellingen die waar zijn, maar niet bewezen kunnen worden” en “de wiskunde kan van zichzelf niet bewijzen dat ze geen tegenspraken bevat” (oftewel, ze is consistent). De eerste is een beroemde, beruchte en veel misbruikte stelling, waarvan men zou denken dat deze leidt tot algemene radeloosheid onder wiskundigen...

In *Uncle Petros and Goldbach's Conjecture* beschrijft Apostolos Doxiadis het leven van oom Petros, een fictieve wiskundige die zich na een succesvolle carrière vastbijt in het vermoeden van Goldbach. Dit vermoeden luidt als volgt: elk even getal groter dan twee is te schrijven als de som van twee priemgetallen, bijvoorbeeld: $24 = 5 + 19$. Hoewel het probleem erg simpel klinkt, is het een eeuwenoud openstaand probleem uit de wiskunde. Petros werkt er jarenlang aan, tot hij hoort van een jonge logicus, Kurt Gödel, die heeft bewezen dat de wiskunde niet compleet is, en er dus onbeslisbare stellingen bestaan: stellingen waarvan noch kan worden bewezen dat ze waar zijn, noch dat ze onwaar zijn. Wat nu als het vermoeden van Goldbach een van deze stellingen is? Vanaf dit moment stort Petros' wereld stukje bij beetje in.

De eerste onvolledigheidsstelling

Wat had Gödel nu eigenlijk precies bewezen? In zijn paper *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I* bewees hij dat elk formeel systeem onbeslisbare stellingen bevat. Gödels onvolledigheidsstelling is natuurlijk een wiskundige stelling, en om een wiskundige stelling correct te interpreteren, moet je haar vooral goed lezen. Het blijkt dat de zinsnede “der Principia Mathematica und verwandter Systeme I” cruciaal is (Principia Mathematica (PM) is de wiskunde met optellingen, vermenigvuldigingen en logica). Als je bij het lezen van Gödels eerste onvolledigheidsstelling de nadruk juist op deze woorden legt, dan zie je dat Gödel eigenlijk gewoon zegt: “de kracht van welk axiomatisch systeem dan ook is beperkt, en zal altijd beperkt blijven: want hoeveel nieuwe axioma's je ook invoert, er zullen altijd weer onbeslisbare uitspraken zijn.” De zwakte ligt dus mogelijk niet bij de wiskunde zelf, maar bij de mate waarin de wiskunde kan worden geformaliseerd door middel van een eindig aantal (of technischer: een recursief opsombare verzameling van) axioma's.

Als voorbeeld zullen we nu het vermoeden van Goldbach beschouwen. Aangezien hiervoor tot op heden geen bewijs of tegenvoorbeeld voor gevonden is, veronderstellen we dat het vermoeden onbeslisbaar is. In dit geval is het dus niet te bewijzen of te ontcrachten binnen het axiomatisch systeem.

Uit de onbeslisbaarheid van het vermoeden van Goldbach volgt dat er geen even n bestaat die niet de som van twee priemgetallen is. Bestond deze n namelijk wel, dan hadden we een tegenvoorbeeld voor het vermoeden Goldbach, en dan was het vermoeden *wel* beslisbaar geweest. Dus als het vermoeden van Goldbach onbeslisbaar is, is het juist. En het aantonen van onbeslisbaarheid hoeft niet moeilijk te zijn: hier komt Gödels tweede onvolledigheidsstelling om de hoek kijken.

De tweede onvolledigheidsstelling

We noemen een axiomatische theorie T *consistent* als niet zowel S als niet- S te bewijzen is. Gödels tweede onvolledigheidsstelling zegt: ‘een consistente axiomatische theorie T kan niet haar eigen consistentie bewijzen’. Deze uitspraak krijgt pas echt betekenis als we ons realiseren dat de uitspraak ‘ T is consistent’ wel uit te drukken is in T .

De uitspraak CON_T , die we definiëren als de uitspraak “ T is consistent”, is dus een voorbeeld van een onbeslisbare uitspraak binnen T (volgens de tweede onvolledigheidsstelling). Maar dit geeft ons in theorie een methode voor het aantonen van onbeslisbaarheid! Immers, als G een uitspraak is zodanig dat “ G impliceert CON_T ” bewijsbaar is binnen T , dan is G niet bewijsbaar! Want, als G bewijsbaar (en dus waar) zou zijn, zou uit de (binnen T bewijsbare) implicatie volgen dat CON_T een stelling is binnen T , hetgeen in tegenspraak is met Gödels tweede onvolledigheidsstelling. Er is uiteraard ook nog de mogelijkheid dat G onwaar is, maar dit valt met andere middelen uit te sluiten.

Onbeslisbare problemen

Zoals Kurt Gödel zelf direct al aangaf, bewijst de onbeslisbaarheid van een stelling van de ‘Goldbach-vorm’ (voor alle gehele x geldt $P(x)$, met P een berekenbare eigenschap) dat deze stelling waar is (volgens het argument dat we eerder lieten zien). Veel problemen lijken soortgelijk, maar zijn dat niet altijd, zoals het vermoeden van Collatz. We definiëren de volgende functie:

$$f(n) = \begin{cases} n/2 & \text{als } n \text{ even} \\ n * 3 + 1 & \text{als } n \text{ oneven} \end{cases}$$

Het vermoeden van Collatz is het volgende: voor alle gehele x komen we uit op 1 als we f een eindig aantal keer toepassen op x . Dit lijkt inderdaad van de Goldbachvorm, maar P is niet berekenbaar. Hoe laat je immers zien dat een bepaalde x binnen een eindig aantal stappen bij 1 is? Toch zijn er wel bekende problemen van de Goldbach-vorm, bijvoorbeeld de Riemannhypothese. Die beweert dat alle niet-triviale nulpunten van de Riemann-zetafunctie als reëel gedeelte $\frac{1}{2}$ hebben. Dit lijkt niet zo interessant, totdat je de definitie van de zetafunctie ziet en de gelijkheid die Euler daarbij vond:

$$\begin{aligned} \zeta(s) &= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} \\ &= \prod_{p \text{ priem}} \frac{1}{1 - p^{-s}} \end{aligned}$$

Als we dus kunnen bewijzen dat deze hypothese waar is, zou ons dit een heleboel over de priemgetallen vertellen.

Buiten de getaltheorie

De Griekse wiskundige Euclides (300 voor Chr.) gaf een aantal axioma’s voor de meetkunde: intuïtief plausible stellingen die niet konden worden bewezen, maar moesten worden aangenomen om alle andere stellingen te kunnen bewijzen. Euclides gaf in totaal vijf axioma’s, waarvan het laatste verreweg het bekendste is geworden, het zogenaamde ‘parallellenpostulaat’.

Het parallellenpostulaat luidt als volgt: ‘gegeven een lijn l en een punt P dat niet op l ligt, is er precies één lijn l' door P zodanig dat l en l' evenwijdig zijn.’ Euclides zelf verwijst slechts naar dit postulaat als hij echt niet anders kan. Ergens moet bij hem de overtuiging gesluimerd

hebben dat het vijfde postulaat een logisch gevolg is van de eerste vier. Wiskundigen tot en met de achttiende eeuw geloofden dit ook, maar konden het niet bewijzen.

De negentiende eeuw zag allerlei pogingen om zinvolle meetkundes te construeren waarin wel de eerste vier Euclidische axioma’s gelden, maar niet het vijfde: de niet-Euclidische meetkundes. Belangrijke namen zijn in dit verband Bolyai, Lobatsjewski en Gauss. De laatste niet alleen omdat Gauss per definitie belangrijk is, maar omdat hij met Bolyai senior over het parallellenpostulaat correspondeerde en zich zijdelings in het debat mengde (waarschijnlijk louter om en passant te vermelden dat hij hetzelfde idee al jaren eerder had, namelijk op de dag nadat hij de kwadratische reciprociteit ontdekte en daags voordat hij even de regelmatige zeventienhoek construeerde). Uit de succesvolle constructie van meetkundes waarin het parallellenpostulaat onwaar is, bleek dus dat het parallellenpostulaat onafhankelijk is van de eerste vier Euclidische axioma’s. Onder aanname dat de Euclidische meetkunde consistent is, is dit het eerste bekende voorbeeld van een onbeslisbare uitspraak. Stellen wij ons namelijk het axiomatische systeem voor dat gegeven wordt door Euclides I-IV, dan is daarin het parallellenpostulaat noch waar, noch onwaar, maar onbeslisbaar.

Het punt van intuïtieve plausibiliteit, dat we al even aanstipten, is erg belangrijk. In de Periodiek van mei/juni 2007 schreef Monique van Beek over het plausibel klinkende keuze-axioma (AC, voor ‘axiom of choice’) en enkele tegenintuïtieve gevolgen ervan. Door deze ongewenste neveneffecten waren verzamelingentheoretici in het begin van de twintigste eeuw sceptisch over het AC. Toch is het AC onbeslisbaar in de gewone Zermelo-Fraenkel-verzamelingenleer. Meestal wordt het AC als een extra axioma aan de ZF-verzamelingenleer toegevoegd, met als resultaat de ZFC-verzamelingenleer. De status van het AC is enigszins vergelijkbaar met die van het parallellenpostulaat bij Euclides: als een resultaat zonder het AC kan worden bewezen, dan verdient dat nog steeds de voorkeur. Als een stelling niet zonder het AC kan worden bewezen, wordt dat veelal expliciet aangegeven. Maar een wiskunde zonder het AC zou erg lastig worden: in de algebra en de analyse zouden ons allerlei fundamentele stellingen en lemma’s ontvallen.

We hopen dat we de lezer een beter inzicht hebben gegeven in Gödels stellingen en hun gevolgen. •

Crack-a-Case



Hoe pak jij een 'case interview' aan?

Op donderdag 29 mei organiseert Booz Allen Hamilton de workshop 'Crack-a-Case'. Deze workshop is een introductie tot het zogenaamde 'case interview': de manier van interviewen die Booz Allen en andere strategieconsultants hanteren. Je maakt kennis met Booz Allen en onder begeleiding van onze consultants leer je wat een case interview is, en hoe je je daar optimaal op kunt voorbereiden.

Meld je aan voor dinsdag 13 mei 2008 via www.boozallen.nl/crack-a-case

Kom naar de 'Crack-a-Case' workshop op 29 mei aanstaande

18 | De Stabiliteit van de Fiets

DOOR CORINE MEINEMA

Twee wielen, een ketting en een stuur. Iedere student rijdt er wel eens op, maar niet altijd even stabiel. Wat zijn de factoren – de bestuurder daargelaten – die de stabiliteit van de fiets beïnvloeden? In Delft hebben ze na veel onderzoek en 324 kilometer het antwoord gevonden.

Een eenvoudig model van de fiets is een systeem van vier starre lichamen: het frame, de voorvork en de twee wielen. De fietser zelf beschouwen we als deel van het frame, wat een redelijke benadering blijkt te zijn. Ook wordt in dit model uitgegaan van wielen die zuiver over de vlakke grond rollen en geen zijdelingse slip maken. De onderdelen van de fiets ondervinden geen wrijving en er wordt geen energie toegevoegd of weggenomen door remmen of aandrijven. De totale energie in het systeem blijft dus gelijk.

Er zijn drie vrijheidsgraden: de voorwaartse snelheid v , de leunhoek van het frame ϕ en de stuurhoek δ , zie het plaatje. Met de verbindingsvoorwaarden en de bewegingswetten van



Newton en Euler voor de afzonderlijke onderdelen zijn de bewegingsvergelijkingen af te leiden. De coëfficiënten van deze bewegingsvergelijkingen hebben 25 parameters, zoals de wielbasis, de positie van het massamiddelpunt en het traagheidsmoment van de onderdelen.

Bij toenemende snelheid van de fiets zijn globaal drie hoofdbewegingen te zien: *castering*, *capsize* en *weave*. De *castering* is een uiterst stabiele bewegingsvorm waarbij het voorwiel snel weer teruggedraait naar de bewegingsrichting, zoals zwenkwieltjes van een boodschappenkarretje. De *capsize* is de beweging waarbij het stuur haast niet beweegt en de fiets in zijn geheel omvalt, net als bij een kapseizend schip. Boven een snelheid van ongeveer 21 km/u wordt de *capsize* beweging licht instabiel, maar dit is geen praktisch probleem: de fietser kan dit onbewust corrigeren. De derde en belangrijkste hoofdbeweging is de *weave*. Dit is de slingering die begint rond de 3,5 km/u en stabiel wordt rond $v = 15,5$ km/u.

Alles bij elkaar genomen blijkt de fiets stabiel te zijn als de snelheid zo tussen de 15 en 21 km/u ligt. Een hogere snelheid resulteert in langzaam omvallen, door de instabiele *capsize* beweging. De instabiliteit bij lagere snelheden wordt vooral door de *weave* veroorzaakt.

Nu is het model gebaseerd op ideale omstandigheden (geen wrijving tussen de onderdelen en starre lichamen met zuiver rollende banden), maar toch komt het model goed overeen met de gemeten werkelijkheid. Als de fiets een duw van opzij krijgt en de fiets een ‘stabiele’ snelheid heeft, gaat de fiets automatisch terug naar een stabiele toestand.

De genoemde stabiele snelheden gelden voor een standaardfiets; voor andere fietsen gelden andere parameters. Een racefiets is immers geen omafiets, om over vouwfietsen en ligfietsen maar niet te beginnen.

Bij het ontwerpen van een fiets kun je dus spelen met de parameters om de stabiliteit te optimaliseren. Of je dit ook wilt, is een tweede: hoe stabielere de fiets, hoe moeilijker te besturen, vanwege het sterke *castering*-effect.

Sinds in 1816 het eerste ontwerp van een loopfiets is gemaakt, is er zo’n tachtig jaar verstreken voordat de standaardfiets is ontstaan. Nooit is onderzocht wat de beste parameters zijn, maar met de nieuwe vindingen kan de fiets voortaan ook vanaf de tekentafel op stabiliteit worden getest, dankzij het natuurgetrouwe model. •

Voor details: Meijaard, Papadopoulos, Ruina, Schwab – *Linearized dynamics equations for the balance and steer of a bicycle: a benchmark and review.*

kan·ti·ne (de^v; kantines)

1 verblijflokaal waar men *laaggeprijsde* consumpties kan kopen

Vandaar dat we sinds kort geen kantine, maar een restaurant en *take-aways* hebben bij de universiteit.

E nkele weken geleden stonden we zonder contacten voor de pinautomaat. Het bekende rode scherm verwelkomde ons weer eens met “Buiten Werking”. Een vogeltje fluisterde ons in dat in kantines van de Hanzehogeschool ook met chipknip betaald kan worden. Zo hadden we toch een manier om onze rammelende magen te vullen.

Tot onze grote verrassing leek deze kantine goedkoper én beter te zijn dan die van de RUG. Tijd om voor eens en altijd te bepalen waar de beste kantine van het Zerniketerrein staat. De bemande automaten die zich take-aways noemen, slaan we voor het gemak over.

We gaan weer naar school

We beginnen onze zoektocht op kruipafstand van de Bakkerbunker. In het hoekje naast de tentamenhal vind je een van de oudere schoolgebouwen van het Zernikecomplex: de Hanzeborg. Nadat je je door de muur van rook geworsteld hebt, vraagt een bordje of je JE EIGEN ROMMEL OP WILT RUIMEN. Ook de geur van schone wc's schept valse hoop: resten van broodjes, kauwgom onder de tafels, spuug op de toonbank. Welkom terug in de aula van je middelbare school.

De kantine is ingericht als een buurtsuper. Je kunt broodjes, vleeswaren en ander beleg los kopen, zodat je naar hartelust kunt variëren. Je kunt ook zelf je eigen verse tosti maken. We treffen wel een aantal pakjes rookvlees aan waarvan de houdbaarheid is verlopen. Daar worden we niet vrolijk van; het personeel gelukkig ook niet.

Het valt Michiel op dat de man-vrouwverhouding in de aula veel gunstiger ligt dan in de bunker. Thomas is het hier niet mee eens: het zijn geen vrouwen, maar meisjes.

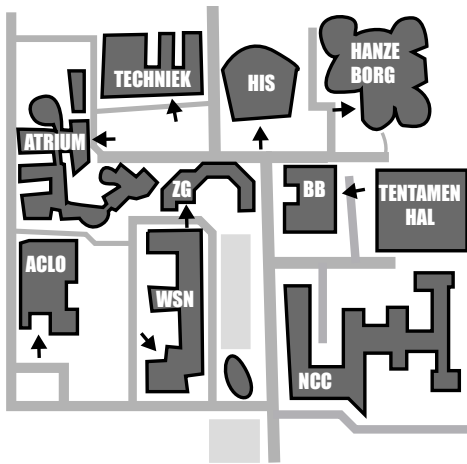
Southside Polaribroodjes

In de voor iwtanen vertrouwde kantine aan de zuidzijde van het WSN-complex, beter bekend als de vroegere RC-kantine, kun je niet met papiergeld betalen. “Daar hebben we niet van terug” meldt een briefje ons. Ze hebben wel wifi, maar je mag “geen boeken en laptops op de tafel” hebben onder lunchtijd. En waag het niet te bellen in de buurt van de gevoelige apparatuur, dat is “verbo-den”. Opvallend, want hier werken wel de vriendelijkste kantinejuffrouwen van de hele universiteit.

Tussen de foto's van de winnaars van Corbijn 2006 genieten we van een heerlijk polaribroodje. Dit is een rijkelijk belegd Zweeds broodje voor een schappelijke prijs. Hoe anders is het 'verse' fruit: de bananen (80 cent) zijn grauw en verkopen duidelijk niet goed.

In de zomer verkoopt de kantine waterijsjes en kun je aan een picknicktafel in de zon





van je lunch genieten. Zorg wel dat je er op tijd bij bent: de kantine sluit al om twee uur.

Lunch op bad

Midden op het voormalige Zernikeplein staat een gebouw genaamd HIS, waarin kan worden gesport. En omdat sporten hongerig maakt, is er ook een kantine, die uitkijkt over het zwembad. Van al die plaatsvervangende inspanning krijgen we wel honger.

Het eten is van wisselende kwaliteit. Mark neemt een dubbelgevouwen omelet met groenten ertussen – vrijwel een volledige avondmaaltijd – en een puddingbroodje. Vooral de omelet is erg lekker en kost slechts twee euro. Michiel kiest een appelflap, maar dit blijkt een teleurstelling. Thomas is wel erg blij met zijn mosterdsoep. Marten neemt een broodje brie, dat na dissectie blijkt te bestaan uit brood, brie, twee schijfjes komkommer en anderhalf blaadje sla met donkere randjes. Dit alles moet met plastic bestek uit plastic bakjes worden gegeten, wat niet altijd even eenvoudig is.

Het zitgedeelte is leuk ingericht en verrassend netjes voor een Hanzekantine: de tafels zijn schoon en om de paar meter staat een prullenbak. Er is zelfs een loungekamer ingericht waar je lekker onderuitgezakt kunt bijkomen op een bank, die minder zacht is dan het aanzicht doet vermoeden. Ook is er een balkon. Het grootste nadeel van de zitruimte is wel de galmende akoestiek: geen goede plek om even bij te kletsen.

Halve tosti's

Als we rond lunchtijd de kantine van het Techniekgebouw van de Hanze binnenkomen, blijkt het eten vrijwel helemaal op te zijn. Om bij het resterende eten te komen, moeten we ons door het nauwe pad tussen de geleiderail en de balie wurmen, dus even terug voor dat vergeten puddingbroodje is er niet bij. Omdat Michiel en Marten de laatste twee broodjes hamburger inpikken, waagt Mark zich aan een tosti. Tenminste, de onderste helft van een tosti: het bovenste broodje is wegbezuinigd. We kunnen maar ternauwernood betalen: we staan in de enige Hanzekantine zonder chipknip. Wanneer we met veel moeite genoeg kleingeld bij elkaar schrapen, blijkt het personeel kortaf en chagrijnig. Het personeel houdt de kantine ook niet schoon. En het eten is vies.

Gelukkig hebben de leraren van dit alles geen last: hun is een eigen kantine gegund, met bijbehorend balkon met gezellige rieten stoeltjes. Het zou ons niet verbazen als hier in de zomer cocktails geschonken worden. Niet dat de studentenkantine geen balkon heeft; hier in de dichte smog kun je op het campingmeubilair je kleffe hamburger wegwerken. Maar het eten is niet alleen smerig, het vult ook nog eens voor geen meter. Om het onsmakelijke eten weg te spoelen, koopt Marten een kopje koffie. De automaat verpest het definitief voor deze kantine door het wisselgeld op te eten.

Nog maar een kantine dan

Omdat de kantine in het Techniekgebouw onze honger niet heeft kunnen stillen, gaan we vlug door naar een tweede kantine, die van het Zernikegebouw. We maken een tussenstop bij de ABN Amro pinautomaat, die het zoals verwacht nog steeds niet blijkt te doen. Gelukkig heeft Marten voldoende contant geld bij zich voor iedereen. De kantine heeft een breed assortiment en we kunnen rustig onze keuze maken. De kantine biedt naast het gewone assortiment ook warme schotels en naar smaak belegde broodjes aan.

Thomas besluit gezond te doen en neemt de enige appel die er nog eetbaar uitziet. Met één eetbaar stuk fruit scoort deze kantine wel beter dan alle andere RUG-kantines. Gelukkig hebben we lekker en gevarieerd eten: een broodje Unox, een Italiaanse bol, een pyramidebroodje en een lekkerbekje. Wel zijn de prijzen wat aan de hoge kant.

Er is over de hele kantine goed nagedacht: het koopgedeelte is ruim opgezet, het zitgedeelte is sfeervol en de indeling is logisch. Het zitgedeelte is voorzien van afscheidingswanden, waardoor de grote ruimte toch nog gezellig aandoet. Het vele groen draagt hier ook aan bij.

Marcus in Atrium est

In de schaduw van de grote viesgroene toren aan de westzijde van het Zernikeplein bevindt zich het Atrium: een “multifunctioneel trefpunt”. Wij houden het maar gewoon op een kantine. Meteen bij binnenkomst zien we een dependance van de Australian, waar je lekkere koffie, bonbons en ijs kunt krijgen. Je kunt genieten van je cappuccino met vanille-extract in het bezoekersgedeelte direct links van de ingang. Hier kun je ook prettig studeren, het gewone zitgedeelte is hiervoor te rumoerig.

Wij kiezen er echter voor om ook het overige assortiment te bekijken. We lopen daarom de hal door en dalen de trap af, naar waar de kantine zich bevindt. Daar laten we een vriendelijke medewerker verse broodjes voor ons beleggen. Dit doet hij professioneel en riant. Mark neemt daarnaast een stokbrood-tosti, met lekker veel erop. Michiel kiest een saucijzenbroodje, om het met dat van de RUG te vergelijken.

Het zitgedeelte van de kantine bevindt zich op een grote trap en is ruim opgezet. Door het grote glazen dak en de witte muren is de omgeving aangenaam licht. Het is hier blijkbaar wel de normaalste zaak van de wereld om de lege verpakkingen en vuile afwas op tafel te laten staan. Dit is zelfs zo in het speciaal met touwen afgezette lerarengedeelte. Al is het voor Hanzebegrippen heel bijzonder dat je zo dicht bij de leraren mag eten.



Als je op tijd bent, kun je met enige regelmaat van optredens genieten. Helaas zijn we net te laat om te kunnen lunchen met livemuziek: het bandje pakt net z'n spullen in. Van maandag tot en met donderdag kun je hier bovendien 's avonds voor vijf euro prima dineren.

Uitsmijters en wetenschappers

Een andere locatie op het Zernike waar je terecht kunt voor een avondmaal is het Sportcentrum van de ACLO. Voor iets meer dan zes euro voorziet een Sjoukje of Marianne je van een gevarieerde maaltijd.

Rond lunchtijd kun je hier ook lekker eten. Als het brood niet op is. Of de eieren. Of de koekenpan. Of de kok. Gelukkig lukt het ons bij de tweede poging alsnog uitsmijters te bemachtigen. Behalve Thomas; hij moet zich behelpen met de restjes chinees van het personeelsfeestje van vorige week.

Op het zonovergoten, rustige terras genieten wij van onze heerlijke uitsmijters. Naast de uitsmijters treffen we ook nog aardbeien aan, die verrassend zoet zijn voor het seizoen. Ook aan het slaatje is aandacht besteed. Onder tusschen eet Thomas z'n saté.

Binnen in het sportcafé is de sfeer ook gezellig. Tussen de donkerhouten tafels, planten en sfeerverlichting vinden we een pooltafel, een softijsautomaat en verscheidene staffleden. Ook zij hebben dit goede alternatief voor het restaurant in de Bakkerbunker blijkbaar ontdekt.

Bunkeren in de Bernoulliborg

We zijn weer thuis. Sinds kort is het restaurant in de Bakkerbunker de officiële eetgelegenheid voor de hele faculteit. Op een halve kilometer lopen vanuit gebouw 18 van het NCC, maar gelukkig moet alleen Thomas daaraan komen.

De inrichting is in lijn met de rest van het gebouw, dus niet erg praktisch. De kantine heeft geen duidelijke ordening, zo staan de voorverpakte broodjes zo ver mogelijk verwijderd van de verse varianten. De koffieautomaat wordt aan de voorkant geblokkeerd door de saladebar, en aan weerszijden door de rijen bij de kassa's.

Stijlvolle lunch in het Atrium

Het vaste assortiment is helaas wat karig: het komt neer op een take-away met soep en een saladebar. Gelukkig maken de naar smaak belegde broodjes en de wisselende “maaltijdjes” veel goed. Voor deze maaltijdjes moet je diep in de buidel tasten, maar dat is het zeker waard: de broodjes met gegrilde geitenkaas en spek zijn zo dik belegd dat er een prikker nodig is om ze bijeen te houden.

Neem genoeg geld mee, ook omdat de prijzen van de helft van de producten niet vermeld worden. Gelukkig is het vriendelijke en behulpzame personeel bereid ze voor ons op te zoeken in het kassasysteem.

Bij McDonald's gebruikt men felgekleurd meubilair om te voorkomen dat klanten langer blijven hangen dan strikt noodzakelijk. In de Bakkerbunker is men daarmee nog veel verder gegaan: de combinatie van kil TL-licht, spierwitte tafels en stoelen in alle kleuren van de neonregenboog doet pijn aan je ogen.

Om onze ogen rust te geven, kijken we naar buiten. Volgens de architect kijken we uit op een parkachtige omgeving; wij zien slechts modder. De volledig glazen wanden werken echter twee kanten op: wij zitten op onze beurt in een etalage.

Door tafels te gaan schoonmaken probeert men ons subtiel duidelijk te maken dat het restaurant gaat sluiten. Het is tenslotte al bijna half twee! Gelukkig zijn er doggybags voorhanden om de restjes van onze lunch in mee te nemen. Lastiger wordt het wanneer we onze dienbladen willen afruimen: waar is de speelkeuken? Bereid je voor op een flinke zoektocht.

Conclusie

Wie eens buiten de draaideur wil eten, doet er goed aan verder te kijken dan zijn vork lang is. Vooral de Hanzekantines zullen bij de meeste RUG-studenten wat minder bekend zijn. Zonde, want met deze gids in de linker hand en je chipknip in de rechter kun je hier prima

	RUG	Hanze
Melk 0.25L	€0,70	€0,55
Melk 0.5L	€0,90	€0,85
Vifit 0.25L	€1,00	€1,05
Vifit 0.5L	€1,70	€1,50
Vers sap klein	€1,50	—
Vers sap groot	€2,00	€2,00
Koffie klein	€0,35	€0,40
Koffie groot	€0,70	—
Sandwich	€2,70	€1,90
Vers belegde broodjes	€2-3	€2-3
Half stokbrood	€2,70	—
Pistoleet gezond	—	€1,65
Tosti	€1,50	€1,35
Saucijzenbroodje	€1,25	€1,10
Ham-kaas croissant	—	€1,65
Salade	€2,20	€2,05
(Sinaas)appel	€0,80	€0,45
Banaan	€0,80	€0,60

terecht—bij de meeste Hanzekantines althans. De kantine in het Techniekgebouw was zo slecht dat hij ons deed denken aan Windows ME, maaswater en Gamma-ducktape.

Waar we echt van schrokken was het prijsverschil tussen de Hanze en de RUG. Als je bijvoorbeeld een sandwich en een kopje koffie neemt, kun je in het Atrium voor slechts tien cent meer precies dezelfde sandwich krijgen, maar nu met een luxe cappuccino met koffiesiroop van de Australian; in een halfjaar heeft de RUG de prijzen van de sandwich met vijftig cent verhoogd, wat het verschil op tachtig cent brengt.

Uiteindelijk kunnen we het niet eens worden over welke kantine het best is. Het hangt er maar vanaf of je nog wat wilt lezen, of alleen maar wilt bijkletsen. •

winners
only

Battle of the brains.

Intellectuele krachtmetingen, we zijn er dol op bij Deloitte Financial Advisory Services. Een prikkelende stelling, een afwijkende mening: kom maar op. Dat houdt ons scherp. Alleen zo kunnen we ons doel bereiken: de beste zijn. De beste in kennis én in kunde. Een organisatie vol specialisten waarmee je probleemloos de discussie aan kunt gaan. In zo'n omgeving leer je veel en snel. Carrières kunnen hard gaan. Dat betekent dat zich ook steeds nieuwe carrièrekansen voordoen, en we voortdurend op zoek zijn naar nieuw talent. Zoals:

Financial Advisory Services

De specialisten van Deloitte Financial Advisory Services bieden bedrijven en overheden oplossingen voor complexe financiële transacties, kapitaalmarktvaagstukken, vastgoed en risicobeheersing. De werkzaamheden lopen uiteen van financieel advies bij grote bedrijfsovernames tot het realiseren van financiering voor grote nieuwbouwprojecten. Maar ook IFRS en waardebeoordeling van contracten en pensioenen komen aan bod. Omdat al deze vraagstukken specifieke kennis vereisen, richten onze consultants zich op deelgebieden van financieel advies.

In drie business units bundelen zij hun kennis: Transaction Advisory, Risk Advisory en Real Estate Advisory. Hoe verschillend de specialisten ook zijn, ze hebben één ding gemeen: het talent van de mensen die er werken. Onze cliënten dagen je namelijk voortdurend uit. Eigenschappen als overtuigingskracht en ambitie zijn daarom onmisbaar. Net als commercieel inzicht en een internationale oriëntatie. Herkenbaar? Dan is Deloitte Financial Advisory Services jouw beste carrièremove.

Kijk voor meer informatie op www.treasuringtalent.com en ontdek waar jouw talenten het best tot hun recht komen.

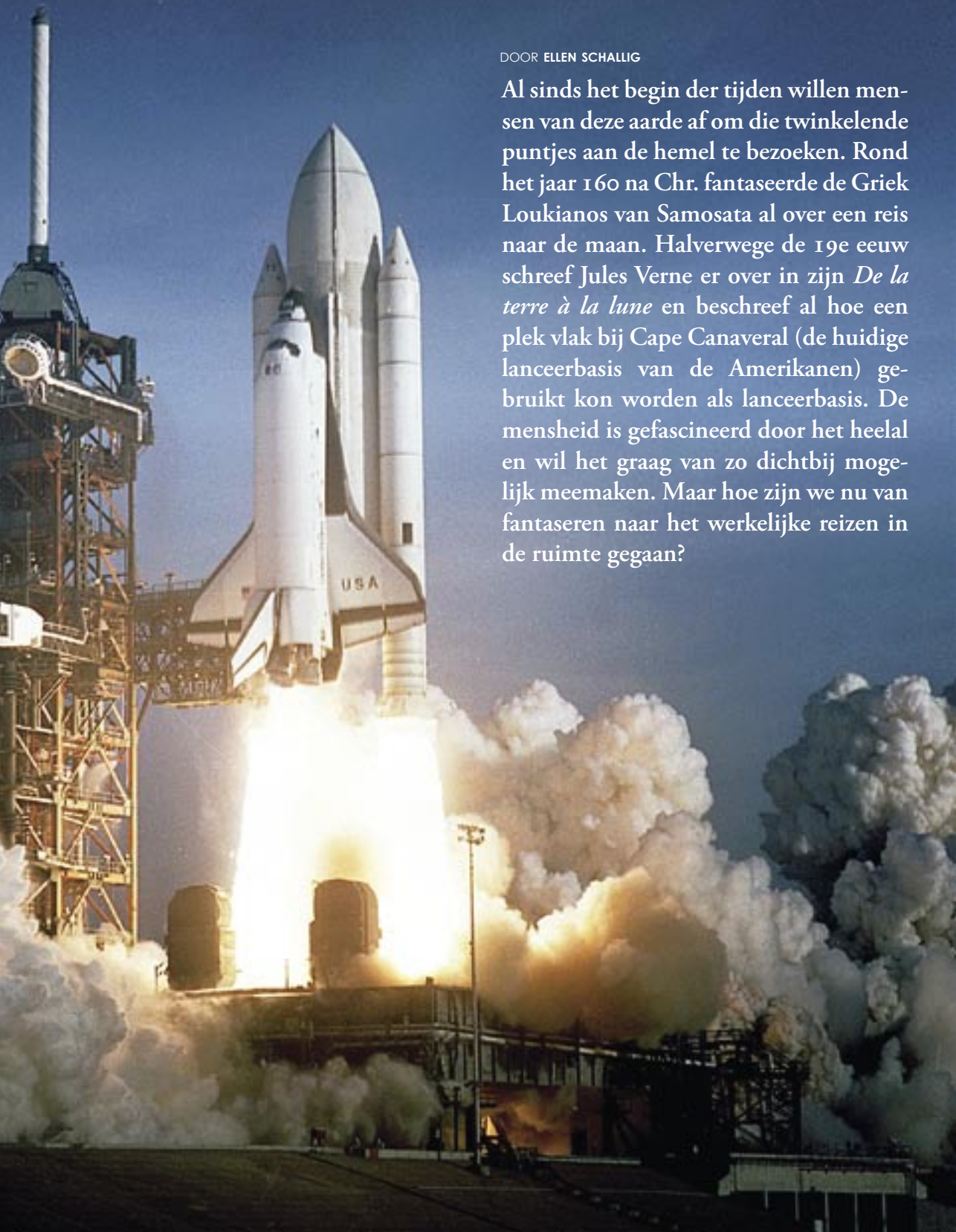
Deloitte.

Accountants • Belastingadviseurs • Consultants • Financieel Adviseurs •

TreasuringTalent.com

DOOR ELLEN SCHALLIG

Al sinds het begin der tijden willen mensen van deze aarde af om die twinkelende puntjes aan de hemel te bezoeken. Rond het jaar 160 na Chr. fantaseerde de Griek Loukianos van Samosata al over een reis naar de maan. Halverwege de 19e eeuw schreef Jules Verne er over in zijn *De la terre à la lune* en beschreef al hoe een plek vlak bij Cape Canaveral (de huidige lanceerbasis van de Amerikanen) gebruikt kon worden als lanceerbasis. De mensheid is gefascineerd door het heeal en wil het graag van zo dichtbij mogelijk meemaken. Maar hoe zijn we nu van fantaseren naar het werkelijke reizen in de ruimte gegaan?



Rond 1900 werkte de Rus Konstantin Tsjolkovski al aan de theorie achter de ruimtevaart. Hij publiceerde meer dan vijfhonderd werken over dit onderwerp, waarin hij tot in detail zaken als ruimtestations, luchtsluizen en gesloten biologische systemen voor zuurstof en voedsel beschreef. In zijn belangrijkste werk, *The Exploration of Cosmic Space by Means of Reaction Devices* uit 1903, berekende Tsjolkovsky dat de horizontale snelheid voor een lage baan rond de aarde (op zo'n 350 tot 1400 kilometer hoogte) minstens 29000 km/u moest zijn en dat dit bereikt kon worden met een meertrapsraket die aangedreven wordt door vloeibare zuurstof en vloeibare waterstof. Door dit werk, waarin voor het eerst een meertrapsmechanisme wordt beschreven, wordt Tsjolkovsky wel gezien als een van de vaders van de ruimtevaart.

Iets later, in de jaren twintig, was de Amerikaan Robert H. Goddard de eerste die een door vloeibare brandstof aangedreven raket lanceerde. Bij de eerste poging werd maar een hoogte van 12,5 meter bereikt en duurde de vlucht slechts 2,5 seconden. Bij latere pogingen haalden de raketten snelheden tot wel 885 km/u. Ook Goddard publiceerde een belangrijk werk: *A Method of Reaching Extreme Altitudes*. In dit boek beschrijft Goddard zijn wiskundige theorieën over raketvluchten, zijn onderzoek naar zowel door vloeibare als door vaste brandstoffen aangedreven raketten en de mogelijkheden die hij zag voor het verkennen van de ruimte.

Als gedachte-experiment had hij in zijn boek het sturen van een raket naar de maan opgenomen. Hierbij maakte hij nauwkeurige schattingen van de benodigde massa's. Goddard berekende zelfs hoeveel poeder ontstoken zou moeten worden om een op aarde zichtbare lichtflits te maken. Zijn conclusie was dat een raket met een startmassa van slechts een paar ton een op aarde net zichtbare flits kon produceren.

Een anonieme columnist van de New York Times viel over dit idee: de raket zou echt niet meer te versnellen of te sturen zijn als die zich in een vacuüm bevond. De columnist vroeg zich af of professor Goddard wel eens had gehoord van de actie-reactie relatie. In een vacuüm was er toch niks om je tegen af te zetten?

Negenveertig jaar later, op de dag na de lancering van de Apollo 11, stond in de New York Times een klein

artikelje waarin de column van 1920 werd samengevat en waarin de redactie van de Times duidelijk maakte dat men de grove fout betreunde.

Raketten schieten

In Duitsland was Hermann Oberth al van jongs af aan geïnteresseerd in ruimtereizen, en wel door Jules Vernes boeken *De la terre à la lune* en *Autour de la lune*. Al vanaf zijn veertiende bouwde en lanceerde Oberth raketten en al op jeugdige leeftijd kwam hij tot het concept van een meertrapsraket (zonder dat hij eerdere werken kende). In 1922 zou Oberth promoveren, maar zijn proefschrift op het gebied van rakettechnologie werd afgewezen omdat het te idealistisch was. Hierop besloot hij om niet een ander proefschrift te schrijven, maar te bewijzen dat hij zonder doctorstitel een betere wetenschapper kon zijn dan anderen mét.

Oberth werd lid van de Verein für Raumschiffahrt, een groep van amateurraketbouwers, waar hij fungeerde als een soort mentor voor alle enthousiastelingen. Later, Oberth was inmiddels bij een andere professor gepromoveerd op hetzelfde proefschrift, schoot hij bij de technische universiteit van Berlijn zijn eerste vloeistofaangedreven raket af, geholpen door zijn studenten.

Onder hen bevond zich Wernher von Braun, die zou uitgroeien tot een van de belangrijkste figuren op het gebied van rakettechnologie in de twintigste eeuw. Tijdens het naziregime in Duitsland werd Von Braun gezet op de ontwikkeling van raketten om de geallieerden mee aan te vallen. Von Braun had al veel ervaring met raketten: ook hij was op een deelgebied van rakettechnologie gepromoveerd. Hij gebruikte onder andere Goddards werk om de A-4, nu beter bekend als de V-2, te ontwerpen. De A-4 was de eerste ballistische raket (een raket die in een baan binnen de atmosfeer blijft en bedoeld is om een explosief 'af te leveren').

De Russen komen!

Aangezien 1958 was uitgeroepen tot het Internationaal Geofysisch jaar, maakten de Sovjet-Unie en de Verenigde Staten zich op om ergens in dat jaar de eerste satellieten in een baan om de aarde te brengen. Maar al op 4 oktober 1957 lanceerde de Sovjet-Unie, zomaar vanuit het niets, de Spoetnik 1. Deze satelliet, een aluminium bol



van ongeveer 83 kilogram met een doorsnede van 58 centimeter, werd met behulp van een omgebouwde R-7 raket, de eerste intercontinentale ballistische raket, in een baan om de aarde geschoten.

Amerika had zich tot 1957 als de absolute leider in ruimtetechnologie beschouwd, maar door de lancering van Spoetnik 1 veranderde dit drastisch: de Amerikaanse regering kreeg een flinke klap te verwerken, met de Spoetnikcrisis als gevolg. Daar kwam nog bij dat de eerste twee lanceringen van de Amerikanen op zijn zachtst gezegd mislukkingen waren. Er moest een nieuwe weg worden ingeslagen, wat in 1958 leidde tot de oprichting van de *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Deze nieuw gevormde instantie had een grote oppopper nodig om in de race te kunnen blijven, en deze kwam onder andere in de vorm van Wernher von Braun, vlak na de oorlog naar Amerika gehaald in het kader van *Operation Paperclip*.

Een ander gevolg van de crisis was dat het onderwijs rigoureuus op de schop ging; vanaf dat moment kregen kinderen al op jonge leeftijd op een andere manier wiskundeonderwijs, om met de uitstekende wiskundigen van de Sovjet-Unie te kunnen wedijveren (later werd deze verandering weer ongedaan gemaakt, omdat het een grote flop bleek te zijn). Ook werd de hoeveelheid beschikbaar geld voor onderzoek naar ruimtereizen gigantisch verhoogd.

Toen Amerika weer een beetje bekomen was van alle heisa rond Spoetnik 1, begon de ruimtewedloop. Welke grootmacht kon het snelst de ruimte veroveren? NASA's eerste programma, *Project Mercury* (naar de Romeinse god Mercurius, de belichaming van snelheid), betrof onderzoek naar bemande ruimtevaart. De eerste vraag die beantwoord moest worden, was of mensen wel kunnen overleven in de ruimte.

There and back again

Ondertussen zaten de Sovjets ook niet stil. Na de eerste, succesvolle lancering van de Spoetnik 1 werd

het Spoetnikprogramma al op 3 november 1957 uitgebreid met een tweede lancering: met de Spoetnik 2 werd het eerste levende wezen, het hondje Laika, de ruimte in geschoten. Laika overleefde de vlucht niet; ze was al doodgegaan aan stress voordat de satelliet bij terugkomst verbrandde in de atmosfeer. Spoetnik 5 was de eerste satelliet waarin levende wezens (honden, muizen, ratten en planten) weer ongeschonden aankwamen op aarde. Dit was een prima uitgangspunt voor bemande ruimtevluchten, en zo was Joeri Gagarin op 12 april 1961 de eerste mens in de ruimte, aan boord van de Vostok 1.

De Vostok 1 werd gelanceerd vanaf de Sovjetbasis Bajkonoer, in het huidige Kazachstan. (Nog steeds huurt Rusland zo'n 6000 vierkante kilometer van Kazachstan, ten behoeve van de basis met al zijn faciliteiten.) De vlucht duurde maar 108 minuten en behelsde één omloop rond de aarde. Gagarin hoefde niets te doen, alles was al ingeprogrammeerd.

We springen een stukje verder op de tijdlijn, naar 1969. Want ook al hadden er in de tussenliggende jaren ontelbare missies met belangrijke mijlpalen plaatsgevonden, dé gebeurtenis, waarvoor vijfhonderd miljoen mensen aan de buis gekluisterd zaten, was het moment waarop Neil Armstrong op 21 juli zijn voet op de maan zette en sprak: *"That's one small step for a man, one giant leap for mankind."*

Neil Armstrong, Buzz Aldrin en Michael Collins vormden de crew van Apollo 11, de elfde missie van het programma dat als doel had om mensen op de maan te zetten. Het Apolloprogramma was erg succesvol: er waren geen doden tijdens missies te betreuren en meerdere malen werden mensen op de maan gezet. Een van de missies (Apollo 13) is zelfs verveeuwigd op film. Sinds de stekker in 1972 uit het programma is getrokken, heeft echter niemand meer op de maan gestaan.

Voor een schijntje de lucht in

NASA kwam als eerste met het idee om een nieuwe missie uit te rusten met herbruikbare onderdelen. In 1976 rolde het eerste resultaat uit



de hangar: de Enterprise, een testmodel. En jawel, deze naam was ingegeven door Trekkies. Het duurde nog tot 1981 voordat de eerste missie plaatsvond. Inmiddels waren vijf andere shuttles gebouwd: Atlantis, Challenger, Columbia, Discovery en Endeavour. Columbia mocht als eerste de ruimte in, met John Young en Robert Crippen.

Het lukte NASA niet om het systeem volledig herbruikbaar te maken: de grote brandstoftank is voor eenmalig gebruik en de *rocket boosters* en shuttles moeten na elke missie grondig opgelapt worden. De kosten om iets in een baan om de aarde te brengen zijn echter wel gedaald.

Helaas zijn er de nodige catastrofes geweest met de shuttles. De eerste was in 1986: Challenger explodeerde 73 seconden na de start doordat een O-ring (een rubberen afdichting) niet goed werkte en er brandstof lekte. In 2003 explodeerde Columbia bij terugkomst in de atmosfeer, doordat een stuk van het hitteschild tijdens de start beschadigd was.

De Boeran, de Sovjetversie van de Space Shuttle, heeft nooit doden op zijn geweten gehad. Dit is ook niet zo'n prestatie, aangezien de enige echte vlucht een onbemande was. Tien jaar na de start van het programma leverden de Sovjets in 1986 de eerste orbiter af. In 1988 vond de allereerste en enige vlucht van Boeran 1.01 plaats. Behalve deze shuttle zijn er nog vier gebouwd, samen met een achttal testshuttles. Die laatste werden onder andere gebruikt voor onbemande vluchten binnen de atmosfeer en het doornemen van het draaiboek van de bemanning. Het was de bedoeling om met de Boeran en de launcher Energia het ruimtestation Mir te bevoorraden, maar omdat het programma steeds verder slonk, werden deze plannen opzij geschoven. Uiteindelijk is het Boeranprogramma mede door een gebrek aan geld in 1993 helemaal stopgezet.

Door de treffende gelijkenis tussen de Boeran en de Space Shuttle wordt wel gedacht dat de Sovjet-Unie een aantal zaken heeft afgekeken van de Verenigde Staten. Als dit al het geval was, dan zullen het niet de meest gedetailleerde plannen zijn die de Sovjets in handen kregen. Tussen beide soorten shuttles bestaan namelijk grote verschillen; zo was niet de Boeran, maar de gebruikte launcher het belangrijkste onderdeel van het Russische programma en kon de Boeran al vanaf het begin automatisch landen, terwijl dit bij de Space Shuttles pas veel later is geïmple-



De Boeran op het grootste vliegtuig ter wereld: de Antonov An-225.

menteerd. Daarnaast werken de Space Shuttles op vaste brandstoffen, terwijl de Boeran het met gevaarlijke vloeibare brandstoffen moest doen.

Behalve met de Boeran was de Sovjet-Unie begin jaren tachtig ook bezig met het ontwikkelen van een ruimtestation dat langdurig in de ruimte kon verblijven. Men had al ervaring opgedaan met de Saljoets, ruimtestations die een levensduur hadden van ongeveer een jaar. Nu was het de beurt aan Mir. Zij werd in 1986 gelanceerd en heeft behalve Sovjetraketten ook Space Shuttles aan haar deuren gehad. Dit laatste was pas in de jaren negentig, waaruit blijkt dat het heel lang heeft geduurd voordat de internationale samenwerking echt op gang kwam.

Op naar de sterren, en daar voorbij!

Mir is inmiddels niet meer. In 2001 mocht het ruimtestation weer afdalen naar de aarde, waarbij het boven de Stille Oceaan in stukken uiteen brak. In de plaats van Mir kwam iss (International Space Station), een samenwerkingsverband tussen de Verenigde Staten, Rusland en Europa. Het verkennen van de ruimte is allang niet meer een krachtmeting tussen twee grootmachten; steeds meer landen doen mee. China heeft inmiddels al een aantal Chinezen in de ruimte gekregen met behulp van eigen programma's en ook verschillende kleinere (en significant armere) landen willen satellieten in een baan rond de aarde brengen. Meer en meer satellieten, telescopen en mensen worden met raketten de ruimte in geschoten.

Nog even en we staan op Mars. Dat wil zeggen, als we de aarde nog afkunnen door al het ruimtepuin om ons heen. •

Wiskundige bewijzen met behulp van de computer kun je niet zomaar over één kam scheren. Aan de ene kant kun je een bewijs invoeren in de computer, en dan met behulp van een computerprogramma het bewijs meticulous nalopen. Aan de andere kant kun je een deel van het bewijs dat met de hand teveel werk is, uitbesteden aan de computer. Een goed voorbeeld van het tweede soort bewijs is het bewijs van de vierkleurenstelling.

De computer bewijst

In 1879 leverde Alfred Kempe een bewijs dat elke landkaart met vier kleuren zodanig in valt te kleuren, dat geen enkel land dezelfde kleur heeft als een aangrenzend land. Percy John Heawood vond elf jaar later een fout in dit bewijs en wist het bewijs te repareren, maar wel tot een zwakker resultaat: elke landkaart is met vijf kleuren in te kleuren. Hij definieerde hiervoor een *onvermijdbare verzameling*: een verzameling van regio's (groepen landen) die zodanig is samengesteld dat iedere landkaart tenminste één van de regio's uit deze verzameling bevat. Vervolgens stelde hij dat, als er een tegenvoorbeeld is (een landkaart die niet met vijf kleuren te kleuren is), er ook een kleinste tegenvoorbeeld moet zijn. Dit liet hij resulteren in een tegenspraak, door te bewijzen dat elk element uit de eerdergenoemde onvermijdbare verzameling reduceerbaar was, wat precies betekent dat zo'n regio niet voorkomt in een minimaal tegenvoorbeeld. Het bewijs was goed te volgen, omdat de gebruikte verzameling maar een handjevol regio's bevatte.

Kenneth Appel en Wolfgang Haken bewezen bijna een eeuw later (1976) de vierkleurenstelling op grofweg dezelfde manier. Maar hun onvermijdbare verzameling was veel groter: maar liefst 1936 verschillende regio's moesten op reduceerbaarheid worden gecontroleerd door de computer. Dit bewerkelijke, moeilijk te verifiëren bewijs riep veel kritiek op. Een criticus van het bewijs merkte op dat een goed wiskundig bewijs als een gedicht is, en dit bewijs als een telefoonboek.

Dit is niet zomaar een oppervlakkig bezwaar van een ijdele wiskundige. Wiskundigen willen hun wiskunde met goede redenen mooi hebben. Bewijzen op zich hebben weinig echte waarde: de wereld heeft er weinig aan gehad dat de Laatste Stelling van Fermat is bewezen. Veel mensen vergeten de tweede belangrijke functie van een goed

bewijs: ontdekken van nieuwe wiskunde. Om de Laatste Stelling van Fermat te bewijzen, zijn hele nieuwe gebieden van de wiskunde ontdekt en ontwikkeld. Daarnaast geeft het bewijs zelf vaak inzicht in de wiskundige structuren die achter een vraagstuk schuilgaan. Brute-force met de computer bewijzen leert je niets. Je ontdekt geen nieuwe wiskunde, verschaft geen nieuwe inzichten.

Een ander belangrijk bezwaar is dat het bewijs lastig te verifiëren is. Omdat de computer de vierkleurenstelling had bewezen moet je maar hopen dat er geen fout in het programma, de compiler, het besturingssysteem, het geheugen of de processor zat. Veel wiskundigen bleven hierom het bewijs wantrouwen.

Stellingbewijzers

Aan dit wantrouwen kwam grotendeels een einde toen iemand in Coq bewees dat het bewijs correct was. Coq is een geautomatiseerde stellingbewijzer, waarmee we op de andere categorie van bewijzen komen: het verifiëren van bewijzen met behulp van de computer. Hierbij loopt de stellingbewijzer je bewijs secuur na en wijst je op elke stap die niet volkomen vanzelfsprekend is. De naam 'stellingbewijzer' is dan ook wat misleidend: de stellingbewijzer verifieert slechts of jouw bewijs voor een stelling wel correct is. De gebruiksvriendelijker stellingbewijzers helpen je ook met het opstellen van zo'n bewijs, en zijn in staat dingen voor je uit te rekenen.

Als een bewijs eenmaal met een stellingbewijzer is bewezen, is er nog maar één onzekerheid: de stellingbewijzer zelf. Daarom wordt het programma bij voorkeur zo klein mogelijk gehouden, zodat te verifiëren valt dat de stellingbewijzer niet iets onwaars kan bewijzen.

Rest nog de vraag wat het nut van dit alles is: wiskundigen kunnen stellingen toch al bewijzen? Dit is misschien wel waar, maar toch gebeurt het nog vaak dat er fouten in dergelijke bewijzen zitten. Zo heeft het bij het eerste bewijs van bovengenoemde vierkleurenstelling elf jaar geduurd totdat de fout was gevonden. Bij het bewijs van de Laatste Stelling van Fermat zijn er maar enkele wiskundigen die het volledige bewijs begrijpen; als buitenstaander moet je maar hopen dat ze niet een subtiel foutje over het hoofd hebben gezien. Wanneer je echter de Laatste Stelling met een stellingbewijzer zou bewijzen, staat hij voor eens en altijd onomstotelijk vast. •

Dancing and the Stars

DOOR CORINE MEINEMA

De meeste FMF'ers doen meer dan de hele dag studeren. Ze hebben verschillende hobby's, extreme passies of een rare fetisj. In deze en volgende Periodieken nemen we een aantal FMF'ers onder de loep. We beginnen met Gergö Popping, derdejaars sterrenkundestudent met een passie voor... ballet!

Op zijn vierde was de kleine Gergö al druk aan het springen en bewegen op muziek, waardoor zijn ouders het idee kregen hem op balletles te doen. Ze dachten dat hij na een paar jaar een 'normale' hobby zou nemen, zoals tennis. Gergö had het inderdaad op zijn negende een beetje gezien met ballet en besloot te stoppen toen het jaar afgelopen was. Maar zijn docent had oog voor talent en vroeg of Gergö auditie wilde doen voor het Koninklijk Conservatorium in Den Haag. De auditie was een succes, Gergö werd aangenomen en kon beginnen aan zijn balletcarrière. Dit zou wel betekenen dat hij in Den Haag bij een gastgezin zou komen te wonen en van negen tot vijf met ballet bezig zou zijn. Dit zag hij niet zo zitten. Gergö bleef in Groningen waar hij in een hogere groep werd geplaatst en het ballet werd hierdoor toch weer een uitdaging.

De situatie bleef een aantal jaren gelijk. Hij trainde een paar uur per week, een professionele danscarrière in het achterhoofd houdend. In de zomervakantie tussen de vijfde en zesde klas trainde hij een week mee bij de

balletschool in Den Haag. Dit was een week dansen op topniveau. Even dacht Gergö eraan om naar Den Haag te verhuizen, maar dansen op topniveau kent een duistere zijde. Het trainen is zwaar en de sfeer niet zo goed. Vanaf je negende word je daar gedruild om later professioneel balletdanser te worden. Je bent vijf uur per dag aan het trainen, maar de rest van de tijd ben je ook met dans bezig. Je gaat zelfs naar een speciale school die rekening houdt met jouw dansprogramma. De concurrentie is groot en daar is de sfeer ook naar. De tweede dag had Gergö al ruzie met een docent, omdat hij teveel dingen vroeg en niet gewoon luisterde.

In het begin van de zesde besloot Gergö dat hij na zijn eindexamens naar de dansacademie zou gaan om daar de nodige bijspijkerkursussen te volgen. Toch zette hij halverwege de zesde deze gedachte weer opzij. Hij zag de studie sterrenkunde en klooien met getaltes wel zitten. Door het studeren werd dansen iets leukers naast de studie. De druk was van de ketel en zo kreeg hij nog meer plezier in het dansen.

In het tweede jaar van zijn studie werd hij gevraagd balletles te geven aan een groep jongens van ongeveer tien jaar. Dit beviel hem en zijn huidige baas goed en op dit moment geeft hij meer groepen les. Daarnaast traint hij zelf drie uur per week en af en toe heeft hij een uitvoering van verschillende instanties buiten zijn balletschool om.

Hij zegt wel redelijk voordeel te hebben dat er zo weinig mannen zijn die deze hobby beoefenen. De mannen zijn schaars en daarom is de concurrentie minder groot. In het amateurwereldje kom je gemakkelijker aan een hoofdrol, omdat men liever een man de mannenrol laat spelen dan een vrouw. Als hij een vrouw was geweest, had hij de mogelijkheid om na de middelbare school nog uitvoerend klassiek danser te worden waarschijnlijk niet gehad.

Op 6 en 7 juni kun je Gergö bewonderen in Martini Plaza, in een uitvoering van balletschool Wanda Kuiper. •



30 | What Is Relativity?

DOOR MARK IJBEMA

Ik zat me juist af te vragen welk boek ik zou gaan reviewen toen Ellen me *What Is Relativity* in de handen drukte. “Misschien moet je deze eens lezen!” Toen ik de achterkaft bekeek, zag ik dat het een Dover herdruk betrof: dat belooft veel goeds.

Dover is een uitgever die veel herdrukken van goede wiskundige boeken op zijn naam heeft staan, waarvan ik enkele met veel plezier heb gelezen. Veelal betreft het boeken waarvan de oorspronkelijke drukken zijn uitverkocht, maar waar nog wel veel vraag naar is. Vaak zijn dit dan ook wat oudere boeken. Zo ook *What Is Relativity* van L.D. Landau en G.B. Rumer, dat oorspronkelijk in 1960 werd gepubliceerd.

Het boek legt als eerste uit wat relativiteit nu eigenlijk is. Hiertoe neemt het eerst alledaagse begrippen als links en rechts. Wanneer je zegt dat een huis rechts van een weg staat, dan is dat betekenisloos, tenzij je zegt vanaf welke kant je komt. Dat maakt de begrippen links en rechts ‘relatief’. Ook onder en boven zijn relatief: wat voor ons onder is, is voor mensen in Australië boven, en andersom.

Dan gaat het boek verder met andere gevallen van relativiteit, en komt via ruimte en de lichtsnelheid aan bij de relativiteit van tijd. Dit lijkt heel raar: hoe kan tijd nu relatief zijn? Op dit punt blijkt pas waarvoor de langzame opbouw en vele voorbeelden zo handig waren. Want waar wij nu de relativiteit van tijd raar vinden, vonden mensen vroeger de relativiteit van boven en beneden ook raar. Dit werd pas logisch toen mensen duizenden kilometers konden reizen en erachter kwamen dat de aarde rond was. Zo voelt de relativiteit van tijd raar aan omdat we weinig in aanraking komen met snelheden die bij de lichtsnelheid in de buurt komen.

Aangezien ik me niet eerder had verdiept in de relativiteitstheorie, was het voor mij zeker een interessante introductie. De hele theorie wordt heel intuïtief uitgelegd, zodat je niet alleen de formules weet, maar ook een beetje gevoel krijgt voor de materie.

Opvallend is de toegankelijkheid van het boekje: niet alleen is het begrijpelijk geschreven en bouwt het heel rustig op, het geheel is ook voorzien van vele koddige tekeningetjes die de concepten illustreren. Hierdoor zullen ook mensen die zich op de middelbare school hebben laten afschrikken door wis- en natuurkunde dit boekje best kunnen waarderen.



aan expertise is hier echter geen sprake: Landau is Nobelprijswinnaar in de Natuurkunde, en Rumer een gerespecteerd collega.

Waarschijnlijk zal dit boek voor de natuurkundige weinig nieuws bevatten, maar voor de geïnteresseerde informaticus of wiskundige is dit een eenvoudig, verhelderend relaas. Gezien de dikte van het boekje (65 pagina's) heb je het in een uurtje of twee uit, en om de prijs hoeft je het ook niet te laten: je hebt dit boekje al voor minder dan zes euro in huis. •

Wel is het belangrijk om bij boeken voor de leek goed op te passen dat je geen onzin voorgeschoteld krijgt. Vaak worden zaken nodeloos vereenvoudigd, of lijkt het boek interessant, maar lees je eigenlijk niets nieuws. Vooral wiskundeboeken geschreven door niet-wiskundigen lijden hier vaak aan. Van een gebrek

Contracting & Procurement
Finance
Human Resources
Information Technology
Sales & Marketing
Supply & Distribution
Trading

At Shell, you won't have to wait for opportunities to come along. You'll be out there pursuing your career in a fast-moving business.

We'll give you the support and training you need to drive ahead. It's all about creating a win-win partnership: you maximise your personal development, we enjoy the benefit of your talent.

As a graduate coming on board, you'll be contributing from day one. Real projects, real responsibility and a real chance to prove yourself.

So if you want to achieve more in your career, get together with Shell. You can make your online application right now – just visit our careers website.

Shell is an Equal Opportunity Employer.

www.shell.com/careers

Pursue it

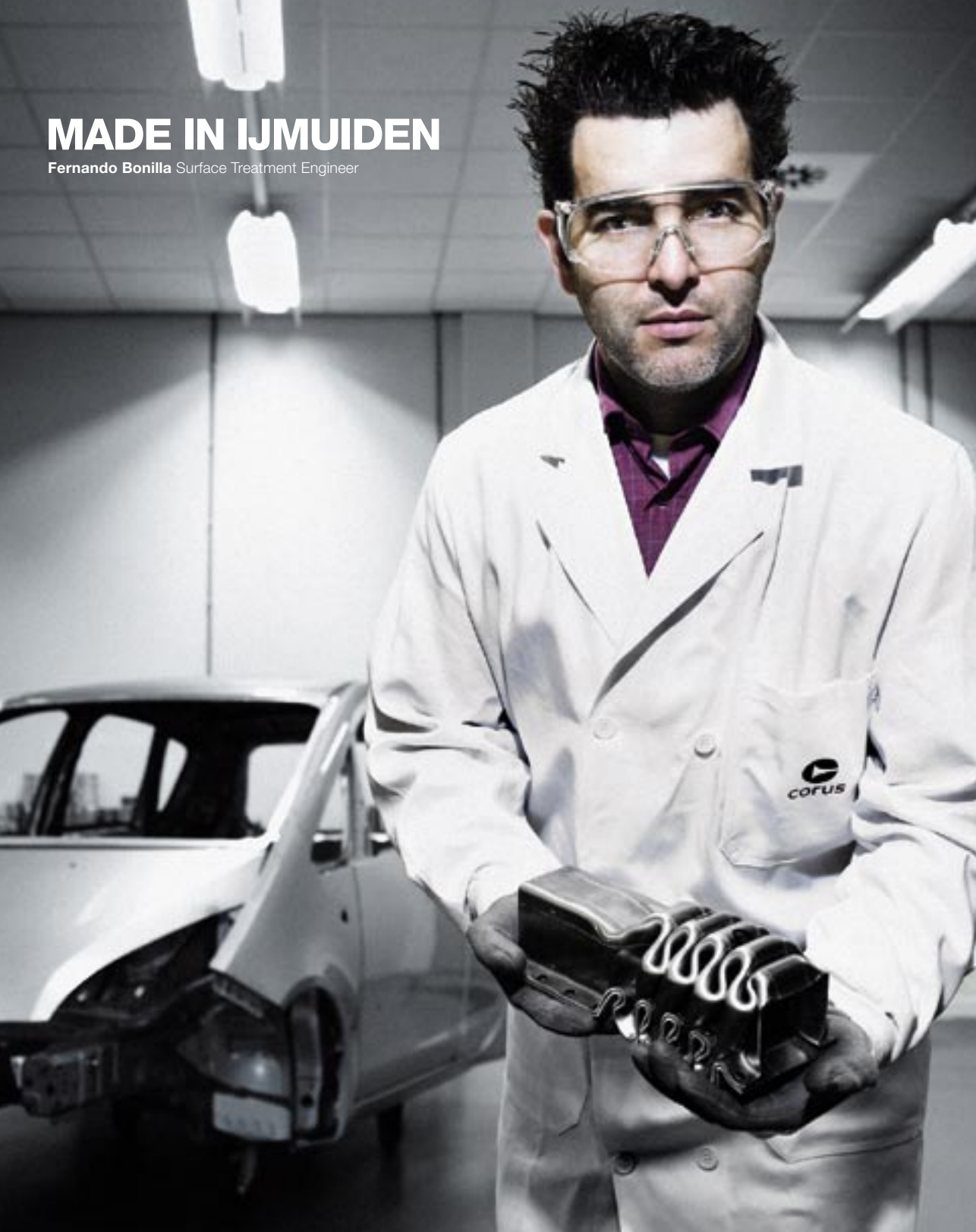
A more exciting
career experience

Achieving more together



MADE IN IJMUIDEN

Fernando Bonilla Surface Treatment Engineer



Fernando startte in 2006 in IJmuiden en werkt nu bij de afdeling Surface Technology & Durability. Hij wil net als jij zijn kennis van materialen toepassen en zichzelf verder ontplooiën. Koos daarom voor Corus in IJmuiden, een van de beste staalbedrijven ter wereld. Wil jij het ook maken in IJmuiden? Corus zoekt talenten voor een baan in Research, ICT, Product Development, of Engineering. **Kijk op corusjobs.nl**



DOOR TWAN VAN LAARHOVEN EN KASPER DUIVENVOORDEN

Misschien heb je op de middelbare school wel eens meegedaan aan de Informatica, Natuurkunde of Wiskunde Olympiade. Maar wist je dat dit soort wedstrijden ook op universitair niveau worden georganiseerd? De periorredactie vroeg enkele no-toire knappe koppen uit de doeken te doen hoe zo'n wedstrijd in elkaar steekt, en waarom zij deze zo leuk vinden.

Voor vrijwel alle FMF-studies is wel een wedstrijd. Zo heeft wiskunde de LIMO, natuurkunde de PION, en informatica de BAPC en de IWI-programmeerwedstrijd. Alleen sterrenkunde kent voorzover ons bekend niet een dergelijke olympiade.

Compileren is fijn

Op een zonnige zaterdagmiddag in juni zitten tientallen studenten gehaast te programmeren in de practicumzalen. De jaarlijkse IWI-programmeerwedstrijd is weer bezig.

Bij de naam programmeerwedstrijd krijg je misschien een beeld voor ogen van mensen die druk zitten te typen achter een toetsenbord. Maar typen is helemaal geen programmeren; programmeren gaat om nadenken. En daar is geen computer bij nodig. Een programmeerwedstrijd is eigenlijk een puzzelwedstrijd. De puzzels zijn van de vorm "maak een programma dat y berekent, gegeven x ": kun jij, gegeven een tentamenrooster, een optimaal studieschema maken?

Bij de IWI-programmeerwedstrijd heeft elk team een eigen overlegruimte. Hier worden de opgaven uitgewerkt en wordt de meeste tijd doorgebracht. Het programmeren gebeurt op papier en whiteboard. Pas als er een algoritme is bedacht, wordt het toetsenbord erbij gepakt.

Als er eindelijk een implementatie gemaakt is, is het tijd om die in te sturen. De uitwerking wordt vervolgens automatisch gecontroleerd aan de hand van een testset. Binnen enkele seconden komt het verlossende woord. Hopelijk is dat CORRECT, maar vaker zul je WRONG OUTPUT of TIME LIMIT EXCEEDED zien.

De teams bij deze wedstrijd bestaan uit maximaal vier personen. Het loont om mensen met verschillende kwalificaties in een team te verenigen. Zo is het handig om iemand in je team te hebben die goed kan coden en ie-

mand met wiskundig inzicht. Misschien loont het zelfs om een zuiver wiskundige in je team te hebben.

De wedstrijd duurt vijf uur en er zijn ongeveer tien opgaven. De winnaar is het team dat de meeste opgaven correct oplost. Bij gelijkspel wordt gekeken naar de som van de tijden van inzending. Het team dat alles in het begin van de wedstrijd doet, zal winnen van het team dat de opgaven pas aan het einde instuurt. De makkelijkste opgave wordt meestal binnen een kwartier opgelost, de lastigste soms helemaal niet.

Wat beweegt een mens om vrijwillig deze frustratie te ondergaan? Zoals de website van de IWI-programmeerwedstrijd zegt: "geld, studiepunten, aanzien en eeuwige roem." Maar bovenal is het gewoon heel leuk!

De twee belangrijkste wedstrijden voor de Groningse programmeur zijn de IWI-programmeerwedstrijd en de BAPC (Benelux Algorithm Programming Contest). De BAPC is officieel dan wel internationaal; in de praktijk doen vrijwel alleen Nederlanders mee. De opzet van deze wedstrijden is voor een groot deel gelijk. Een belangrijk verschil is dat bij de landelijke wedstrijd meer deelnemers en grotere prijzen zijn. Verder ontbreken daar de overlegruimtes; blijkbaar is men in de rest van Nederland nog niet overtuigd van het belang van nadenken.

In feite is het spelen

Elk jaar wordt er onder de naam PION een landelijke interuniversitaire natuurkundewedstrijd georganiseerd. PION staat voor Project Interuniversitaire Olympiade Natuurkunde. Samen met drie andere studenten strijd je om de felbegeerde eerste prijs, die inhoudt dat je het komend jaar PION in je eigen stad mag organiseren.

Een gemiddelde PION-dag begint vroeg, aangezien een reis naar een andere stad al snel meer dan twee uur draagt. Al in de trein kan het onderscheid tussen de strate-

giën van verschillende teams waargenomen worden. Het ene team stampst nog even snel de Maxwellvergelijkingen in het hoofd, terwijl het andere team nog even wat slaap meepakt om zo lekker fris aan de start te verschijnen.

Voorafgaand aan de wedstrijd wordt eerst een lezing gegeven. Niet alleen om het brein de tijd te geven om goed op te starten, maar ook opdat de laatkomers niet meteen een tijdshandicap hebben. Na de lezing wordt er vaak voor gekozen om een lunch aan te bieden. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat studenten over het algemeen goed presteren op een volle maag. Zo kan dus ook de minder bedeelde student een eerlijke strijd aangaan.

Na deze formaliteiten begint de wedstrijd! Met een team van vier bachelorstudenten, waarvan eventueel een vierde- of vijfdejaarsstudent, heb je drie uur de tijd om twaalf opgaven op te lossen. Het niveau van deze opgaven moet niet onderschat worden. Voor diegenen die bekend zijn met het fenomeen Natuurkunde Olympiade: de opgaven van PION zijn echt lastiger. Maar laat je niet afschrikken: vaak heeft het winnende team minder dan de helft van de punten weten binnen te halen.

Natuurlijk kan na drie uur lang bloed, zweet en tranen een borrel niet uitblijven. Tijdens deze borrel wordt vaak nog een technisch gehalte gegeven aan de hele wedstrijd. Dit in de vorm van een klein proefje met maizena, vloeibare stikstof of iets anders spectaculairs.

Na een korte prijsuitreiking krijgen de deelnemers een etentje aangeboden. Dit etentje kan plaatsvinden in een plaatselijke pizzeria of je kunt een driegangenu voorgeschoteld krijgen. Dit is geheel afhankelijk van het budget van de organisatie.

Bewijzen, dat wat ieder weet

LIMO is zeer vergelijkbaar met PION. Het grote verschil is echter dat het voor wiskundigen is bedoeld. LIMO staat voor Landelijke Interuniversitaire Mathematische Olympiade. Ook zijn de reglementen bij LIMO iets soepeler: er kan ook een hogerejaarsstudent deelnemen in een team. Dus niet alleen een vierde- of vijfdejaars, maar zelfs negendejaars zijn nog welkom.

LIMO heeft een veel kortere geschiedenis dan andere wedstrijden. Het is voor het eerst in 2005 in Leiden ge-

organiseerd omdat de natuurkundige variant een groot succes was. Dit is dan ook de reden dat LIMO en PION zoveel overeenkomsten tonen. Ook LIMO bleek een groot succes te zijn. Er is misschien geen technisch gedeelte maar dit maakt de borrel er niet minder op. LIMO sluit ook af met een gezellig etentje waar onder het genot van (weer) een biertje ook andere dingen besproken worden dan alleen de schoonheid van de formules van Euler.

Ter afsluiting

Meedoen met een interuniversitaire wedstrijd is gaaf. Informatica heeft het zelfs zo goed voor elkaar dat er in Groningen een onderlinge wedstrijd wordt georganiseerd. Kortom, het is zeker aan te raden om met een van deze wedstrijden mee te doen. Kijk op de websites of wacht de promo van het bestuur af! •



Data wedstrijden dit jaar:

PION: 30 mei in Leiden,	pion2008.nl
LIMO: 23 mei in Leiden,	limo2008.nl
IWI-PW: 24 mei,	www.wing.rug.nl/~PW
BAPC voorrondes: 4 oktober	fmf.nl
BAPC: 25 oktober in Delft,	bapc.nl

Al lange tijd beweren mensen dat ze de bubbeltjes van net ingeschonken Guinness naar beneden zien gaan in plaats van naar boven. Of de bubbeltjes echt naar beneden gaan of dat het een illusie is die versterkt wordt door de al geconsumeerde alcohol, was lang onduidelijk. Gelukkig zijn twee wetenschappers erin geslaagd om met Guinness te experimenteren en nuchter te blijven, zodat wij rustig van ons biertje kunnen genieten zonder dáárover koppijn te krijgen.

Andy Alexander (Stanford University) en Dick Zare (University of Edinburgh) hadden al in 1998 in de kroeg wat experimenten gedaan met Guinness. Helaas was het een slechte omgeving om proefjes te doen en ook de alcohol zorgde ervoor dat de resultaten niet voldoende academisch verantwoord waren. De twee heren dachten dat de zwarte vloeistof (Guinness is niet zwart, dus hier waren ze al de fout ingegaan) die omlaag bewoog, de illusie gaf dat de bubbeltjes omlaag bewogen. Twee jaar later probeerden de mannen het nog eens, met een (gewone) digitale camera. Opnieuw was het experiment mislukt. De kwaliteit van de camera was niet goed genoeg om de kleine bubbels goed te zien.

In 2002 had professor Clive Fletcher (University of New South Wales) net een computersimulatie gedaan waarin werd aangetoond dat bubbeltjes echt naar beneden kunnen gaan. Nadat de twee heren dit gehoord hadden, besloten ze om voor eens en altijd de belletjes goed op video vast te leggen. Dit keer werd er zwaar geschut bij gehaald: de Kodak HS4540 hogesnelheidscamera, die 4500 beeldjes per seconde kan schieten. Onder een kijkhoek van 3 millimeter en met 6 keer optische zoom werden eindelijk de bubbels, tussen 40 en 120 micrometer groot (ongeveer de dikte van een menselijke haar), zichtbaar. En ja hoor! De bubbeltjes stroomden inderdaad naar beneden en hier bleek een eigenlijk heel logische verklaring voor te zijn.

Als Guinness net ingeschonken is, komen de bubbeltjes inderdaad naar boven. De bubbeltjes aan de zijkant van het glas ondervinden echter weerstand van het glas, waardoor de bellen in het midden eerder boven zijn. De bubbels vanuit het midden nemen vloeistof mee omhoog, maar die vloeistof moet ook ergens weer naar beneden. Dit gebeurt aan de zijkant van het glas. De bubbeltjes die eerder aan de zijkant zaten, worden hierdoor naar onderen gedrukt. Hierdoor ontstaat er een stroom waar de vloeistof in het midden naar boven beweegt en aan de zijkant omlaag gaat. Deze stroom ontstaat ook bij gewoon bier. Maar hoe komt het dan dat dit in gewoon bier niet te zien is, en in Guinness wel?

Dit komt door de opbouw van de schuimlaag. De meeste biersoorten hebben hun schuimlaag te danken aan de koolstofdioxide die gebruikt wordt om het bier onder druk te houden. Bij Guinness wordt gebruik gemaakt van een mengsel van voornamelijk stikstof en een beetje koolstofdioxide. De stikstof zorgt ervoor dat de belletjes wat kleiner en steviger zijn.

Dus in zowel gewoon bier als Guinness bestaat er een stroom die omhoog en omlaag gaat, maar in Guinness blijven de bubbeltjes lang genoeg heel om mee omlaag te kunnen gaan. Verder kun je de bubbeltjes in het midden, die naar boven gaan, niet zien door de donkere kleur ("dark ruby", niet zwart, aldus Guinness zelf) van Guinness. •



De stroom van de bubbeltjes in Guinness.



Al zo'n zes jaar lang vallen ze me lastig. De meeste ouderejaars zullen al weten hoe je ze herkent en hoe je met ze om moet gaan: luie studenten. Voor de groentjes onder de lezers heb ik wat beginselen op een rijtje gezet, lees wat ik te melden heb en ik verzeker je dat het helemaal goed komt met je studie.

Laten we beginnen bij het begin. Hoe herken je deze luie studenten? Dat is makkelijk. Ze hebben namelijk allemaal hetzelfde vervelende trekje: ze stellen zich altijd zeer actief op. Zo proberen ze de docent het idee te geven dat ze fanatiek bezig zijn met hun studie. Niets is ze te gek: lange verslagen typen, leren voor tentamens, werkcolleges bezoeken; alles om de docent om de tuin te leiden. De werkelijk gepassioneerde student weet dat het volgen van een hoorcollege prima te combineren is met het lezen van de Spits (algemene ontwikkeling) of het invullen van een sudoku (wiskundig inzicht). De luie student interesseert dat geen bal – die wil alleen goed voor de dag komen tijdens college. Ik heb meerdere malen meegemaakt dat een student zelfs het lef had om vragen te stellen aan de docent. Een boze blik is dan op zijn plaats.

Maar ook als er geen docent in de buurt is, vertoont de luie student nog specifieke trekjes. Een voorbeeld: hij beweegt amper. Immers, de luie student is liever lui dan moe. Ik zie studenten regelmatig urenlang lezen, computeren of sommen maken. Als ze maar niet hoeven te bewegen. De werkelijk actieve student kent het adagium “mens sana in corpore sano.” Hij zal dan ook elke gelegenheid aangrijpen om zijn lichamelijke gezondheid op peil te houden. De actieve student strekt zich regelmatig uit en gaapt veel – je bent nergens zonder zuurstof. Hij loopt heen en weer, ook als daar geen reden toe is, en eet en drinkt veel en vaak.

Vaak kun je een student al snel inschatten aan de hand van zijn kantinebezoeken. De luie student zoekt de dichtstbijzijnde koffieautomaat, haalt een kop koffie en gaat weer aan het werk. Een actieve student daarentegen neemt de moeite om zijn lichaam in topconditie te houden. Hij of zij combineert bijvoorbeeld het drinken van een kopje koffie met het eten van een gevulde koek, voor de broodnodige koolhydraten. Bovendien zijn gevulde koeken alleen te koop in de kantine, waardoor je jezelf meteen dwingt tot een stuk lichamelijke oefening. Twee

vliegen in een klap! De universiteit moedigt deze gang van zaken alleen maar aan: er komt niet voor niets zulke smerige koffie uit de automaat op de hoek.

Luie studenten hebben ook nooit problemen met harde deadlines. Je zult ze nooit horen klagen over tijdsdruk. Aan de andere kant heeft de actieve student een barstensvolle planning. Vraag zo'n hardwerkende student hoe het gaat en hij zal steevast zuchtend antwoorden: “Druk druk druk...” Begrijpelijk, want deze categorie studenten heeft het nou eenmaal erg druk. Het komt regelmatig voor dat een ijverige student een deadline niet of nauwelijks kan halen, ondanks het feit dat hij meerdere dagen per week tot diep in de nacht wakker blijft. De gemiddelde luie student heeft hier weinig tot geen begrip voor. Die ligt rond twaalf uur 's nachts al weer in zijn bed te ronken.

Ik wil deze beschouwing besluiten met een trieste observatie. Van alle informatici die met mij in 2001 aan hun studie zijn begonnen, is inmiddels een groot deel gestopt. Tot mijn verbazing haken in de loop der jaren bijna alle actieve studenten af, en blijft er een groepje luie studenten over. Wat is hier aan de hand? Mijn voorlopige theorie is dat de ijverige studenten die afhaken zich niet thuisvoelen in het klimaat dat heerst in de latere jaren van de bèta-studies. Daarom stappen ze over naar een studie waar hun arbeidsethos wel op prijs wordt gesteld. Bedrijfskunde bijvoorbeeld. Ook voor mij is het soms lastig. Als harde werker heb je je maar aan te passen aan de meerderheid. Dat doe ik dan ook. Af en toe een verslag op tijd inleveren, geen Spits lezen tijdens college, wat eerder naar bed gaan, dat soort dingen. Ik moet zeggen, het bevalt eigenlijk wel goed. Na jarenlang hard te hebben gewerkt, is het wel fijn om eens wat rustiger aan te doen. Maar op één punt weiger ik me aan te passen. De kantine, die pakken ze nooit meer van me af.

Ik zie jullie bij de frituur! •

Ten Hemel Gedragen

DOOR GIDEON LAUGS

| 37

De stille, koude ochtendlucht droeg het geluid van doffe klappen mijn kant uit. Zo nu en dan klonk er een krakend, brekend geluid doorheen. Het geluid van versplinterende botten. Menselijke botten. Drie forse mannen met smerige schorten om braken met mokers, zagen en slagersgereedschap de laatste resten van menselijke lichamen in kleine stukken. Enkele meters verderop drongen tientallen gieren ongeduldig samen, op afstand gehouden door een klein groepje mannen met stokken. Nog iets verderop stond ik. In mijn hoofd een onmogelijke combinatie van emoties: betovering, ongeloof, ontzag, walging en alles daar tussenin. Tegen alle onmogelijkheden in was ik terechtgekomen op een Tibetaanse sky burial, een stervensrite waarbij een stoffelijk overschot ritueel wordt gevoerd aan gieren. Een van de uitzonderlijkste, meest besproken en met uitsterven bedreigde religieuze rituelen ter wereld, en ik stond erbij.

Schaarste van bruikbare grond en heiligheid van de aarde maken dat het begraven van stoffelijke overschotten niet gezien wordt als acceptabel; crematie al evenmin, vanwege het gebrek aan hout op die hoogte. Het concept van een sky burial is vervolgens niet geheel onlogisch: de belasting op de omgeving is minimaal wanneer roofvogels de stoffelijke overschotten opruimen en de overblijfselen worden bovendien letterlijk ten hemel gedragen, dichterbij de goden. Een prima alternatief dat voldoet aan alle wensen, eisen en wetten van de bijbehorende levensbeschouwing. In de praktijk betekent een Tibetaanse sky burial dat een lama, een boeddhistische priester, eerst gedurende 24 uur gebeden over het lichaam uitspreekt om de ziel te begeleiden naar het hiernamaals. Drie dagen daarna wordt het zielloze lichaam door de directe familie naar de sky burial-plek gebracht, waar speciale monniken, rogyapa's genaamd,

het haar van de overledene afknippen en het lichaam insnijden. Gieren eten vervolgens het vlees van het geraamte, waarna de rogyapa's de beenderen vermalen met tsampa, een soort meel, zodat ook deze laatste resten door de gieren kunnen worden opgegeten. Uiteindelijk blijft er niets van het lichaam over.

Cultuur

Tibetanen zijn altijd heel nuchter geweest over hun manier van opruimen van stoffelijke overschotten. Familieleden wordt zelfs van harte aangeraden bij het hele pro-



ces aanwezig te zijn, om zo goed mogelijk de vergankelijkheid van het aardse bestaan tot zich door te laten dringen. Tot op zekere hoogte waren om dezelfde reden bekenden en zelfs derden ook welkom. Tegenwoordig is dat niet meer het geval. Op een gegeven moment hebben toeristen de Tibetaanse gastvrijheid verloochend en foto's gemaakt van een sky burial, waarna die foto's de halve wereld zijn overgegaan en iedere westerse onnozelaar zijn ongenueanceerde oordeel klaar had: Tibetanen waren barbaren. Het vredelievende karakter dat westerlingen graag associëren met boeddhisten en Tibetanen had er ineens een culturele schaduwzijde bij gekregen die niet aan de westerse moraal voldeed. Voor de Chinees-Tibetaanse regering was het voldoende reden om vanaf dat moment aanwezigheid van ongenodigde buitenstaanders bij sky burials als ongewenst of zelfs verboden te beschouwen.

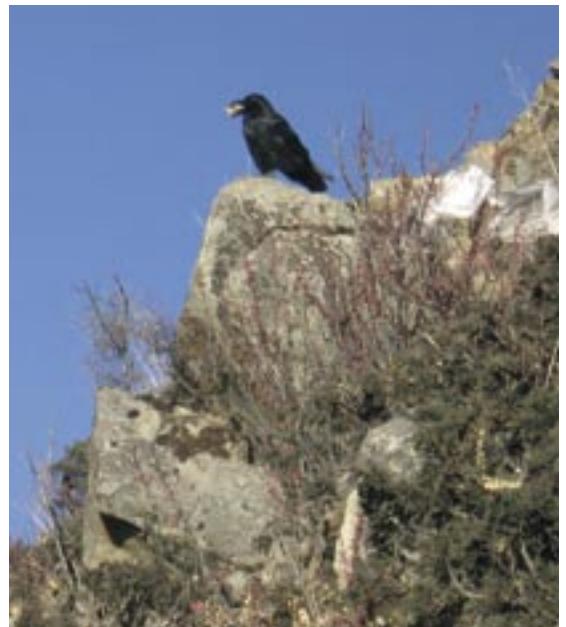
In de tussentijd heeft de regering in Beijing ingezien dat het behoud van minderheidsculturen onder andere goed is voor het binnenlandse toerisme en zodoende voor de staatskas. Mede hierdoor is de praktijk van sky burials inmiddels opgenomen in de legislatuur van het semi-autonome Tibet en genieten sky burials tegenwoordig officiële bescherming en erkenning. Tibetanen verspreid over heel China geven nog steeds de voorkeur aan het gebruik van sky burials en op verschillende plekken in Tibet en het omringende gebied is het gebruik van bepaalde sky burial-locaties de laatste tijd zelfs toegenomen. Het Drigung Til klooster is daar een van.

Gruwelen

Het was de ochtend van 21 november 2006 en ik was in Tibet. Iets preciezer: ik was in het Drigung Til klooster, ongeveer 150 kilometer ten noordoosten van Lhasa. De avond ervoor waren we na een lange dag in een gecharterde jeep met z'n drieën aangekomen bij het klooster. Vooral de laatste vijftig kilometer over onbegaanbare bergweggetjes in het donker had ons goed uitgeput. Ietwat gedesoriënteerd ontging het me enigszins in welk klooster we precies beland waren, maar dat veranderde toen de chauffeur in heel gelimiteerd Engels meldde dat er de ochtend daarop in alle vroegte waarschijnlijk een sky burial zou plaatsvinden.

Een korte nacht later liep ik in mijn eentje het klooster uit, het prille ochtendzonnetje in. De spectaculaire ligging van het klooster, hoog tegen een steile bergwand

aan, was mij in het totale duister van de nacht ervoor grotendeels ontgaan, maar presenteerde zich nu des te indrukwekkender. Onder een diepblauwe lucht zo kenmerkend voor gebieden op grote hoogte volgde ik een paadje over een richel richting het uiteinde van de bergwand. Als voorbodes van wat er verderop lag, cirkelden enorme gieren rond in de leegte boven de prachtige vallei onderaan de berg. Een kraai zat op een rotspuntje naast het pad, met in zijn snavel iets wat geen takje was.



Er drong zich een gevoel aan me op vergelijkbaar met het gevoel dat ik als klein jongetje had als we stiekem vuurwerk afstaken. Ik kwam dichterbij, te merken aan de gieren die inmiddels minder dan twee meter boven mijn hoofd voorbij suisdan en klappend met hun vleugels op de rotsen naast het pad neerstreken. Met een spanwijdte ter grootte van een fiets was dit een erg indrukwekkende verschijning. Een bocht in het pad later kwam ik uit op een wat vlakker deel van de berg, waar een met kleurige gebedsvlaggen behangen hek rondom een stuk terrein geen illusies liet bestaan over waar ik was aangekomen. Het leek er niet op dat er iets aan de hand was, maar toen ik het pad langs het hek verder volgde, zag ik dat er mensen aan de andere kant van het hek stonden. Een man volgde me naar een hoek, waar hij tot mijn grote verbazing een deur in het hek opende en me zwijgend naar binnen wenkte.

Ogenblikken later kreeg ik in de gaten dat er wel degelijk aan het gebeuren was waarover onze chauffeur de avond ervoor verteld had. Aan de overkant van het terrein stonden enkele stenen hutjes met ervoor drie mannen in bloedde schorten. Voor hen scharrelden en klapwiekten zeker honderd gieren tussen elkaar door en tegen elkaar aan in het rond. Tussen mij en de gieren in stond een klein groepje Tibetanen toe te kijken, onder wie de man die mij het terrein op gewenkt had. Twee gieren vochten met elkaar om een stuk darm en zonder te zien wat er onder de massa vogels lag, drong het tot me door dat ik halverwege het proces inviel. Niet veel later joegen de aanwezige omstanders de gieren een hoek van het terrein in en verzamelden de rogyapa's de afgekloven skeletten. Echt als stukken afval werden de overblijfselen op een grote platte steen geslingerd, met zware hamers stukje bij beetje en deel voor deel tot pulp geslagen en vermengd met tsampa. De rogyapa's deden hun werk met opmerkelijke onverschilligheid.

Tegen het einde van het breekproces begon ik mij langzaam licht in mijn hoofd en bleekjes te voelen – iets dat me enigszins verbaasde aangezien ik oprecht onder de indruk was en het geheel vooral als ontzettend mooi ervoer. De tegenstrijdige fysieke reactie van mijn lichaam vatte ik op als een signaal dat het genoeg was en ik verliet de plek. Ongeveer tegelijkertijd merkte voor het eerst een van de rogyapa's me op en liet duidelijk blijken dat hij vond dat het niet mijn plek was, ongeacht wat de persoon die mij binnen gewenkt had daarvan dacht. Nog geen uur later zaten we met z'n allen in de jeep onderweg terug naar Lhasa. Ik was de enige die dit alles had meegemaakt en het voelde alsof er een universum van leegte tussen mij en de rest van de mensen om mee heen zat.

Schaduwzijden

Mensen vragen me wel eens wat nou het allerindrukwekkendste avontuur is dat ik heb meegemaakt en vreemd genoeg kom ik daarbij zelden uit bij deze sky burial.

Niet direct gerelateerd aan sky burials maar desalniettemin interessant is het boek "Dying the Good Death" van Christopher Justice, een wetenschappelijke benadering van het sterven vanuit Hindoeïstisch perspectief. Dit is aangeraden leesvoer, voor wie geïnteresseerd is in meer lezen over andere manieren van omgaan met de dood. Te verkrijgen via de universiteitsbibliotheek van de RUG.

Een ontkenning die ik alleen maar kan verklaren door te stellen dat ik ergens nog steeds niet het gevoel heb dat het allemaal echt was wat ik gezien heb. Dat het drie echte mensenskeletten waren die daar lagen. Onbewust heb ik die beelden blijkbaar niet of nauwelijks een plek kunnen geven.

Recentelijk heb ik geprobeerd meer informatie te vinden over de ins en outs van sky burials en al doende realiseerde ik me pas echt hoe uniek en bijzonder het is wat ik meegemaakt heb. Er zijn nauwelijks betrouwbare bronnen te vinden en het beetje literatuur dat dieper in de stof probeert in te gaan beroept zich op disclaimers die stellen dat feiten slechts gebaseerd kunnen worden op een handvol ooggetuigenverslagen en dat zelfs die geen consistent beeld geven. Wie op zoek gaat, komt uiteindelijk terecht op een weblog waar wat foto's staan en zowaar zelfs enkele zeer minimalistische of oude filmpjes op YouTube, maar met uitzondering van religieuze geschriften is er weinig tot geen informatie die dieper gaat dan wat het oog waarneemt. Aan de ene kant jammer omdat het een genuanceerde meningsvorming van de rest van de wereld in de weg staat, maar aan de andere kant heeft het verleden laten zien dat buitenstaanders hoe dan ook erg moeilijk met dit soort rituelen kunnen omgaan.

Elke religie heeft zijn schaduwkanten, alleen hebben sommige religies de pech dat hun schaduwkanten onevenredig zwaar belicht worden, ongeacht het minimale onderdeel dat die schaduwkanten vormen van het hele plaatje. Mijn reizen hebben me de laatste jaren door veel verschillende culturen gevoerd, elk met hun eigenaardigheden, maar de ontvangst was overal even open en even hartelijk. Het zijn de kleine oneffenheden die de beeldvorming ernstig kunnen verstoren en dat gebeurt zonder dat we daar erg in hebben. Ik geloof dat een brede blik een bijzonder geschikt wapen is tegen ongenueanceerde meningen en wat dat betreft hebben mijn reiservaringen tot nu toe – hoe absurd in eerste instantie ook – de breedte van mijn blik alleen maar goed gedaan. •

Dit stuk is een bewerking van het stuk dat ik kort na de sky burial-ervaring geschreven heb, verschenen op 22 november 2006 op mijn weblog There And Beyond. Dat oorspronkelijke stuk bevat een tot in de (graphic) details uitgewerkt ooggetuigenverslag en is terug te vinden op www.thereandbeyond.com/?p=233

Wat is zo speciaal aan maizena? Waarom valt een boterham altijd op de beboterde kant? Zijn termieten verantwoordelijk voor het broeikas-effect? Dit soort vragen komen op je af in het tv-programma Hoe?Zo!

Elke aflevering strijden twee bekende Nederlanders om de overwinning door wetenschappelijke vragen te beantwoorden. De antwoorden worden gegeven door middel van verduidelijkende proefjes. In dit artikel lichten we aantal onderwerpen uit.

Maizena

Newtonse vloeistoffen, zoals water, zijn vloeistoffen waarvan de viscositeit (stropigheid) niet wordt beïnvloed door de krachten die erop werken. Bij niet-Newtonse vloeistoffen is dit niet het geval: een goedje als maizenawater wordt visceuzer als je er kracht op uitoefent.

Als je een zwaar gewicht van een hoogte in een bak maizenawater gooit, wordt de vloeistof ineens zo stroperig dat het gewicht er bovenop blijft liggen. Na verloop van tijd wordt de vloeistof weer vloeibaarder en zakt het gewicht erin. Maar je kunt nog leukere dingen doen met niet-Newtonse vloeistoffen: eroverheen rennen! Mits je snel genoeg rent, anders geef je de vloeistof tijd om weer vloeibaar te worden.

Slakkentanden

Bij “tanden!” denk je wellicht eerder aan haaien dan aan slijmerige, snotterige weekdieren. Toch hebben slakken tanden, hele goede zelfs. Een slakkentand loopt krom, waardoor de uitgeoefende kracht niet op het puntje, maar op het dikste deel van de tand komt te liggen. Nog veel

meer snufjes houden het gebit van de slak zo stralend. Ten eerste heeft de slak een heleboel tanden. Daarnaast zit er in de tanden magnetiet, een uiterst sterk, ijzerhoudend materiaal. Het magnetiet in de tanden is harder dan magnetiet dat in de natuur gevonden kan worden. Hierdoor kan de slak stukjes rots wegschrapen om zo bij de felbegeerde algen te komen. Tenslotte wordt de tand bijgewerkt als hij beschadigd is, om scherpe randjes te voorkomen. Zo houdt de slak zijn mond intact.

Gronings bioloog John Videler ging op aanvraag van een baggerbedrijf op zoek naar een betere vorm voor de koppen van een cutterzuiger (het apparaat dat het baggerwerk doet). Dit bleek de vorm van een slakkentand te zijn. Ondanks de duidelijke superioriteit van de vorm mocht het niet baten: koppen als slakkentanden waren helaas te duur en te ingewikkeld.

Boterham

Waarom valt een boterham altijd, maar dan ook altijd, met de besmeerde kant op de grond? Komt dit door de hogere dichtheid van de besmeerde kant, de hoogte van de tafel, of draait de boterham altijd een halve slag? Dit kun je testen door een boterham niet te beleggen maar een teken te geven. Je zult zien dat de bovenkant nog steeds onderop eindigt, ondanks de gelijke dichtheid aan beide kanten. Laat dan je boterham van drie meter hoogte vallen, en voilà, de boterham komt netjes terecht.

Als de boterham met het zwaartepunt net naast de tafel ligt, kiepert hij loodrecht naar beneden, maar omdat de boterham een hoekmoment heeft, zal deze gaan draaien. Door de grote luchtweerstand van een vallende boterham is het lastig bij gegeven hoogte uit te rekenen op welke kant de boterham zal vallen, maar bij de gemiddelde tafel zal dit altijd de bovenkant zijn.

Een waarheid als een koe

Welk dier draagt het meest bij aan het broeikas-effect middels methaanuitstoot: termieten, koeien of vlinders? Aan de ene kant zijn er wel ontzettend veel termieten, maar aan de andere kant... koeien zien er wel uit alsof ze niet vies zijn van een flinke methaanwind. Vlinders komen niet in aanmerking—zij vervuilen nimmer.

In de omgeving van rundveehouders is inderdaad een verhoogde concentratie methaan te meten. Het eten van de koe wordt in haar pens, de eerste van vier magen, verteerd door micro-organismen, onder vorming van methaan. Een Nederlandse melkkoe produceert dagelijks een halve kilo methaan, waarvan 99% oraal en slechts 1% anaal uitgestoten wordt. De Nederlandse melkkoeien boeren met z'n allen driekwart van de totale methaanuitstoot van de landbouwsector in Nederland. Het juiste antwoord is dan ook: koeien! Maar termieten doen niet veel onder voor onze loeiende vrienden: ze staan als tweede op de lijst van meest methaanuitstotende diersoorten. •

**Bart Nijs.
Functioneel ontwerper.
Nog geen rijbewijs.**



Quinity
com

Ook zin in een succesweekend met een stretchlimo en chauffeur?

Als je bij Quinity komt werken, werk je mee aan het ontwikkelen van eBusiness-applicaties. Dat doen we voor grote, financiële organisaties en met goede resultaten. En boeken wij succes, dan boek jij ook succes. Sterker nog: we garanderen je een carrière waarin je veel successen op je naam kunt zetten. Ook als je nog maar net bent afgestudeerd.

En om je daarvan alvast te laten proeven, krijg je van ons een geweldig succesweekend naar keuze aangeboden als we het met elkaar eens worden.

Kijk meteen op www.werkenbijquinity.nl voor alle details en mogelijkheden. En ontdek dat je bij Quinity net zo succesvol kunt worden als je ambities reiken.

Upload meteen je cv.

Quinity zoekt **software engineers Java/J2EE**, **projectleiders**, **functioneel ontwerpers** en **consultants/informatie-analisten**. Als je zo'n baan én een succesweekend wilt, upload dan snel je cv. Ook al heb je nog geen ervaring. Op www.werkenbijquinity.nl vind je uiteraard ook alle andere informatie en wetenswaardigheden over een baan bij ons bedrijf.

Quinity B.V. – Maliebaan 50 – Postbus 13097 – 3507 LB Utrecht
Telefoon +31(0)30 2335999

**Werken bij Quinity.
Succes gegarandeerd.**

42 | The Computer Strikes Back

DOOR PJOTR SVETACHOV

In de Periodiek van september/oktober 2006 kon je lezen over *Computer Generated Images* (CGI) in films. Veel films, van *Execution of Mary, Queen of Scots* (1895) tot aan *Sin City* (2005), hebben we even uitgelicht. Tegenwoordig wordt er meer en meer geld uitgegeven aan CGI: het beeld moet realistischer, de animaties natuurlijker en alles moet grootser dan ooit. Waar we destijds vooral naar het begin van CGI in films keken, is het nu dus tijd om wat dieper in te gaan op de techniek.

W^e blikken even terug op het vorige artikel. Voordat de computer bestond, werd gebruik gemaakt van creatief camerawerk en slimme montage. Beelden werden over elkaar heen geplakt, poppen werden veel gebruikt en ook *stop motion* was populair (achter elkaar geplakte foto's, zoals Wallace and Gromit). Toen de computer uiteindelijk kwam, werd deze eerst ingezet voor kleine scènes, maar dit veranderde snel toen Ken Perlin het *perlin noise* algoritme introduceerde, dat hij voor *Tron* had gebruikt om oppervlaktes minder onnatuurlijk in te kleuren. Sindsdien is er veel vooruitgang geboekt en de laatste jaren zijn een paar hippe technologieën ontwikkeld die de lat veel hoger wisten te leggen.

Onderhuids beeld

Als je nu terugkijkt naar wat oudere films, zoals *Toy Story*, valt meteen op dat veel dingen die met de computer zijn gemaakt er nep uitzien, of preciezer: alles lijkt wel van plastic te zijn gemaakt. Dit ligt voornamelijk aan de belichting. Als er licht op een voorwerp schijnt, wordt het op verschillende manieren gereflecteerd. Om dit te simuleren zijn er veel belichtingsmodellen gemaakt; elk oppervlak is namelijk anders en zal dus lichtstralen ook anders reflecteren. Een bekend belichtingsmodel is *phong shading*, dat *ambient lighting*, *diffuse lighting* en *specular highlights* combineert. Ambient lighting kun je zien als de gemiddelde lichtsterkte om ons heen: bij maanlicht heb je bijvoorbeeld minder ambient lighting dan bij zonlicht. Diffuse lighting is de mate waarin een oppervlak het licht alle kanten op kan strooien, een grof oppervlak zoals papier zal het licht diffuser terugkaatsen dan bijvoorbeeld chroom. Specular highlights zijn het tegenovergestelde: dit zijn de zeer lichte punten op glanzende oppervlakken en hier wordt het licht zoveel mogelijk dezelfde kant op gereflecteerd.

Door te spelen met de sterktes van de verschillende soorten licht, is het mogelijk om veel verschillende opper-

vlakken te simuleren. Toch werden oppervlakken zoals huid met de bestaande belichtingsmodellen niet goed gesimuleerd. Huid en andere semi-transparante oppervlakken zoals marmer kunnen namelijk licht absorberen. Het geabsorbeerde licht zal dan onder het oppervlak reizen en ergens anders weer naar buiten komen. Houd maar een lamp aan de andere kant van je hand en je huid zal op sommige plekken rood oplichten. Het rode komt doordat de andere kleuren beter geabsorbeerd worden door je huid.

Onder de naam *subsurface scattering* (sss) zijn vele modellen voor dit verschijnsel bedacht. De eerste modellen waren nog primitief en het verschijnsel moest benaderd worden. Om sss heel precies uit te rekenen is veel rekenkracht vereist, maar het zorgt wel voor echtere beelden. Gollum uit *The Lord of The Rings* is een van de eerste creaties waarbij gebruik werd gemaakt van sss. De animatoren maakten zich niet zoveel zorgen over fysisch correcte belichting, zolang het er maar realistisch uitzag. Nog steeds wordt gezocht naar betere maar ook snellere algoritmen, want de optimale snelheid en kwaliteit is nog lang niet bereikt.

Natuurlijke animaties

Al deze mooie beelden moeten ook nog bewegen en dit is makkelijker gezegd dan gedaan. Wat vroeger met stop motion gedaan werd, wordt nu ook gedaan met de computer; in plaats van met klei wordt het object nu in de computer gemaakt en het object wordt beeldje voor beeldje goed gezet. Dit is tijdrovend en gelukkig bood de computer al snel een uitweg: steeds betere software werd geschreven om het maken van animaties te vereenvoudigen en al snel werd *motion capture* uitgevonden. Bij motion capture worden sensoren aan een persoon gehangen, waarmee bewegingen worden opgenomen op de computer. Hiermee was het ineens mogelijk om complexe bewegingen snel op een natuurlijke manier te ani-

Van links naar rechts:

Tom Hanks, Tom Hanks
en Tom Hanks.



meren. Zo werd het lichaam van Gollum helemaal met motion capture geanimeerd. Later werd ook het hoofd apart geanimeerd, wederom met motion capture. Het bleek zo goed te werken dat al snel andere films motion capture op deze manier gingen gebruiken. De film *The Polar Express* had deze techniek zelfs een nieuwe naam gegeven: *performance capture*. Op deze manier kon Tom Hanks maar liefst zes rollen op zich nemen, waaronder een jongetje en de kerstman. In de film *Beowulf* werd dit nogmaals gedaan en ook in de nieuwe *Kuifje*-film van Steven Spielberg en Peter Jackson zal weer performance capture gebruikt worden.

Performance capture wordt nu gezien als een grote doorbraak. De toepassingen zijn eindeloos en de techniek is niet beperkt tot animatiefilms. Het is bijvoorbeeld mogelijk om een acteur een jongere versie van zichzelf te laten spelen, of iemand in de huid van een bekend persoon te laten kruipen voor een biografie.

Simulaties

Nieuwe kaskrakers proberen steeds grenzen te verleggen waardoor de complexiteit van scènes zo hoog wordt dat een animator niet meer de tijd heeft om alles goed te simuleren. Bomen moeten met de wind mee waaien, het water moet golven en vergeet niet de kleding van mensen en de vacht van de kat. Daarom helpt de computer de artiesten een handje. Deze zit dag en nacht Navier-Stokesvergelijkingen op te lossen om de grote hoeveelheden water in films zo natuurgetrouw mogelijk te laten bewegen.

Ook worden grote veldslagen en andere epische scènes steeds vaker gesimuleerd met de computer. Kunstmatige intelligentie is hier heel belangrijk. Het hoeft niet al te

complex te zijn; als de personages een beetje met elkaar vechten zonder echt tactieken te gebruiken lijkt een veldslag al snel realistisch.

We kunnen nu al behoorlijk realistische beelden creëren, dus wat blijft er nog over voor de toekomst? Toch blijft het spannend in CGI-land, want elk jaar worden weer nieuwe technieken bedacht en andere technieken verfijsd. Hier zit veel onderzoek in en informatici zijn dan ook onmisbaar in de CGI-wereld.

Een voorbeeld is een stukje software dat Pixar bij de film *Cars* gemaakt heeft. Een computer doet er heel lang over om een volledig belichte scène op het beeldscherm te toveren. Dit tot grote irritatie bij de regisseur, want hij wil meteen resultaat zien. Bij Pixar is, door slim gebruik te maken van bestaande videokaarten, een stuk software geschreven dat binnen een tiende seconde een grote omgeving kan belichten, zodat de regisseur meteen kan zien wat het effect is van het verplaatsen van een paar lampen.

Pixar heeft bij het maken van haar films veel nieuwe technieken moeten bedenken. Veel hiervan zijn gedocumenteerd en in papers te vinden op <http://graphics.pixar.com/>

Informatici, verenigt u!

Zoals je ziet, is het nog lang niet gedaan met de innovatie binnen CGI. Er is nog veel werk te doen en filmmaatschappijen investeren veel geld om de grenzen van CGI te verleggen. Veel informatici zijn dan ook samen met artiesten aan het werken aan oplossingen voor kleine en grote problemen. Na veel bloed, zweet en algoritmes kunnen de filmmakers dan eindelijk toch een traantje wegpinken bij het zien van het resultaat. •

44 | TMC Physics Stromingsleerworkshop

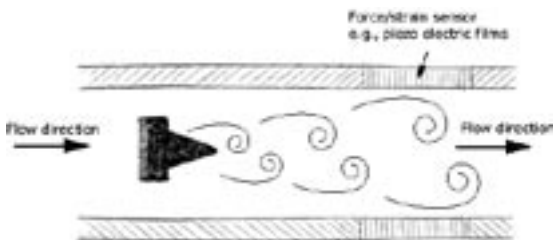
DOOR BERT TINGE

Op 23 november 2007 gaf TMC Physics in samenwerking met TNO en de Vereniging voor Technische Physica (vVTP) van de TU Delft een Physics Workshop. Vijftien studenten waren present om een actueel technisch vraagstuk van TNO te bediscussieren. Roel de Groot (TMC'er bij TNO) hield hiervoor een interactieve presentatie over een stromingsleervraagstuk. Het publiek kreeg ruim de gelegenheid zich te mengen in de discussie.

Bert Tinge (Business Development Manager van TMC Physics) beet het spits af met een inleiding over de dienstverlening van TMC Physics. Na deze inleiding was het woord aan Roel de Groot. Roel heeft Lucht- en Ruimtevaarttechniek gestudeerd en is sinds het voorjaar van 2006 werkondernehmer bij TMC. Hij is werkzaam op de afdeling Flow & Structural Dynamics van TNO. Deze afdeling doet aan consultancy en kennisontwikkeling op het gebied van stromingsleer en mechanica, bijvoorbeeld voor de halfgeleiderindustrie en de olie- en gassector. Roel is momenteel actief bij een project voor ASML, de bekende chipmachinefabrikant.

De workshop ging over de ontwikkeling van een flowmeter in een explosiegevoelige omgeving. Allereerst werden een aantal voorbeelden gegeven van de fysische principes van een flowmeter: zo zijn er thermische, wervel- en magnetische flowmeters. Vervolgens werd de probleemstelling gepresenteerd.

TNO is door een groot olieconcern gevraagd een flowmeter te ontwikkelen die in een licht ontvlambare omgeving stroming van zowel vloeistof als gas kan meten, waarbij het uitlezen op grote afstand van de pijpleiding zelf dient te geschieden. Als aanvullende informatie werd de huidige ontwikkeling genoemd van zogenaamde *optical strain sensors*, die interessante toepassingen hebben. Daarna konden de studenten in groepjes aan de slag met het onderwerp. Na een uitvoerige brainstorm presenteerden ze vervolgens de oplossingen die zij hadden gevonden. Van de studenten waren er een aantal op de goede weg.



TMC Physics

In de flexibele capaciteitsvoorziening zijn er detachingsorganisaties van diverse pluimage. TMC positioneert zich hierin op een onderscheidende wijze met een scherpe focus op een aantal gebieden in de ICT- en high-techindustrie. TMC Physics is hiervan een voorbeeld: sinds de oprichting van deze telg is dit het enige fysicahuis van Nederland. Centraal in TMC's detachingsbenadering staat het thema van ondernemen: professionals in de high-techindustrie worden verondersteld zelf ondernemer te zijn in hun carrière. TMC spreekt dan ook van werkondernemers en faciliteert deze denkwijze op een aantal manieren.

Zo doorloopt iedere werkondernemer binnen TMC een individueel coachingsprogramma waarbij ondernemende vaardigheden en *softskills* ontwikkeld worden. Daarnaast deelt een werkondernemer mee in de overwinst die individueel behaald wordt voor TMC. Ook zijn contracten met werkondernemers gericht op de lange termijn. Een groot aantal Physics-werkondernemers heeft een vast contract. Tot slot kent TMC geen concurrentiebeding, wat betekent dat carrièrestappen naar opdrachtgevers niet worden belemmerd.

Momenteel heeft TMC samenwerkingen met onder andere Philips, ASML en Thales en een strategisch partnership met TNO. Hierdoor biedt TMC haar fysici uiteenlopende carrièremogelijkheden in het fysicadomein en bij prominente high-techbedrijven. Van de inmiddels meer dan 60 natuurkundigen is zo'n 80% academisch geschoold, waarvan de meerderheid zelfs gepromoveerd is.

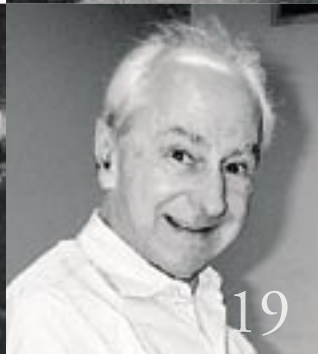
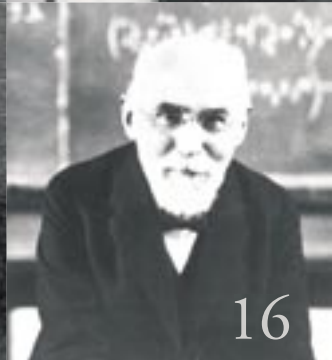
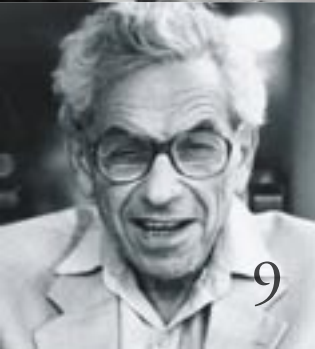


De uiteindelijke oplossing die TNO had gevonden is een wervelflowmeter waarin de drukfluctuaties worden gemeten met een optical strain sensor. Door het toepassen van verschillende *gratings* op een optische kabel kan elke sensor in een specifiek frequentiegebied meten. Glasvezel heeft een zeer gering signaalverlies, waardoor de uitlezing op grote afstand van de meter zelf kan gebeuren. TNO heeft deze oplossing inmiddels gepatenteerd.

De evaluatie gaf aan dat het een zeer geslaagde dag was, waarbij enthousiast werd gereageerd op het initiatief. In de nabije toekomst zullen vaker workshops georganiseerd worden. •

Voor meer informatie zie www.tmc.nl
of mail bert.tinge@tmc.nl





Mijn fascinatie

Werken aan maatschappelijke impact. Oplossingen vinden voor de problemen die gisteren nog onoplosbaar leken. Kennis combineren, doelgericht samenwerken. Mensen en organisaties helpen om beter te functioneren. Dat is mijn fascinatie.

werkenbijTNO.NL

