

The image is a full-page spread with a dark horizontal band across the middle. The top and bottom sections show an aerial view of a snowy, rocky landscape. The rocks are covered in snow, and the overall scene is bright and high-contrast. The dark band contains the title and subtitle in white and blue text.

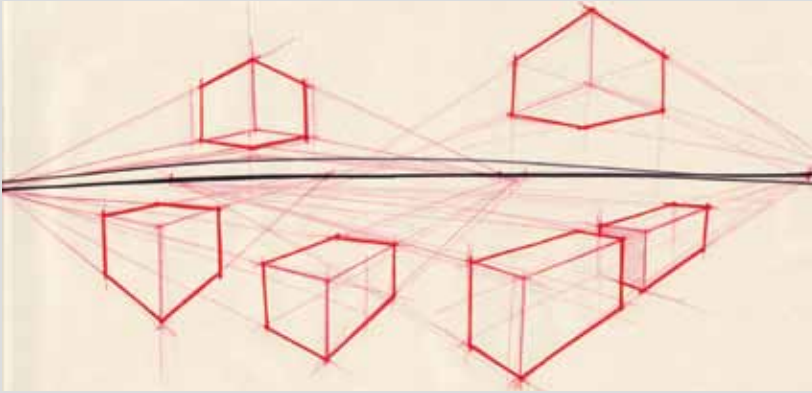
perio*diek

op regelmatige tijden terugkerend jaargang 2013 nummer 1

Inhoud

24 De Gang naar werkelijkheid

Vroeger tekende men zonder weet van van perspectief. Nadat het ontdekt werd diende het als fundament voor de kunstbeweging tijdens de Renaissance .



18 Beautiful Science

Voor wie het jaarlijkse FMF-Symposium heeft gemist: dagvoorzitter Herbert Löhner kijkt terug op de dag.

En verder

- 4 In het nieuws
- 6 Van de voorzitter
- 8 SIHB: Oxford
- 11 Analyse: kracht of valkuil?
- 12 Navier-Stokes
- 16 Fotocollage
- 21 Breinwerk
- 22 Lekker eten met Bernadette
- 32 Tandwielen en anti-tandwielen

30 Programmeerwedstrijden

Hoe zijn ze ontstaan? En hoe zitten ze in elkaar? Jelle geeft de antwoorden en vertelt over zijn eigen ervaringen.





Redactie Bart Visser, Herbert Kruitbosch, Paulus Meessen, Armin Palavra, Steven van der Veeke, Douwe Visser, Bart Marinissen, Oscar Heslinga.

Scribenten Steven van der Veeke, Niels Martens, Sébastien Volker, Oscar Heslinga, Herbert Löhner, Bernadette van Kesteren, Arsalan Torke Ghashghaee, Jelle Nauta, Bart Visser

Adverteerder ASML (p. 7), Philips (p. 29), Schut (p. 36).

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

Oplage 1200 stuks

Druk Scholma

ISSN 1875-4546

De Periodiek is een uitgave van de Fysisch-Mathematische Faculteitsvereniging en verschijnt vier keer per jaar. Eerder uitgebrachte Periodieken zijn na te lezen op perio.fmf.nl. De redactie is te bereiken via perio@fmf.nl.

Van de redactie

Tijd verandert, zij zou geen tijd zijn als ze dat niet deed. Zo ook veranderen redacties. De periodiek die je nu mag bekijken, bewonderen, verslinden, maar niet opeten, heeft zijn vorm gekregen ten midden van deze veranderingen. Het is een klein wonder, en tegelijkertijd een noodzaak, dat de periodiek in de chaos van al deze veranderingen zijn vorm vindt. Een wonder omdat de chaos recht tegenover het einddoel staat: een geordende periodiek. Een noodzaak omdat de vereiste creativiteit ontstaat vanuit een verstoring, en wordt gesmoord door uniformiteit.

Gelukkig zijn wij nieuwe redactieleden allen gretig aan het leren de chaos van een perio-weekend te beteugelen, zodat wij voortaan de creatie van dit uitzonderlijk blad zelf kunnen begeleiden. Een prachtig vooruitzicht. Ik kan dan ook melden dat wij allen met enthousiasme de komende periode en bijbehorende periodieken tegemoet zien. Daarom wil ik u alvast het volgende beloven: deze redactie zal naar niks minder streven dan excellentie.

— *Bart Marinissen*

In het nieuws

Spellen met je hersenen

Nederlandse onderzoekers uit Maastricht zijn er in geslaagd om patiënten te leren spellen puur door hun hersenactiviteit te meten. De methode is vooral handig voor patiënten die volledig verlamd zijn en op geen enkele manier kunnen communiceren met de buitenwereld. Er wordt gebruik gemaakt van een “functional magnetic resonance imaging”-scanner. Aan elke letter moet de patiënt een gedachte koppelen. Als de patiënt dan die gedachte uitvoert kan de hersenactiviteit die de hersenen dan produceren worden gelezen en gekoppeld aan de corresponderende letter.

sciencedirect.com

Wetenschappers integreren LCD-scherm in contactlens

Belgische wetenschappers zijn er in geslaagd om een LCD-scherm te integreren in een contactlens. Dat maakte de universiteit van Gent bekend. De ontwikkelde basistechnologie is volgens de wetenschappers baanbrekend voor medische en cosmetische toepassingen, maar kan over een aantal jaren ook leiden tot het lezen van bijvoorbeeld e-mailberichten of bewegwijzering via de contactlens. De grootste uitdaging voor de onderzoekers was het ontwikkelen van een bolvormig flexibel LCD-scherm, waar tot nog toe LCD-schermen vooral vlak waren. De wetenschappers gebruik-

ten voor de pixels met vloeibare kristallen nieuwe typen actieve polymeren die in een zeer dun en bolvormig oppervlak nog steeds goed kunnen worden geschakeld.

nu.nl

Nederland Wereldkampioen robotvoetbal

Waar het Nederlandse elftal op het reguliere WK voetbal roemloos ten onder ging, lukte het bij het robotvoetbal wel. Het team Tech United van de Technische Universiteit Eindhoven wist in Mexico City met wereldtitel aan de haal te gaan in de Middle Size League. In de finale werd het team van Iran met 4-1 verslagen. In de Middle Size League spelen robots volledig autonoom vijf tegen vijf (4 + keeper) voetbal tegen elkaar.

tweakers.net

Robothand wint altijd steen-papier-schaar

Op de universiteit van Tokyo is een robothand ontwikkeld die 100% van alle potjes steen-papier-schaar tegen een mens weet te winnen. Hoe dat kan? De robot speelt eigenlijk gewoon vals. Een hogesnelheidscamera bekijkt de beelden van de menselijke hand, binnen 1 ms kan de robot dan bepalen of de tegenstander steen papier of schaar heeft gespeeld en daar op reageren. Voor het menselijke oog is het niet zichtbaar dat de robot net iets later is. Of de robot ook Rock-Paper-Scissors-

Lizard-Spock kan spelen en wat er gebeurt als je twee robots tegen elkaar laat spelen is niet bekend.

k2.t.u-tokyo.ac.jp

Infrarood zonnepanelen ontwikkeld

Wetenschappers van het MIT hebben een nieuw soort zonnepaneel ontwikkeld dat infraroodlicht omzet in elektrische energie. Conventionele zonnecellen werken vaak op licht in het zichtbare spectrum. Omdat zonlicht voor 40% uit infrarood licht bestaat is het geen gek idee om dit ook te benutten. Het grote voordeel van de nieuwe zonnepanelen is dat ze transparant zijn (in het zichtbare licht spectrum), waardoor ze over conventionele zonnepanelen geplaatst kunnen worden of in ramen kunnen worden gemonteerd. Het grote nadeel is nog dat de panelen een rendement hebben van 0,1%

web.mit.edu

Bots doorstaan turingtest in UT2004

Computerwetenschappers hebben bots ontwikkeld voor het spel Unreal Tournament, die in 52% van de gevallen als menselijk werden aangewezen. De bots speelden samen met een grote hoeveelheid mensen potjes deathmatch. De menselijke spelers hadden een speciaal geweer waarmee ze tegenstanders mee konden markeren om aan te geven of ze dachten of

het een bot of mens was. De bots werden in 52% van de gevallen aangemerkt als mens, in tegenstelling tot 40% van de daadwerkelijke menselijke spelers.

tweakers.net

Asteroïde op rampkoers af te wenden met verf

Het idee om een asteroïde die op de aarde dreigt in te slaan af te wenden met verfballen heeft de eerste prijs gewonnen in de 'Move an Asteroid-competitie', die wordt gesponsord door de VN. Het voorstel is van Sung Wook Paek, promovendus aan MIT's Department of Aeronautics and Astronautics. Hij beschrijft hoe een asteroïde die op ramkoers met de aarde ligt, genaderd moet worden door een ruimteschip, dat er vervolgens grote pallets vol wit verfpoeder op de astroïde schiet. De verf op het oppervlak zorgt voor meer weerkaatsing van zonlicht en het afketsen van de fotonen zou genoeg kracht opleveren om het ruimteobject van koers te doen veranderen.

tweakers.net

Geneticus Clevers nieuwe president KNAW

Wetenschappers hebben een eiwit ontdekt dat ervoor zorgt dat spieren na een krachttraining sterker worden en groeien. Wellicht is het mogelijk om de hoeveelheid eiwitten in het lichaam van mensen kunstmatig te verhogen, waardoor

spieren van mensen die niet kunnen trainen, toch sterk blijven.

Dat zou vooral een uitkomst zijn voor kankerpatiënten wiens spieren door de ziekte dunner en minder krachtig worden. Ook zouden de eiwitten de spieren van bedlegerige patiënten op kracht kunnen houden.

“Op dit moment is dit nog heel basaal onderzoek,” benadrukt onderzoeker Jorge Ruas. “Maar als je een manier kunt vinden om de hoeveelheid van dit eiwit te verhogen, dan zou dat heel opwindend zijn.”

scientias.nl

Een record: verkenners dalen 2196 meter onder aardoppervlak af

Een internationaal team van ontdekkingsreizigers heeft een indrukwekkend record gebroken. De verkenners doken de Kroebera-Voronia-grot in en daalden daar 2196 meter onder het aardoppervlak af. Dat is vijf meter dieper dan het vorige record.

De verkenners, afkomstig uit negen landen, waaronder Israël, Rusland, Spanje en Groot-Brittannië, hadden met hun bezoek aan de grot een duidelijk doel voor ogen. Ze wilden records breken. En dat is gelukt. Ze begaven zich op een diepte van zo'n 2196 meter en dat is vijf meter dieper dan het oude record. Maar er werden nog meer records

gebroken. Zo bleef de Israëlische verkenners Leonid Fagin 24 dagen op rij in de grot. Nog nooit bleef een Israëlische verkenners zo lang in een grot. Ook hadden de verkenners een primeur: ze begaven zich op een diepte van 2080 meter en dat zonder technische hulpmiddelen om te duiken. En dat is voor het eerst

scientias.nl

Electronica in de huiskamer printen

Uitvinders van de universiteit van Warwick ontwikkelden een materiaal dat goedkoop is en zelfs werkt met nu al bestaande, goedkope, 3D-printers. Het materiaal kan daarmee zelfs gebruikt worden door hobbyisten die thuis een printer hebben staan. De nieuwe technologie is goedkoop, omdat gebruik wordt gemaakt van een nieuw soort geleidend plastic wat Carbomorph wordt genoemd. Met het carbomorph kunnen elektronische laagjes en sensors worden toegevoegd aan een structuur. Ook kunnen op die manier aanraakgevoelige onderdelen worden geprint. Om het carbomorph te testen, hebben de uitvinders al enkele sensoren geprint voor videogamecontrollers, die zich vervolgens aanpassen aan de handen van de gebruiker. Ook maakten ze een koffiemok die automatisch kan vertellen hoe vol hij zit. •

scientias.nl

Van de Voorzitter

DOOR STEVEN VAN DER VEEKE

Voor de 54ste keer is er een nieuw bestuur der FMF. Ook wij pakken de traditie op om onszelf voor te stellen en de activiteiten binnen de vereniging te belichten in de perio. Daarnaast zal er door het jaar heen geschreven worden over onze plannen; een nieuw bestuur betekent een spreekwoordelijke frisse wind door de vereniging!

Mijn naam is Steven van der Veeke. Ik ben derdejaars student technische natuurkunde. Oorspronkelijk kom ik uit het pittoreske dorpje Bafflo, waar ik ben opgegroeid en het grootste gedeelte van mijn leven heb gewoond.

Toen ik begon met studeren heb ik, net als iedere student, een korte introductie tot de FMF gehad. Echter, is er bij mij toen vrij weinig blijven hangen. Studeren aan de universiteit geeft zoveel nieuwe indrukken en bovendien kwam ik er om te studeren. Na ongeveer een half jaar organiseerde de FMF een reis naar het walhalla van iedere natuurkundige: CERN. Ik heb toen het geluk gehad om met dit reisje mee te mogen gaan en tijdens deze reis maakte ik voor het eerst echt kennis met de FMF. Een jaar ging voorbij en tijdens mijn tweede excursie, de KBE naar München en Milaan, ben ik me voor het eerst een FMF-er gaan voelen.

Natuurkunde is de enige studie die bij mij past. Toch voelde ik dat er iets miste, iets sociaals, iets organisatorisch. Dit is de reden voor mij geweest om te gaan solliciteren voor het bestuur. Hoewel de vereniging toen redelijk nieuw voor mij was, had ik al enige ervaring met bestuurswerk. Iets wat ik vanuit de



jeugdsoos in Bafflo heb meegenomen. In juli zijn wij gepresenteerd als vierkoppig kandidaat-bestuur. De twee maanden daarna hebben wij elkaar beter leren kennen en een visie gevormd die we willen uitdragen als het nieuwe bestuur. In die tijd zijn wij ook klaargestoomd voor het komende jaar.

Eind september was het eindelijk zover: wij werden geïnstalleerd als 54ste bestuur der FMF!

Vlak nadat wij ingehamerd waren kwam er een aanmelding voor een vijfde bestuurslid. Omdat het wenselijk is om een vijfkoppig bestuur te zijn, hebben wij na een intensief interview waaruit gebleken is dat dit een zeer geschikte kandidaat is, besloten om dit bestuurslid te laten aansluiten. Op 29 november is het laatste bestuurslid van het 54ste bestuur ingehamerd als commissaris-intern.

Zelf heb ik een ongelooflijk leuke tijd als voorzitter bij de FMF, door de activiteiten waar ik aan mee doe en de vele nieuwe mensen die ik daardoor ontmoet. Ik heb het sociale gedeelte van mijn studie gevonden en wil dit graag met anderen delen. Je kan mij daarom altijd aanspreken in de gang, in de NSFV onder het genot van een kopje koffie of tijdens een FMF-activiteit.



How do you make a lithography system that goes to the limit of what is physically possible?

At ASML we bring together the most creative minds in science and technology to develop lithography machines that are key to producing cheaper, faster, more energy-efficient microchips.

Per employee we're Europe's second largest private investor in R&D, giving you the freedom to experiment and a culture that will let you get things done.

Join ASML's multidisciplinary teams and help us push the boundaries of what's possible.

www.asml.com/careers

ASML

For students who think ahead

Studeren in het buitenland

DOOR NIELS MARTENS

Aangezien Nederland haar kenniseconomie blijkbaar niet meer belangrijk vindt, leek het me verstandig om op de valreep gebruik te maken van de beurzen voor studeren in het buitenland voor ze ophouden met bestaan. Welke stad is nou beter om er een jaartje te vertoeven dan de stad waar J.R.R. Tolkien zijn *Lord of the Rings* schreef, C.S. Lewis zijn *Narnia* (de pub waar ze elke donderdag bijeenkwamen is vijf minuten lopen hiervandaan), Lewis Carroll zijn *Alice in Wonderland*, waar je om de haverklap filmsets van *Inspector Morse & Lewis* tegenkomt, waar elke week een wereldberoemd politicus of wetenschapper komt spreken, waar Emma Watson, Johnny Depp, Richard Dawkins en vele Nobelprijswinnaars vaste gasten zijn?

Oxford is zo anders: zoveel ongewone tradities, zoveel briljante sprekers en evenementen, zoveel historie, zoveel rare societies. Hoewel het onmogelijk lijkt om ook maar een klein beetje van de Oxford-experience via dit artikel over te brengen ga ik toch een poging wagen.

Om het leven in Oxford te begrijpen is het cruciaal om het concept 'Colleges' (i.e. instituten, niet te verwarren met hoorcolleges) te begrijpen. De 38 Colleges vormen de bouwstenen van Oxford University. Variërend van prachtige 12e-eeuwse zandstenen gebouwen tot lelijke 20ste-eeuwse betonnen blokken vormen ze de plek waar undergrads (bachelor-studenten) eten, slapen, werken, les krijgen, bidden en feesten. Maaltijden worden genuttigd in een Harry-Potter-achtige eetzaal (de Dining Hall van Christ Church is daadwerkelijk gebruikt voor de Harry-Potter-films), gestudeerd wordt er in de prive-bibliotheek (hierdoor heeft Oxford in totaal ongeveer 100 bibliotheken) en gebeden wordt er in de eigen kapel, kerk of soms zelfs kathedraal (het aantal priesters per vierkante km in Oxford is, op Vaticaanstad na, het hoogste ter wereld; en het aantal kerkkoren komt daar dicht bij in de buurt). Elk College kiest een aantal vakgebieden waar ze in specialiseren en zoekt bijbehorende Fellows. Fellows zijn tegelijkertijd onderzoekers aan de universiteit, tutors van de undergrads (elke week verdedigen de undergrads hun essays gedurende enkele uren in hun eentje in tutorials, het paradepaardje van Oxford)

en eigenaars van het College (vandaar de regel dat elke Fellow elke avond een gratis viergangendiner in the Dining Hall mag nuttigen). De Colleges vormen hun eigen mini-gemeenschap en hebben niet zoveel met de rest van de universiteit te maken; voordat Oxford een paar decennia geleden ook graduate programmas aan ging bieden was de universiteit zelf dan ook niet meer dan een machteloos klein gebouwtje met administratieve medewerkers. Als je iemand met een Oxford University trui ziet rondlopen weet men meteen dat het een toerist is; studenten zullen alleen kleding (van sjaals tot manchetknopen) van hun eigen College dragen. Naast Fellows/Tutors staat er in je College een heel leger aan Welfare Officers voor je klaar, Scouts (schoonmakers) die elke dag langskomen in je kamer, en nog veel meer staff. Veel leerlingen klagen dan ook dat ze veel te veel geld kwijt zijn aan College fees, maar de waarheid is dat Colleges zelf 90% van de kosten van een student voor hun rekening nemen. Dit geld sprokkelen ze bij elkaar door goede connecties met steenrijke alumni en eigendommen die ze in de loop van de eeuwen vergaard hebben. Zo bezit Magdalen College haar eigen hertenpark en zijn de drie grootste colleges eigenaar van bijna al het onroerend goed in Oxford (veel kavels zijn verhuurd voor periodes van 999 jaar) en er is zelfs een College dat half Londen bezit. All Souls College is een oogverblindend steenrijk gotisch College dat elk jaar de 70 afgestudeerden met de hoogste cijfers de kans geeft om hun speciale examen af te leggen. Dit betekent dat je testen moet doen



in verschillende vakgebieden van Kunstgeschiedenis tot Natuurkunde en één woord krijgt waarover je een heel essay moet schrijven. De drie winnaars worden Fellow (eigenaar) van het college en mogen de komende zeven jaar op kosten van het College promoveren, dineren en wonen.

Het meest kenmerkende aan Oxford (en Cambridge) is dat alles altijd net iets anders moet dan in de rest van de wereld. Het stikt van de rare tradities, met rare outfits, rare liedjes en rare termen. Het jaar begint met matriculation, een lange ceremonie in het operagebouw waarbij iedereen 'sub-fusc', 'bow-tie', 'mortar board' (als Visiting Student zal ik niet afstuderen aan Oxford, dus hoewel ik verplicht ben om een 'mortar board' te kopen en in mijn handen te dragen mag ik hem nooit in mijn leven opdoen) en een 'gown' moet dragen en de Vice-Chancellor in het Latijn een toespraak houdt. Daarna begint iedereen met studeren, maar natuurlijk niet voor een BSc of MSc, die bestaan hier niet. In Oxford studeer je voor een BPhil, MRes, MPhil, MLet, MSt of DPhil. Hiermee lijkt Oxford aan te willen geven dat hun titels meer waard zijn, maar tegelijkertijd krijgen de undergrads maar 3 x 8 weken per jaar les en alleen aan het eind van het eerste en derde jaar tentamens. Studenten die hun Bachelor behalen (9 x 8 weken) kunnen in principe al gaan promoveren! De paar keer dat men tentamens doet (natuurlijk weer volledig in pak en met gown en een witte, roze of rode bloem, afhankelijk van het aantal resterende examens, anders kom je de tentamenhal niet in) staan je medestudenten je buiten op te wachten na afloop en bekogelen je met rotte tomaten, eieren, meel, champagne, witte bonen in tomatensaus en supersoakers vol met verf. Als je Cum Laude je propedeuse haalt krijg je een speciale Scholars Gown; als je je bul haalt krijg je een gown met witte bontkraag en als je je PhD haalt een blauw-rode gown. Kortom, zonder exotische gown hoor je er niet bij. De avonduren besteedt men aan fancy dineetjes (werkelijk elk excuus wordt hier

gebruikt om een gezamenlijk fancy diner te organiseren, waarbij je elke keer weer opnieuw moet winkelen vanwege de nieuwe dress-code waarvan je de naam nog nooit gehoord had), bops (feestjes, maar feestjes in Oxford zijn natuurlijk geen feestjes, het zijn bops) met een thema en een winnaar voor het beste kostuum en op vrijdag een Formal Hall, waarbij iedereen moet opstaan als de Fellows in hun pak en gown langs-komen op weg naar High Table waarna er in het Latijn gebeden wordt. De bops worden af en toe afgewisseld door een Gala. Een Gala is echter niet een gewoon feestje plus galakleding. Een Oxford Gala kost soms 250,- pond en begint met een vijfgangendiner. In vijf verschillende zalen spelen vijf verschillende bands, er is een Silent Disco, je kunt lasergamen, er zijn gratis massages, chocoladefontein, botsautootjes, suikerspinnen en een luxueus ontbijt voor diegenen die de ochtend halen. Verdere memorabele momenten zijn Burns Supper, een diner op 25 januari alwaar een Schotse doedelzakspeler in kilt een ode van Robert Burns opdraagt aan je Haggis (schapenmaag) alvorens je hem opeet; Maymorning, de ochtend van 1 Mei waarbij het beroemde koor van Magdalen College een openluchtconcert geeft en hun eerstejaars proberen van de brug af te springen zonder hun benen te breken; en het achteruitzetten van de klok naar wintertijd, waarbij onze burenen (Merton College) een uur lang achteruit om hun college lopen en port drinken om de breuk in het spacetime-continuum te herstellen. Tevens wordt het jaar in mijn eigen College, Corpus Christi, afgesloten met de jaarlijkse 'tortoise race'. De Tortoise Keeper van Corpus Christi verzorgt gedurende het jaar de Corpus Christi schildpadden die in het (roze) huis van de President overnachten, en aan het einde van het jaar racen ze tegen schildpadden van andere colleges. Helaas zijn we dit jaar niet hoger geëindigd dan de derde plek.

Naast al dit luxieuze vertier wordt er natuurlijk ook nog wat werk verzet. Er zijn standaard drie of vier

seminars over Theoretische Deeltjesfysica per week en daarnaast vele bredere praatjes van wereldberoemde wetenschappers en Nobelprijswinnaars. Zodra CERN nieuwe resultaten heeft worden deze binnen een paar dagen in Oxford tijdens een seminar gepresenteerd. Kortom, de academische omgeving is geweldig. De belangrijkste reden dat ik hier ben is echter mijn Master-onderzoek in de Theoretische Astrodeeltjesfysica, onder begeleiding van Prof. Subir Sarkar, Dr. Philipp Mertsch en Prof. Olaf Scholten van het KVI. De AUGER-detector in Argentinië heeft ultrahoogenergetische kosmische straling gedetecteerd (i.e. protonen en zwaardere atoomkernen, waarmee de aarde bestookt wordt vanuit de ruimte) met energieën van meer dan 1020 eV. Dit komt dus neer op een enkel proton met de kinetische energie van een bowlingbal met een snelheid van enkele tientallen kilometers per uur! Men heeft geen idee hoe het mogelijk is dat ons universum zulke hoge energieën produceert. Als deze straling in ons sterrenstelsel geproduceerd zou worden zou de naïeve verwachting zijn dat we een 'melkweg van kosmische straling' waarnemen. Aangezien AUGER echter straling uit bijna elke richting ziet komen wordt er meestal gezocht naar extra-galactische bronnen. Recente re-



sultaten geven echter aan dat bij deze energieën de samenstelling van de kosmische straling gedomieerd wordt door zware atoom-kernen, zoals ijzerkernen. Door de hoge lading van deze kernen worden ze veel sterker afgebogen door het magnetische veld van ons melkwegstelsel dan protonen. Hierdoor is er ruimte voor de mogelijkheid dat deze straling wel gewoon in ons melkwegstelsel geproduceerd wordt, maar zodanig wordt afgebogen dat het bij de aarde vanuit alle richtingen arriveert. Onze specifieke kandidaat voor een galactische bron is de magnetar. Magnetars zijn neutronsterren met een extreem sterk magnetisch veld (meer dan 1015 Gauss!). De magnetische energie is theoretisch gezien voldoende om deeltjes tot de waargenomen energieën te versnellen. Door te simuleren hoe de straling zich voortbeweegt door verschillende modellen van het galactisch magnetische veld proberen we uit te vinden of de resultaten van AUGER ook daadwerkelijk gereproduceerd kunnen worden door een galactische distributie van magnetars.

Helaas schiet de beschikbare ruimte te kort om verder uit te wijden over onderwaterhockey, de Britse beleefdheid die omslaat in kwaadaardigheid zodra er gedronken wordt, de Presidenten van Finland en Zimbabwe, Dr. Forrest die kwam vertellen over zijn 'top secret nuclear fusion mission' gedurende de Koude Oorlog, en de Astrofysica professor die onlangs vermoord werd aangetroffen. Om hier meer te weten over te komen raad ik je aan om zelf naar Oxford te komen, of een andere universiteit in het buitenland, want studeren in het buitenland is altijd hoe dan ook een onvergetelijke ervaring. •



Analyse: kracht of valkuil?

DOOR SÉBASTIEN VOLKER

De studies die de FMF representeert staan allen bekend als zeer analytisch. Deze analytische vaardigheden kunnen worden gebruikt om bijvoorbeeld kwantummechanische problemen op te lossen, wiskundige modellen te ontwikkelen, software te schrijven, of een beschrijving te geven van bewegingen in ons heelal. Maar dit is niet alles. 'Onze' analytische vaardigheden zijn namelijk erg breed inzetbaar. Denk aan de consultants, banken en overige financiële instellingen die ons niet vanwege onze vakinhoudelijke kennis, maar vooral vanwege onze analytische vaardigheden maar al te graag willen inlijven als werknemer bij hun bedrijf.

Analyseren is ons vak, wij zijn probleemoplossers, denkers. Geef ons een probleem en we breken het op in kleine deeltjes, analyseren de deelvragen en komen met een antwoord op de gehele vraag. Soms doen we dit zelfs zonder dat we het door hebben, of misschien wel meer dan we eigenlijk zouden willen. Want willen we werkelijk alles gaan analyseren, van complexe meerdeeltjes-systemen tot aan het bakken van een taart op een vredige zondagmiddag? Maken we van onze kracht niet gelijk ook onze valkuil?

Allemaal kennen we vast wel de analogie die we soms maken tussen de exacte wetenschappen en het dagelijks leven. Zo had ik onlangs pijn op een zeer specifieke plek op mijn rug, alsof een naald in mijn rug was geprikt...een naald in mijn rug? Nee, mijn natuurkundig brein vond het beter te beschrijven als een lokale benadering van een Dirac-Delta functie... op zich een goede beschrijving, maar probeer het maar eens zo aan je huisarts of vriendin uit te leggen.

De taart op zondagmiddag. Lekker je hoofd leegmaken, volledig ontspannen, en de wetenschap even naast je neer leggen...toch? Of bekijken we de wereld toch nog door die wetenschappelijk frames? Is het mogelijk een weegschaal ooit nog als een magisch apparaat te zien dat het gewicht van de te wegen substantie weergeeft? Of een temperatuurmeetsysteem gewoon zoals het is? Of zie je variabele weerstanden, amplificers en deflection bridges voor je?

Het is verleidelijk om exact te gaan denken, omdat de natuurwetenschappen zich zo uitstekend lenen voor een precieze beschrijving van situaties, allerlei situaties, ook hedendaagse. En niemand heeft daar in eerste instantie problemen mee. Echter, het verwijt dat de exacte wetenschap wel eens wordt gemaakt, is dat ze ontuchttert. Wij bèta's zijn nieuwsgierig, we willen weten hoe dingen in elkaar zitten. Maar als we het eenmaal weten, is het mooie er dan niet vanaf? Sommigen zullen zeggen van wel, de meeste pure bèta's vinden het waarschijnlijk onzin. De waarheid ligt, zoals altijd, in het midden. Dat dingen verklaarbaar zijn, hoeft het mooie effect ervan immers nog niet weg te nemen...

Het zou misschien nog wel het mooiste zijn als we de schakelaar tussen exact wetenschappelijk bezig zijn en het genieten van vrije tijd om kunnen zetten. Dus als het moet, dan analyseren we er op los, en als het niet moet, dan doen we het ook niet. Om de analogie toch maar weer even te maken: dit kwantummechanische systeem zou ofwel in 0 ofwel in 1 moeten kunnen vervallen en niet in een intermediaire waarde. Vertel dat de natuur maar eens...•

Navier-Stokes

Simulatie van turbulente stromingen

DOOR OSCAR HESLINGA

Eén van de grote uitdagingen in de hedendaagse wetenschap is het begrijpen en simuleren van turbulente stromingen. Vele grote wiskundigen en natuurkundigen legden eeuwen geleden de basis voor een onderzoeksgebied dat nog steeds de randen van de hedendaagse wetenschap opzoekt: de stromingsleer. Gedurende de 19e eeuw kwamen Claude-Louis Navier en George Gabriel Stokes met een verzameling differentiaalvergelijkingen die de stroming van vloeistoffen en gassen zou beschrijven, bekend als de Navier-Stokes vergelijkingen.

Tot op heden is er slechts een analytische oplossing van deze vergelijkingen gevonden in situaties waar vele aannames moeten worden gemaakt met als gevolg dat de oplossing minder nauwkeurig op de werkelijkheid aansluit. Desalniettemin heeft het simuleren van stromingen voor ingenieurs zeer veel toepassingen en worden oplossingen voor ingewikkelde praktijksituaties verkregen door numerieke simulaties. Turbulentie in de stroming zorgt er echter voor dat er dusdanig numerieke precisie nodig is dat simulaties een enorme rekenkracht vereisen. Zelfs de capaciteit van de huidige supercomputers is niet voldoende voor nauwkeurige simulaties van stromingen rond kleine eenvoudige objecten. Maar, wat is turbulentie nu precies? En wat voor oplossingen heeft de wetenschap op dit moment voor handen om tóch aan praktijksituaties te kunnen rekenen?

Introductie Stromingsleer

Stromingsleer is inmiddels een belangrijk onderdeel binnen de Technische Wiskunde. Het begrijpen en kunnen plaatsen van de problemen vereist enige natuurkundige intuïtie, maar na het vertalen van wat wij observeren naar natuurwetten stuit men louter op problemen die meer de Wiskunde beslaan dan de Natuurkunde. Dit is één van de redenen voor het ontstaan van het vakgebied Technische Wiskunde.

Laten we beginnen met een stroomcursus Stromingsleer. Voor het beschrijven van een stroming zijn we op zoek naar het snelheidsveld gegeven door de vector \mathbf{u} . Dit is uiteraard een functie van tijd en plaats: $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t)$. De stroming wordt bepaald door een aantal grootheden: de dichtheid van de vloeistof of het gas ρ , de druk p , verdere externe krachten \mathbf{F} en de viscositeit ν . We gaan uit van een constante temperatuur.

Alle fundamentele vergelijkingen binnen stromingsleer zijn gebaseerd op balansen. Het beschrijven van het snelheidsveld is mogelijk door het opstellen van een massabalans, impulsbalans, krachtenbalans of, in het meest algemene geval, de energiebalans. In een balans worden alle processen binnen het onderzoeksframe meegenomen, binnen turbulente stromingsleer hebben we te maken met de twee transportverschijnselen convectie en diffusie (de verplaatsing van de moleculen binnen in het medium). Het samenvoegen van de bovengenoemde componenten geeft de uiteindelijke energiebalans voor turbulente stroming, oftewel de Navier-Stokes vergelijkingen (NSE).

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla p + \frac{1}{Re} \Delta \mathbf{u} \quad (1)$$

Hierin beschrijft du/dt de verandering van het snelheidsveld in de tijd en $(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u}$ beschrijft de convectie. In het rechterlid wordt de invloed van de druk en de viscositeit meegenomen. In de laatste term staat het Reynoldsgetal, Re . Dit getal staat centraal

in de turbulente stromingsleer en kennis daarvan is dan ook essentieel. Door het kiezen van een karakteristieke snelheid U en lengte L kunnen de NSE's worden geschaald. Alle schalen worden opgenomen in het dimensieloze Reynoldsgetal en dit is dus de enige constante die in de NSE's voorkomt zoals ook in vergelijking (1) te zien is.

$$Re = \frac{UL}{\nu} \quad (2)$$

Het Reynoldsgetal geeft de verhouding weer tussen de invloed van de viscositeit en de convectie binnen het medium. Bij hoge Reynoldsgetalen is de convectie groot ten opzichte van de viscositeit. Als dit het geval is, dan ontstaat bij een kleine verstoring erg veel kleine beweging in het medium want dit wordt niet gecompenseerd door het viskeuze gedrag van het medium, kort door de bocht is dit turbulentie! Turbulentie ontstaat dus door verstoring en dit is beter te begrijpen door te kijken naar de term voor convectie.

Convectie

Convectie is het transportverschijnsel dat wordt veroorzaakt door de daadwerkelijke verplaatsing van de moleculen binnen het medium. Om convectie in de balans op te nemen wordt er een begrensde volume vast gesteld. De verplaatsing van moleculen in en uit dit volume wordt bijgehouden door de term $(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u}$ terug te vinden in de NSE.

Diffusie

Het tweede transportverschijnsel dat we meenemen is de diffusie binnen het medium. Diffusie is transport van massa of energie veroorzaakt door een verschil van concentratie binnen het medium. Binnen in het begrensde volume kan er een verschil in concentratie in bijvoorbeeld massa, temperatuur, druk of impuls optreden. Dit leidt tot verplaatsing van massa binnen het medium.

Laten we alleen de x-component uit de convectieterm uit vergelijking (1) nemen en een verstoring van het snelheidsveld u (de x-component van \mathbf{u}) nemen door een sinusgolf met frequentie k :

$$u \frac{\partial u}{\partial x} \sim k \sin(kx) \cos(kx) = \frac{1}{2} \sin(2kx) \quad (3)$$

Wat er gebeurt binnen deze term is dat de verstoring met frequentie k door middel van convectie door gaat werken als een verstoring met frequentie $2k$. Aan de andere kant van de NSE werkt de verstoring ook in de viscositeit.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \sim -k^2 \sin(kx) \quad (4)$$

De amplitude van de viscositeit is dus k^2 . Wat er gebeurt is dat de frequentie van de verstoring groeit vanwege convectie, dus de lengteschaal wordt kleiner en kleiner tótdat de amplitude k^2 dusdanig groot is geworden dat viscositeit deze convectie compenseert. Echter, de contributie van viscositeit is $1/Re$. In praktijksituaties zijn Reynoldsgetalen van 10^6 meer regel dan uitzondering en dus is de convectie in de gelegenheid enorm kleine structuren te laten ontstaan. Deze structuren worden ook wel eddies genoemd. Het ontstaan van deze eddies is te zien in onderstaand figuur.

Probleemstelling

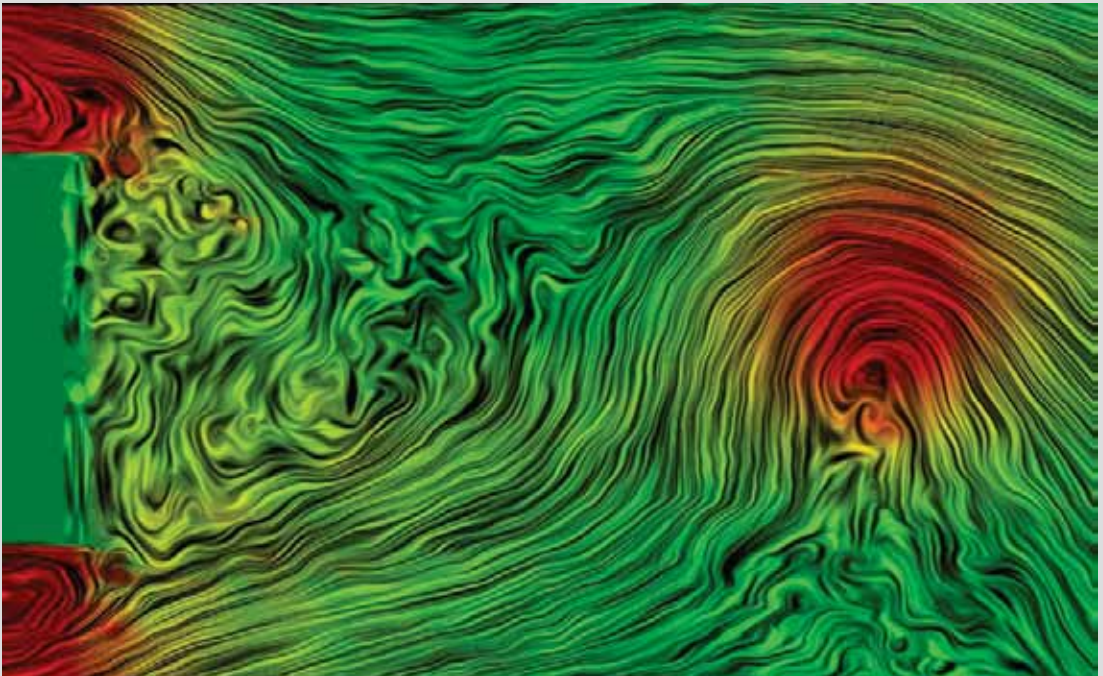
Het grote probleem van simuleren van turbulentie ligt bij het verkrijgen van oplossingen voor de NSE uit vergelijking 1. De NSE is een enorm ingewikkelde verzameling van non-lineaire partiële differentiaalvergelijkingen, deze hebben doorgaans geen analytische oplossingen tenzij de situatie door het maken van aannames erg vereenvoudigd wordt. De oplossingen die de wiskunde hiervoor biedt is het numeriek oplossen van deze vergelijking. Door het definiëren van roosterpunten in de ruimte kunnen op deze roosterpunten de oplossingen worden uitgerekend. Dit brengt ons weer terug op de eddies. Als we de ontzettend kleine eddies willen simuleren moet ons rooster zeer fijn zijn, anders zijn de kleine eddies en hun invloed op de oplossing niet mee te nemen. Het nadeel van een fijn rooster is dat er zoveel punten ontstaan

dat het aantal bewerkingen wat een computer moet uitvoeren ontzettend groot wordt. Om een nauwkeurige oplossing te verkrijgen moet er dus voldoende rekencapaciteit voor handen zijn. Terugdenkende aan het feit dat in de praktijk Reynoldsgetallen van de orde 10^6 zijn en dat onze problemen driedimensionaal zijn zal de vereiste rekenkracht schalen als $Re^3 \sim 10^{18}$. De precieze afleiding hiervan maakt gebruik van de theorie van Kolmogorov over energiedissipatie en is te vinden in [1]. Zelfs hedendaagse supercomputers hebben geen voldoende rekencapaciteit om nauwkeurige oplossingen te verkrijgen voor problemen in bijvoorbeeld de industrie. Hoe kunnen we dan tóch bruikbare simulaties van turbulente stromingen verkrijgen? Dát is het probleem waar de Technische Wiskunde zich op het moment mee bezig houdt.

Er zijn verschillende invalshoeken van waaruit dit probleem aangepakt kan worden. Denk bijvoorbeeld aan het verbeteren van numerieke methoden, het verhogen van de rekencapaciteit van supercomputers of, en hier zullen we verder op in gaan, het vinden van een manier waarop de invloed van de kleine eddies verwaarloosd kan worden. Large Eddy Simulation (LES) is een simulatiemethode dat is voortgevloeid uit het bovenstaande probleem. Het idee van LES is dat we de snelheidsvector opdelen in de invloed van de grote eddies en die van de kleine eddies volgens:

$$\mathbf{u} = \bar{\mathbf{u}} + \mathbf{u}'$$

De grote eddies, uit het snelheidveld $\bar{\mathbf{u}}$, worden dan direct uitgerekend via de standaard numerieke methoden tot zover onze rekencapaciteit dit kan leveren. De invloed van de kleine eddies \mathbf{u}' worden daarentegen



FIGUUR 1 Numerieke simulatie (door Wim de Leeuw, CWI) van stroming van een medium met $Re = 22.000$ langs een vierkante cilinder (links in beeld)

uit de oplossing gefilterd. Het mooie van deze methode is dat de belangrijkste invloeden in het snelheidsveld worden gesimuleerd met reken capaciteit die voor handen is. Men moet echter niet vergeten dat dit filteren een lastig proces is.

Het is niet een kwestie van een grens trekken bij een bepaalde frequentie. Invloed van de kleine eddies kan op grotere schaal tóch doorwerken tot in de oplossing. Het probleem zit hem in de niet-lineaire term (de convectieterm) in de NSE waarin kleine snelheden met elkaar worden vermenigvuldigd. Om dit te illustreren moet men denken aan een filter dat hoge frequenties uit een signaal filtert. Bij het vermenigvuldigen van signalen met een hoge frequentie kan het resulterende signaal lage frequenties bevatten. Dit volgt uit de rekenregels voor het vermenigvuldigen van sinusoiden. Ditzelfde concept geldt voor het filteren van stromingen met convectie. Bij LES is het dus ontzettend uitkijken om niet bepaalde invloeden vanuit de kleine eddies onterecht uit de oplossing te filteren. Op het moment zijn er verschillende manieren die allen in bepaalde situaties goed werken. Een eenduidige oplossing voor het probleem is echter nog niet gevonden.

Eddies

Eddies zijn de wervelingen die ontstaan in een turbulente stroming. Eddies zijn op allerlei lengteschalen waar te nemen. In figuur 1 zien we eddies ontstaan door de aanwezigheid van een voorwerp in een stroming, het gaat hier om een lengteschaal in de orde van decimeters. In simulaties van stromingen in de oceaan kunnen eddies ontstaan in de orde van honderden kilometers. Een mooi voorbeeld hiervan is te zien in figuur 2.

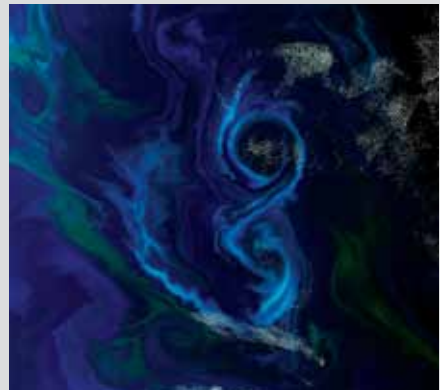
“When I meet God, I am going to ask him two questions: Why relativity? And why turbulence? I really believe he will have an answer for the first.”

Toekomstperspectief

Desalniettemin geven deze mogelijkheden aan dat er hoop is voor de toekomst. Onze numerieke methoden voor het oplossen van vergelijkingen als de NSE worden steeds efficiënter en meer gespecialiseerd op het probleem. Het omgaan met de grote hoevee-

heden data is een veld waar bijvoorbeeld informatici de komende jaren stappen zouden kunnen maken. Het ontwikkelen van modellen voor turbulentie is dan ook één van de grote uitdagingen binnen de wereld van de moderne wetenschap. Laten we hopen dat de huidige wetenschappers wat optimistischer zijn dan Werner Heisenberg destijds:

“When I meet God, I am going to ask him two questions: Why relativity? And why turbulence? I really believe he will have an answer for the first [1].”



FIGUUR 2 Vorming van lichtgevende algen in de Zuid-Atlantische Oceaan (European Earth-observing satellite).

Referenties

- [1] [1] Veldman A.E.P., Velická A., ‘Stromingsleer’, 2009

Fotocollage

De faculteit in beeld

DOOR **BART MARINISSEN**

FOTO'S: **ARMIN PALAVRA** EN **BART MARINISSEN**

In de Perio lees je wat er zoal gebeurt op de FWN (Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen). Je leest echter nooit onze geliefde faculteit eruit ziet. Gedreven door de gedachte dat een beeld meer zegt dan duizend woorden zijn enkele kundige fotografen binnen de redactie op pad gestuurd. Het resultaat is hier te bewonderen.

Foto's linkerpagina:

Onder: Zuidzijde Nijenborgh 4.

Foto's rechterpagina:

Linksboven: De Linnaeusborg.

Rechtsboven: Buste van prof. Bernoulli in de Bernoulliborg.

Linksmidden: Buste van prof. Zernike, in de receptiehal van Nijenborgh 4.

Rechtsmidden: Cleanroom in Nijenborgh 4.

Onder: Receptiehal van de Bernoulliborg.





“Beautiful Science”

FMF-Symposium 21 nov 2012

DOOR HERBERT LÖHNER

Ruim op tijd en met een doordachte planning (zoals men het kent van de FMF) was een enthousiaste “symcic” onder voorzitterschap van Natasja Ybema, met Nathan Mol, Tom Nijbroek, Ricardo de Ruiter en Roald Ruiter als leden, reeds in het voorjaar van 2012 actief, om het FMF-Symposium 2012 de nodige financiële onderbouwing en een aantrekkelijke inhoudelijke vorm te geven. Dit is uitstekend gelukt!

Voor het Gasunie-gebouw als locatie was een “gelukstreffer”. De elegante uiterlijke contouren en de met kunstvoorwerpen gespiekte wandelgangen waren de perfecte omgeving om even de harde last van de alledaagse studie of productieve wetenschap te verruilen voor een kijk op de “mooie” kanten van wetenschap: “between elegance and universal truth”

Na het welkomstwoord van Natasja werden de bijna 150 bezoekers in het zeer goed gevulde auditorium begroet door Michiel Bal, communicatieadviseur van de Gasunie. Het is lang niet vanzelfsprekend om in dit prachtige gebouw met een belangrijke schakelfunctie voor de gasverdeling in Nederland een symposium te mogen houden.

Maar het intrigerende thema en de grote interesse van de Gasunie in goed gevormde en breed georiënteerde wetenschappers waren overtuigend genoeg voor een uitzondering, liet Michiel Bal weten.

Als sprekers voor dit symposium waren vooraanstaande wetenschappers en docenten gevraagd uit de vakgebieden Theoretische Hoge-Energie Fysica, Biofysica, Wiskunde en Wetenschapsfilosofie. Deze selectie van sprekers belofde dat zeer verscheidene aspecten van “Beautiful Science” belicht werden en aanleiding tot ruime discussies kon geven. Deze verwachting werd niet teleurgesteld.

Om het ijs te breken voor de meer vakspecifieke discussies van “schoonheid” in verband met wetenschap,

presenteerde ondergetekende in een korte inleiding enkele persoonlijke en algemene beschouwingen over de ervaring van “schoonheid”, vaak samengaand met symmetrie en harmonie, in bijvoorbeeld de aantrekkelijke medemens, fascinerende kunst en slim bedachte en elegant uitgevoerde experimenten. Zou het fenomeen “schoonheid” onze manier van denken en argumenteren kunnen beïnvloeden en leiden?

Als onderzoeker op het gebied van supersymmetry en supergravity liet Academisch hoogleraar Eric Bergshoeff (RUG) wel doorschemeren dat de schoonheid van een theorie lang niet alles zegt over de onderliggende waarheid. Zo was dan ook zijn stelling: “Don’t be misled by beauty.” Wel beaamde hij dat vele wetenschappers, zoals Dirac en Feynman, zeer inge-





nomen waren van het begrip schoonheid als leidraad en dat een goed begrepen theorie zich meestal in een elegante formule voordoet. Anderzijds is hij sceptisch dat de veelbesproken “theory of everything” ooit gevonden zal worden, omdat zo’n absoluut mooie theorie grote problemen zou ondervinden om ingewikkelde meer-deeltjes fenomenen te behandelen, die aan de basis staan van complexe structuren.

Juist zulke complexe mooie structuren fascineren honorair hoogleraar Doekele Stavenga (RUG) in zijn onderzoek naar “physics of vision” en “physics of animal coloration”. Hij liet prachtige plaatjes zien van fantastisch gekleurde en gestructureerde vlindervleugels, vogelveren en keverruggen – allemaal geëvolueerd om partners te lokken. Nog verbazender is dat de verschijnselen vaak verklaard kunnen worden door delicate fysische verschijnselen zoals interferentie, meerlaagse reflectie en fotonische kristallen. Stavenga vat samen wat schoonheid in zijn optiek is: “beauty=color+form+delicacy”.

Een meer abstracte kijk op schoonheid in de wetenschap ontwikkelde wiskunde-historicus Jan van Maanen (UU, RUG), eerder hoogleraar van het Freudenthal instituut in Utrecht en nu onderwijscoach aan de FWN in Groningen. Hij stelt: “Beauty has a dual nature; it exists and at the same time it is constructed.” Onder bewijsstelling van zijn didactische kwaliteiten presenteerde van Maanen enkele intrigerende voorbeelden van wiskundige bewijzen door geometrische constructies – inspirerend om na te doen en “droge” wiskunde aantrekkelijk te maken.

Het verband tussen spannende wiskunde en de mysterieuze constructies in Escher’s lithografische kunstwerken ontrafelde getallen-theoreticus en Academisch hoogleraar Hendrik Lenstra (UL). Met duizelingwekkende computeranimaties van Escher’s “Prententoonstelling” (1956) maakte hij duidelijk hoe Escher moeizaam en zorgvuldig de “rechte” wereld grafisch transformeerde in een “gekromde” wereld met paradoxaal oneindige herhalingen zoals bekend in het “Droste effect”. Schoonheid werd zichtbaar door een ingenieuze verbinding van complexe wiskunde met de intuïtie van een kunstenaar.

Na deze boeiende slaglichten op schoonheid en wetenschap, die knagende vragen stimuleerden en voor toereikende discussiestof in de pauzes zorgden, vroeg

wetenschapsfilosoof en boekauteur (“Beauty and the revolution in science”) James McAllister (UL) zich af of “schoonheid” ook een teken van “waarheid” kon zijn. Dit vermoeden wordt gevoed door de neiging van wetenschappers om in eerste instantie voor de meest aantrekkelijke oplossing te kiezen. Zo zegt Roger Penrose: “So often, in fact, it turns out that the more attractive possibility is the true one ...”. McAllister propageert de “esthetische inductie”: uit ervaring weten wij welke esthetische concepten het meest succesvol zijn geweest en deze concepten zijn de beste leidraad voor het ontwikkelen van nieuwe wetenschappelijke theorieën. Hij stelt dan ook: “Scientists learn to find beautiful the theories that resemble the empirically most successful theories of the past”.

Naadloos ging deze uitdagende en spannende uiteenzetting over in een levendige vragenronde en de aansluitende podiumdiscussie. Deze werd prachtig gevoed door onderwerpen uit de boeiende presentaties, nieuwsgierige vragen van het publiek en uitdagende stellingen van de sprekers, welke ook voor een spannende onderlinge discussie zorgde. Alleen de lokkende borrel in de prachtige voorhal van het Gasunie gebouw maakte een einde aan een spannend en uniek symposium, maar nog lang niet aan het vermoedelijk eindeloos debat wat schoonheid en wetenschap nu werkelijk met elkaar te doen hebben. In ieder geval, tijdens het afsluitende diner met sprekers en commissieleden kwam nog een mooi historisch gedachte-experiment langs: de “klootkrans” van de Vlaams-Nederlandse Natuur- en Wiskundige uit de 16/17e eeuw, Simon Stevin: een uitdaging voor iedereen om dit eens op te zoeken en nog eens de schoonheid van de wetenschap te ervaren •



Vorig Breinwerk

DOOR DE REDACTIE

Peter Laagland wint het vorige breinwerk, hij had slechts 3 van de 18 locaties niet gevonden. Hij wint het prentenboek 'Groningen verandert', deel 2! Ook een vermelding voor Niels Manschijn is terecht, hij had als enige van de vier inzendingen uitgevonden dat (3) het laboratorium voor Infectieziekten is.

1 De zonnwijzer in de Prinsentuin; 2 Buste van Aletta Jacobs voor het Harmoniegebouw; 3 Laboratorium voor Infectieziekten; 4 Kunstewerk

aan de Prinsessenweg; 5 Deel van de Museumbrug; 6 Noordelijk Scheepvaartmuseum Groningen; 7 Het Joods monument in het Sterrebos; 8 Herestraat, meer ten zuiden; 9 Kunstwerk in het Zonneplantsoen; A Grote markt, aan de gevel boven de geldautomaten; B Munnekeholm; C Simon van Hasseltschool; D Provinciehuis, bij het Martinikerkhof; E Zonnellaan, bij de kruising met de Eikenlaan; F Schilderij bij de Poortershoes; G Kruising Dr. C. Hofstede de Grootkade en Herman Colleniusstraat; I Driehovenstraat; J Rietdiephaven

Nieuw Breinwerk

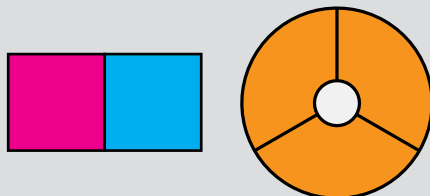
5 Landen, 6 Oorlogen

DOOR DE REDACTIE

Vroeger, nog voor grote softwarefabrikanten kaart-applicaties ontwikkeld hadden en toen de aarde nog geen GPS had, werden kaarten met de hand op papier getekend. Grenzen, wegen, rivieren, alles werd met lijnen getekend, en dan kan het onduidelijk worden. In principe heb je alle landen een schaaqbordindeling geven, zodat je makkelijk kan zien welk gebied bij welk land hoort.

Helaas bleek al snel dat zo'n indeling door gevechten en oorlogen makkelijk wordt verstoord en dan wordt alles al snel een chaos. Wanneer landen zo'n instabiele politieke omgang hebben, dan is het van belang dat ieder land weet welke landen aangrenzend zijn. Niet alleen om legers te verplaatsen, maar ook om te weten naar welke landen je goederen kunt vervoeren zonder in een ander land te komen. Stel dat de regeringen zat zijn van alle oorlogen, en afspreken dat alle landen dezelfde vorm en afmeting krijgen. Ook wordt afgesproken dat alle landen aan elkaar dienen te grenzen, zodat geen derde land internationaal transport kan blokkeren. In het figuur hiernaast zie je hoe dat voor 2 of 3 landen kan.

Dan kunnen twee landen dusdanig liggen dat ze aan elkaar aangrenzen. Drie landen van dezelfde vorm kunen allen ook elkaars buurland zijn. Dat zien we in het figuur hieronder. Dit keer vraagt de redactie je om zoveel mogelijk landen van dezelfde vorm en afmeting dusdanig te plaatsen, zodat ieder land aan ieder ander land grenst. In principe mogen er gaten in de indeling zitten, daar is bijvoorbeeld een ontoegankelijk gebied. Landen die aan zo'n ontoegankelijk gebied grenzen, grenzen niet per sé aan elkander. Onder de inzendingen die het meeste aantal landen zo weet te plaatsen verloten we een prachtige wereldkaart op groot formaat. Veel succes!



FIGUUR 1 Voorbeelden van 2 en 3 landen van gelijke grote die aan elk ander land grenzen

Lekker eten met Bernadette

Klassieke kaasfondue voor deze koude wintermaanden

DOOR BERNADETTE VAN KESTEREN

Moeilijkheid:



Aantal personen:

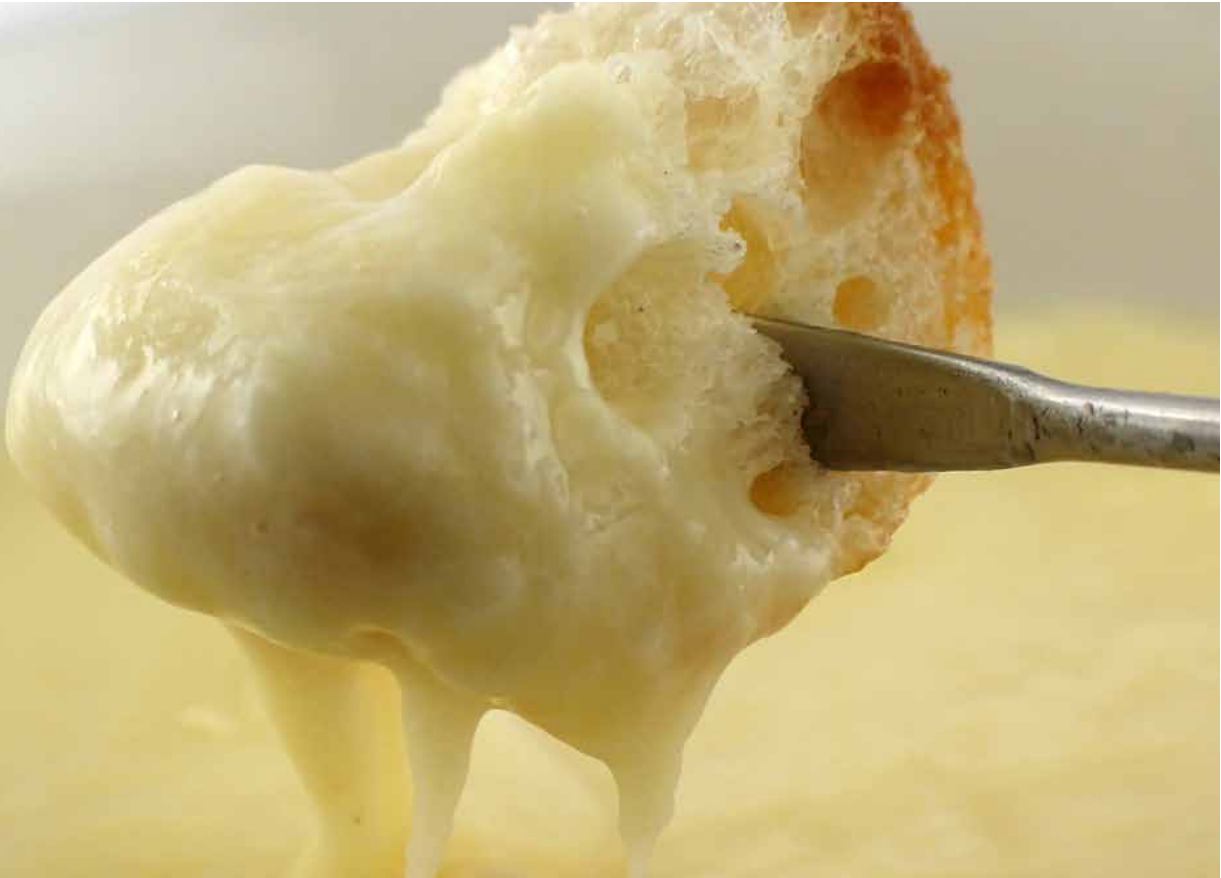
3 à 4

Bereidingstijd:

+/- 15 min



Fondues zijn makkelijk en leuk om te maken. Ze zijn ook fantastisch voor een gezellig samenzijn met familie of vrienden. Dipsauzen zijn van allerlei ingrediënten te maken - van kaas en soep tot chocolade - en je kunt er vrijwel alles in dopen. Fondues zijn prima geschikt voor verschillende gelegenheden, van een cocktailparty tot een verjaardagsfeestje voor kinderen, of een romantisch diner bij kaarslicht voor twee.



Achtergrond informatie

Het woord fondue is Frans voor 'gesmolten'. Een traditionele Zwitserse fondue wordt gemaakt met kaas die is gesmolten in wijn, bier of likeur. Maar vandaag de dag zijn groenten, fruit, vlees en zeebanket ook geliefd. De Zwitsers verdelen fondue in vijf categorieën: kaas, Bourgondisch (olie), Bacchus (wijn), oosters en chocolade. Voor een Bourgondische fondue worden rauw vlees en ander eten aan tafel in

een pan flink sudderende olie bereid en dan met diverse dipsauzen opgediend. In de Bacchusfondue, vernoemd naar de oude wijngod, is wijn of bier het kooknat, terwijl chocoladefondue een populair dessert is. Een oosterse fondue begint met kokend water of bouillon, die meestal in een karakteristieke vuurpot op tafel wordt gezet. Aan tafel worden dan vlees en groenten in het vocht gekookt, waarna de verrijkte bouillon als sluitstuk van de maaltijd wordt geserveerd. Deze fonduestijl is bekend onder de namen vuurpot of hotpot.

Recept:

Materiaal:

- fonduepan of middelgrote, zware pan;
- schaaltes of kommetjes voor stokbrood en groenten;
- fonduevorken (gewone vorken of lange, houten satéprikkers kun je ook gebruiken)

Ingredienten:

- 1 teentje knoflook , gehalveerd;
- 4 dl droge witte wijn;
- 300 gram jong-belegen Edammer (of Gruyère) kaas, in blokjes of geraspt;
- 300 gram Kruidenkaas;
- 50 gram blauwschimmel kaas, verbrokken;
- 1 eetl. maïzena;
- 1 eetl. Kirsch (bij de slijter);
- 1 theel. vers citroensap;
- stokbrood ;

Bereiding:

1) Wrijf de fonduepan in met een teentje knoflook, gehalveerd.

2) Giet de wijn erin en verwarm hem op de kookplaat totdat ze gaat bruisen. (Laat de wijn niet aan de kook komen).

3) Voeg nu eventueel 1 eetl. citroensap toe (zo wordt later het mengsel van kaas en wijn mooi homogeen).

4) Voeg nu de geraspte kaas in gedeelten bij de wijn, terwijl je goed roert met een houten lepel met een gat erin. De kaas moet heel langzaam smelten – ca. 5 minuten in totaal – omdat hij anders draderig en taai wordt.

5) Meng de maïzena met wat wijn en bind hiermee de fondue tot sausdikte.

6) Breng hem op smaak met de kruidenroomkaas en eventueel de kirsch.

7) Serveren met stokbrood in stukjes en eventueel wat gekookte groenten.

8) Ook leuk om te dippen zijn: cherrytomaatjes, roosjes (gekookte) broccoli of bloemkool en rauwe stukjes rode of groene paprika.

Variatietips:

- mild: alleen Emmentaler gebruiken.
- medium: de helft Emmentaler en de helft Grère
- sterker: een mengsel van 1/3 Emmentaler en 2/3 Gruyère
- sterkst: alleen met belegen Gruyère
- Gebruik cider in plaats van wijn.

Referenties:

- [1] 'Fondue bij jou of bij mij thuis', Robert Carmack, Good Cook Publishing, ISBN 9789073191457

De gang naar werkelijkheid

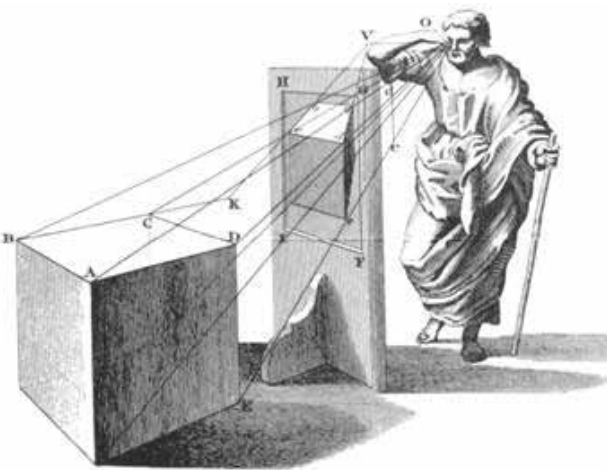
DOOR ARSALAN TORKE GHASHGHAEE

Toen Wile E. Coyote onwetend een rotswand in probeerde te rennen, vroeg het kind in mij zich iets af. Ziet hij dan niet dat Road Runner die tunnel geschilderd heeft? Wat blijkt, Road Runner gebruikte een bescheiden truc om Wile E. erin te tuinen. Een truc die wij bij tekenen hebben geleerd op de middelbare school, maar die duizenden jaren niet goed werd begrepen, om daarna als een fundament te dienen voor de kunstbeweging tijdens de Renaissance.

Bij het woord perspectief denk je aan de manier waarop je iets bekijkt. Dat kan mentaal zijn, zoals een ander perspectief hebben op de prachtige nieuwe huisvesting van de bibliotheek FWN. Dat kan ook fysisch zijn, zoals hoe de contouren van desbetreffende huisvesting lijken te convergeren naar een punt in de verte. Het is dat laatste concept dat een grotere rol in de wetenschaps- en kunstgeschiedenis heeft gespeeld dan velen waarschijnlijk zouden denken. Sinds Euclides besprak hoe lichtstralen als een kegel je ogen binnenkomen (figuur 1), is er tot het einde van de middeleeuwen maar mondjesmaat bijgedragen aan de onderliggende wiskundige regels van lineaire perspectief. Een lang traject dus. Maar een bijzonder fascinerende.

Oh Agatharchus, oh Agatharchus!

Eén van de eersten die begrip toonde voor perspectief was een Griekse schilder genaamd Agatharchus, rond de 5e eeuw voor Christus [1]. Zijn pogingen tot het gebruik ervan bij het maken van achtergronden voor theaterstukken waren zodanig indrukwekkend dat het Griekse meetkundigen inspireerde om het concept wiskundig te analyseren [1]. Ook in uitgegraven ruïnen in Pompeï zijn muurschilderingen gevonden die een degelijke gebruik van perspectief toonden. Alhoewel deze pogingen meer weg hebben van de intuïtieve blik van de schilder, toonden ze weinig sporen van het gebruik van regels [1].



FIGUUR 1 De 'kegel van het zicht'
Bron: H. Aslaksen



FIGUUR 2 Guillaume de Tyr, c. 1460, His toire d'Outremer

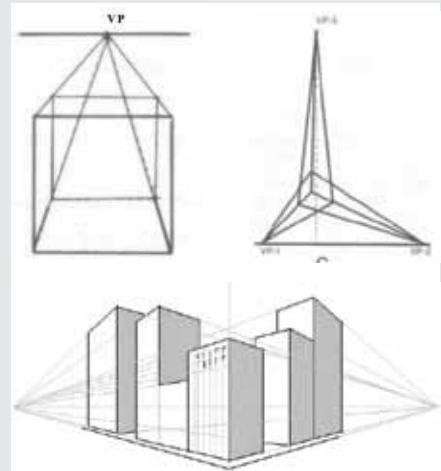
Een opfrissertje

Als je ergens naar kijkt zal het je opvallen dat alles in de verte samen lijkt te komen. Dat heet het verdwijnpunt. Daar is er altijd minstens één van in een tekening of foto maar hoogstwaarschijnlijk, en vooral om je heen, zie je er meerdere waarbij je dan kan spreken van 1-, 2- of 3-puntsperspectief.

De lijnen die convergeren, oftewel de lijnen die uitmaken of er in een beeld sprake is van 1-, 2- of 3-puntsperspectief zijn makkelijk te vinden. Kijk in een bepaalde richting en beschouw de scene voor je. De lichtstralen die van de randen van een object je ogen binnenvallen vormen een kegel (of in 2d een piramide) met als top je ogen. Des te verder een object van je af staat, des te langer en nauwer de kegel, waardoor een object in het oneindige een punt lijkt. De basis van die kegel vormt je gezichtsvlak. In figuur 1 ziet de man een projectie van de kubus. Die projectie is als het ware een afkapping van zijn gezichtsvlak, oftewel de kegel.

Alle lijnen die niet parallel staan ten opzichte van je gezichtsvlak, zowel in de x- als in de y- richting, zullen naar een verdwijnpunt convergeren. Dus als je recht tegenover een vlak van een kubus gaat staan, zul je

merken dat de ribben die loodrecht op jouw gezichtsvlak staan, lijken te convergeren naar één verdwijnpunt. Zet je een stap naar rechts en sta je tegenover een rib dan kun je twee verdwijnpunten verkrijgen. Kijk je richting een hoekpunt dan zijn het er drie. Een onjuiste toepassing hiervan kan in een tekening voor een vervormd beeld zorgen.



FIGUUR 7 Met de klok mee: 1-punts, 3-punts en een 2-punts perspectief

Na de val van het Romeinse rijk en ten tijde van de verspreiding van het Christendom werd weggestapt van de natuurgetrouwe Griekse kunst. Eeuwenlang zou niet een juiste weergave van de werkelijkheid, maar een correcte vertolking van de boodschap, met name die van de Bijbel, de kunst overheersen. Bijvoorbeeld door het vergroten van belangrijke personages. In figuur 1 is de middeleeuwse stijl te zien waar over een fatsoenlijk verdwijnpunt niet kan worden gesproken. Gevoel voor diepte verloor belang. Tot aan de 14e eeuw, en de geboorte van een legende in Florence.

Nee. Da Vinci is het niet. Dat is de 15e eeuw. De man in kwestie heet Giotto di Bondone. Een man die ondanks zijn prestaties niet de bekendheid geniet van da Vinci en Michelangelo. Wat deed deze Giotto dan en waarom was hij belangrijk? Hij bracht diepte in zijn schilderijen. Niet zozeer met perspectief, waar hij ook pogingen tot deed, maar met schaduw. Dat gaf een gevoel van diepte dat in duizend jaar niet was gezien [9A]. In dezelfde eeuw volgden andere schilders in zijn sporen en trachtten diepte in hun schilderijen

aan te brengen, maar bij gebrek aan wiskundige regels deden ze dat op basis van trial-and-error [2]. Giotto zou bekend komen te staan als de meester der schilders in zijn eeuw en hoofdverantwoordelijke worden voor het nieuwe streven naar realisme dat één van de grondslagen zou vormen van de schilderkunst in de renaissance. Maar dat zou hij niet zelf meer meemaken. Want pas in de volgende eeuw nam het verhaal echt een wending.

Hans Kazan in Florence

Filippo Brunelleschi was geen bekende schilder. Het was voor hem waarschijnlijk meer een hobby. Misschien was het juist vanwege zijn plezier erin dat hij tijd wist vrij te maken voor een opmerkelijk experiment. In de straten van Florence, vlakbij de kathedraal, zou hij in 1420 een aantal willekeurige voorbijgangers verbaasd doen opkijken. Brunelleschi had namelijk op een paneel een tekening gemaakt van het baptisterium. De andere kant van het paneel was blanco. Hij zou aan een voorbijganger vragen aan

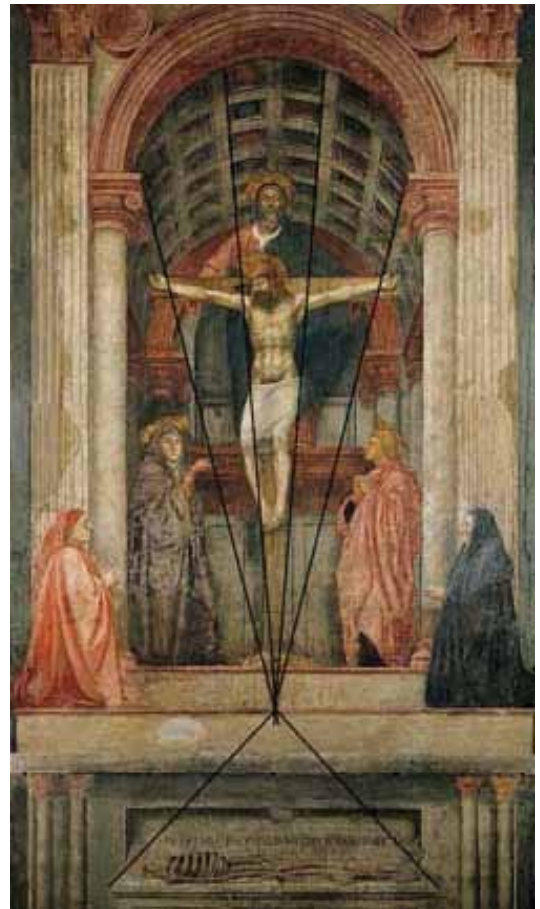


FIGUUR 3 Het idee van Brunelleschi's experiment, S.Y. Edgerton

de blanco kant door een kijkgat te staren (figuur 3). Brunelleschi zelf stond tegenover de tekening met een spiegel in zijn hand. Deze geniale architect had een dusdanig nauwkeurige tekening gemaakt van het baptisterium dat de voorbijganger geschokt was door de gelijkenis wanneer de spiegel werd weggetrokken [3]. Brunelleschi had aangetoond dat hij de wiskundige basis van perspectief had beheerst en effectief toe kon passen [4A]. De gevolgen waren dramatisch. Hij maakte van schilderkunst een wetenschap [11]. Helaas had hij geen tijd of misschien zelfs niet de behoefte om de regels op papier te zetten. Hij zou het te druk krijgen met de bouw van de gigantische koepel op de Florentijnse kathedraal. Hij was nog wel zo vriendelijk om zijn opgedane kennis te delen met een aantal van zijn goede vrienden, waaronder een jonge, ambitieuze schilder genaamd Masaccio. Hij wist wel raad met zijn nieuw vergaarde kennis.

Niet lang na Brunelleschi's experiment kreeg Masaccio een belangrijke commissie voor een Florentijnse basiliek. Een muurschildering van de Heilige Drie-eenheid. Hij zou er iets moois van maken. Deze muurschildering is één van de eerste schilderijen waarin een juiste en methodische toepassing van perspectief te vinden is [5B]. Masaccio was op dat moment al een erkend schilder. Naast zijn kwaliteiten met de kwast wist hij met deze muurschildering een realistisch ef-

fect te behalen dat tot dan toe nauwelijks was gezien. De 'Holy Trinity' (figuur 4) laat de lijnen convergeren naar één verdwijnpunt, op een hoogte van 1,75m [5B]. Daarmee toonde Masaccio Brunelleschi's regel aan dat het verdwijnpunt op ooghoogte moet plaatsvinden om een kloppende 'illusie' te krijgen [5B]. Zijn vaardigheden zouden hem erg gewild maken, maar tragedie sloeg toe.



FIGUUR 4 De Heilige Drie-eenheid, Masaccio, 1425, fresco, Santa Maria Novella



FIGUUR 5 School van Athene, Raphaël, 1509-10, fresco, Apostolisch Paleis Vaticaanstad

Masaccio verloor drie jaar later zijn leven, maar niet voordat hij met een reeks muurschilderingen voor een andere Florentijnse kerk, voor het laatst zijn beheersing van perspectief tentoonstelde. Hoe gaat het verhaal verder? Voor een verdere verspreiding van de methode was er iemand nodig die de wiskunde ervan zwart op wit zou zetten. Binnen luttele jaren verscheen er een nieuwe hoofdpersonage die alles in sneltreinvaart zou brengen.

Rond 1430 zette Leon Alberti voor het eerst van zijn leven een stap in de stad van zijn voorvaders. Hij was een fervent ingenieur, en maakte goed gebruik van de financiële middelen van zijn bankiersfamilie. Hij werd verbannen uit Florence door de vorige doge, omdat hij rechten studeerde aan de universiteit van Bologna [10B]. Spoedig hij zou zich bezighouden met het schrijven van zijn boek: 'De Pictura', over schilderen, die hij zou opdragen aan onder andere Brunelleschi en de overleden Masaccio. Hiermee was hij de eerste die de regels van 1-punts perspectief publiceerde. De Pictura was dan ook een mijlpaal in dat opzicht. Door zijn uitgebreide uitleg over het behalen van een natuurgetrouw gevoel van diepte (nieuwsgierigen, zie [5D]) plaveide hij de weg voor tal van kunstenaars om

schilderijen en tekeningen te maken die vorm zouden geven aan de Renaissance. Meer dan ooit tevoren zou hij aangeven dat een schilder goede kennis moet hebben van geometrie [6B]. Alleen zó kon een schilderij een "afkapping vormen van de visuele piramide" [6D]. De Pictura zou het baanbrekende werk worden wat kunstenaars nodig hadden.

Call of Beauty

In de decennia na het verschijnen van De Pictura verspreidde het idee van het boek zich en leerden steeds meer schilders het zich aan om diepte op deze meer natuurgetrouwe wijze weer te geven in hun schilderijen. Ucello, Masolino, Carpaccio en anderen zouden de kunst van de Renaissance vorm geven met behulp van wiskundig toegepast 1-punts-perspectief en zo de 'waarheid', het kloppend geheel, weergeven in hun schilderijen [5C]. Della Francesca zou de wiskundige kant nog verder uitbreiden [4B] en ook da Vinci was erdoor gefascineerd. In zijn eigen woorden over kunst: "perspectief is de gids en de ingang, zonder welke niets capabel gedaan kan worden" [6C]. Het was in zijn tijd dat perspectief voor het eerst werd gebruikt in wetenschappelijke en architectonische tekeningen

[5A]. Maar het zou duren tot de eeuw daarop voordat deze sectoren langzaam overstag zouden gaan [5A] en wetenschappers het idee formeel begonnen te behandelen [10A]. Dan zou perspectief ook onder kunstenaars echt goed beheerst en gebruikt worden. Een voorbeeld hiervan is Raphaël's School van Athene (figuur 5), waar het verdwijnpunt in de hand ligt van Plato ligt [8B].

Pas in de 18e eeuw werd men meester over de wiskundige basis van 2-punts-perspectief [6A]. Nog een eeuw daarvoor, in de Gouden Eeuw van Nederland, zou Johannes Vermeer zijn beheersing van 2-punts-perspectief aantonen. Zijn hechte vriendschap met Antonie van Leeuwenhoek zou hem wellicht op de hoogte hebben gebracht van de theorie van licht en diepte [8A]. Het zou wederom lang duren voor 3-punts-perspectief werd beheerst. Kunst werd in de Renaissance gezien als een afbeelding van de natuur een schilderij als een raam waardoor de kijker de natuur aanschouwt [11], tot leven gebracht met een lineair perspectief. De kunstenaars die zich hierin verdiepten liepen zodanig voor op hun wetenschappelijke tijdgenoten, dat ze zelf de touwtjes in handen namen, kunst en wetenschap met elkaar mengden en zo de weg baanden voor het nieuwe denken dat grote wetenschappers, zoals Galileo [7], zou beïnvloeden. Van het bescheiden begin dat het kende met Agatharchus, tot Brunelleschi's 'illusie'. Van Raphaël naar Vermeer en verder.

Naar Newton's tijdloze woorden, Road Runner stond op de schouders van reuzen. Zelfs vanuit dat perspectief ziet de nieuwe bibliotheek er niet uit. Bedankt expressionisten •

Referenties

- [1] P Perspective as a Geometric Tool that Launched the Renaissance, C. W. Tyler ,2000
- [2] A Lifelong Interest: Conversations on Art and Science, E. H. Gombrich & D. Eribon, 1993, p106
- [3] In memoriam Filippo Brunelleschi, Symmetry 2000, Part 2, p 491-502, 2002
- [4] The Art of Renaissance Science: Galileo and Perspective, J. W. Dauben. 4A: H3Part1, 4B:H3Part3
- [5] The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective, S. Y. Edgerton, 1975. 5A: p24, 5B: p27, 5C: p21, 5D: p42-9
- [6] The Geometry of an Art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge, K. -Andersen, 2007. 6A: pxxi, 6B: p18, 6C: p82, 6D: p19
- [7] - Galileo and Perspective: The Art of Renaissance Science, J. W. Dauben
- [8] Math and the Mona Lisa: the Art and Science of Leonardo da Vinci, B. Atalay, 1st Edition, 2004. 8A:p118, 8B: p123
- [9] The Story of Art, E. H. Gombrich, 16th Edition, 1995. 9A: p201-4, 9B: p254
- [10] Britannica.com artikelen: Leon Batista Alberti, Filippo Brunelleschi, Euclid, Geometry, Perspective(art) en verwante artikelen.
- [11] A World History of Art, H. Honour & J. Fleming, 7th Edition, 2009, p419-20



FIGUUR 6

Wile E. Coyote
Chuck Jones



Techniek die het leven eenvoudiger en aangenamer maakt

Bij Philips in Drachten zijn we ervan overtuigd dat technologie tegelijk zinvol en eenvoudig moet zijn. Wij brengen dat dagelijks in de praktijk met de ontwikkeling en productie van producten als de shaver, stofzuiger, Senseo, Wake-up Light en Airfryer. Producten die het leven van mensen vereenvoudigen en veraangemen.

Groei mee met Philips. Kom werken bij een innovatief bedrijf dat een verschil maakt in de gezondheid en het welzijn van mensen. Je gaat deel uitmaken van één van de grootste ontwikkel- en productiecentra van Philips. Op deze site werken 2000 medewerkers, waaronder 600 ontwikkelaars van meer dan 35 verschillende nationaliteiten. De samenwerking in multidisciplinaire teams binnen de onderdelen High Impact Innovation Center; Innovation Personal Care, Innovation Domestic Appliances en Shaver Production Center biedt interessante loopbaanmogelijkheden.

Meer weten over een mogelijke start van je carrière? Bezoek dan www.philips.com/careers of www.philips.com/engineers voor traineeships, stages of een vaste baan, er is altijd wel een start die bij je past.

PHILIPS
sense and simplicity

Programmeerwedstrijden

DOOR JELLE NAUTA

Klik... klik... klik... Met geduldige regelmaat refresh ik de pagina van het jureersysteem, turend naar de lijst van berichten op het scherm. Na een halve minuut verschijnt een groene melding - team 4 heeft weer een opgave opgelost! Ik sprint naar de deur, gris in het voorbijstormen een kleurige ballon van het plafond en dwing mijn adem tot rust voordat ik beheerst het betreffende practicumlokaal binnenstap. De twee programmeurs kijken tevreden toe hoe ik de met helium gevulde trofee aan hun voedingskabel bevestig. De naburige teams werpen er een jaloerse blik op en buigen zich nog iets dieper over hun toetsenborden.

Aldus mijn eerste ervaring met programmeerwedstrijden, als manusje bij de Benelux Algorithm Programming Contest (BAPC) in Groningen op 17 oktober 2009. Hoewel programmeren natuurlijk op zich al leuk is, maakt het direct competitieve element van de wedstrijd er een activiteit van die op menig verjaardagspartijtje niet zou misstaan.

Wedstrijdopzet

Tijdens de meeste programmeerwedstrijden wordt alleen of in tweetallen gewerkt. De deelnemers krijgen een aantal opgaven en dienen deze binnen de gestelde tijdslimiet op te lossen. Hiertoe leveren ze per opgave hun code in, meestal met enige keuzevrijheid in de te gebruiken taal. Een jureersysteem, menselijke beoordelaars of beide testen vervolgens of het programma de juiste uitvoer geeft en of het voldoende efficiënt werkt. Dit laatste vormt vaak de uitdaging, want een brute-force oplossing ligt meestal wel erg voor de hand, maar voldoet niet aan de snelheidscriteria. Punten worden vergeven op basis van het aantal opgeloste opgaven, eventueel met bonuspunten voor eerdere oplossingen, strafpunten voor afgekeurde pogingen of een tie-breaker opgave waarin oplossingen op kwaliteit worden vergeleken. De drinkprogrammeerwedstrijd “Crash and compile” [1] vormt hierop met zijn exotische scoresysteem een uitzondering. Bij zo’n wedstrijd moet de programmeur een slokje ranja nemen wanneer hij een programmeerfout maakt. De suikers verbeteren na verloop van tijd de programmeerprestaties.

Geschiedenis

De eerste echte programmeerwedstrijden dateren al uit de zeventigerjaren, met de ACM-ICPC in Texas [2]. Destijds werd er natuurlijk nog niet in het tegenwoordig populaire C, C++ of Java geprogrammeerd, maar in oertaal FORTRAN of het pasgeboren Pascal [3]. De softwareindustrie bespeurde dat het wedstrijdmodel bijzondere mogelijkheden biedt in het stimuleren en vinden van programmeertalent, hierdoor heeft het concept in de afgelopen jaren een grote vlucht genomen.

Zo werd IBM in 1997 sponsor van de ACM-ICPC, en indstien is het aantal deelnemers van ca. 2500 vertienvoudigd [2]. Google en Microsoft organiseren sinds 2003 respectievelijk de “Code Jam” en de op studenten gerichte, interdisciplinaire “Imagine Cup”. Facebook startte afgelopen kalenderjaar de “Hacker Cup”, waarin opgaven meer arbeidsgeoriënteerd zijn. Alle wedstrijden leveren de winnaars, naast geldprijzen van enkele duizenden dollars, ook het vooruitzicht van een aantrekkelijke baan op [4], [5], [6]. Voor de ambitieuze informaticus zijn programmeerwedstrijden dus niet alleen spannend, maar ook een mogelijke carrièrestarter.

In ons eigen Groningen werd van 1997 tot en met 2010 ieder jaar door studenten de IWI-programmeerwedstrijd georganiseerd [7]. Helaas is dit de afgelopen twee jaar niet meer gebeurd, en moesten we het doen

met de voorronde van de BAPC. Afgelopen jaar deden ook hier slechts twee teams aan mee, dus het is op zijn zachtst gezegd abominabel gesteld met het programmeerwedstrijdklimaat onder de huidige lichte informaticastudenten. Misschien heeft men er door het BSA, de harde knip en de langstudeerdersboete eenvoudigweg geen tijd meer voor. Gelukkig biedt het internet voor de eenzame liefhebber een toegankelijk alternatief: de online programmeerwedstrijd.

Online Programmeerwedstrijden

Het nadeel van online programmeerwedstrijden is dat je je tegenstanders niet triomfantelijk in de ogen kunt kijken of op gepaste momenten jezelf met competitieve gebaren kenbaar kunt maken. Hier staat tegenover dat je vanuit je luie bureaustoel de strijd met elkaar kunt aangaan op flexiblere tijden. Op deze manier wordt de programmeerwedstrijd een aantrekkelijk alternatief voor een avondje Modern Warfare 3. Voorbeelden van online programmeerwedstrijden zijn de eerder genoemde Code Jam en Hacker Cup. Daarnaast zijn er ook onafhankelijke(re) online platforms zoals de communitygigant TopCoder [8] en mijn persoonlijke favoriet CodeChef [9], waar elke maand een lange, tiendaagse wedstrijd, en een korte, ongeveer 3 uur durende wedstrijd wordt georganiseerd. Voor de meer wiskundig aangelegden onder ons is er ten slotte nog Project Euler [10]. Dit is niet zozeer een wedstrijd, maar een verzameling puzzels waarvan het antwoord altijd een getal is dat men op de website invult. Dit geeft ultieme vrijheid in de keuze van gereedschap, en het probleem kan soms zelfs worden opgelost zonder een programma te schrijven.

Lekker puzzelen

Een programmeerwedstrijdprobleem wordt doorgaans in de vorm van een (humoristisch) verhaaltje gesteld met voorbeeld in- en uitvoer. De eerste uitdaging voor de programmeur is om te herkennen welke informatie relevant is en hiermee het probleem te vereenvoudigen en abstraheren. Vervolgens kunnen op deze abstractie technieken uit allerlei vakgebieden worden toegepast. Doordat problemen vaak talloze oplossingen hebben,

worden ze niet snel eentonig en is de programmeur vrij om zijn creativiteit de vrije loop te laten. Desondanks komt een aantal methoden vaak terug. Hiertoe behoren bijvoorbeeld de combinatoriek, datastructuren, zoekalgoritmes en dynamisch programmeren. Gevorderde deelnemers hebben dan ook een bibliotheek van nuttige code om zich het steeds opnieuw als zombies uittypen van dergelijke constructies te besparen.

“Maar Jelle, kun je niet gewoon een concreet voorbeeld geven?” hoor ik de kritische lezer denken. Om de drukkosten te beperken kan ik hier helaas geen gehoor aan geven, maar dit is ook geenszins nodig. Op codechef.com zijn de oplossingen van oude wedstrijden in te zien, zodat men wijze lessen kan trekken uit de code van winnaars. Om terug te komen op de BAPC van 2009 zijn ook de (door de organisatie geprogrammeerde) referentie-oplossingen van dit vijf uur durende internationale toernooi online beschikbaar [11]. Het boezemt ontzag in om te bedenken dat het winnende team maar liefst 7 van de 9 opgaven goed had: alleen het overtypen van de referentie-oplossingen hiervoor zou met gemiddelde snelheid al bijna anderhalf uur kosten. Ik kan bijna niet anders dan aannemen dat de winnaars boven hun theewater waren en profiteerden van de zogenaamde Ballmerpiek [12], maar dat is een verhaal voor een andere keer. •

Referenties

- [1] Crash and Compile, crashandcompile.com
- [2] ACM International Collegiate Programming Contest, icpc.baylor.edu/ICPCWiki/attach/staticResources/Factsheet.pdf
- [3] Information about ACM ICPC World Finals, online-judge.uva.es/board/viewtopic.php?f=9232
- [4] Imagine Cup FAQ, compete.imaginecup.com/faq
- [5] Code Jam, code.google.com/codejam
- [6] Announcing the Facebook 2011 Hacker Cup, www.facebook.com/note.php?note_id=467531498919
- [7] IWI Programmeerwedstrijd www.wing.rug.nl/~PW/index.php
- [8] Top Coder, community.topcoder.com/tc
- [9] Code Chef, www.codechef.com
- [10] Project Euler, projecteuler.net
- [11] BAPC 2009, 2009.bapc.eu
- [12] XKCD, Ballmer Peak, xkcd.com/323

Tandwielen en anti-tandwielen

Hoe de enigma gekraakt werd

DOOR BART VISSER

Dankzij dit staaltje techniek waren de Duitsers in de Tweede Wereldoorlog lange tijd in staat om gecodeerd berichten te versturen. We hebben het hier over de *Cypher Machine E*, beter bekend als de Enigma. Doordat de Enigma code door de Britse inlichtingendienst werd gekraakt, werd een grote nieuwe bron van informatie gevonden. De ontcijfering van de Duitse berichten kreeg de codenaam *Ultra* en had uiteindelijk een grote rol in het verloop van de Tweede Wereldoorlog. Niet voor niets vertelde Winston Churchill aan het einde van de oorlog aan de Britse koning George VI dat de oorlog is gewonnen dankzij Ultra.

Het principe achter de Enigma is vrij oud. Mechanische codeermachines gebaseerd op ringen en cilinders zijn in de oudheid vrij nauwkeurig beschreven, dit gaat zelfs terug tot de vierde eeuw voor Christus. De Enigma werd gepatenteerd door Arthur Scherbius in 1918. Scherbius was een uitvinder die de Enigma zag als een codeermachine voor het bedrijfsleven om vertrouwelijke bestanden te versturen. Het apparaat trok echter de aandacht van het Duitse leger, waarna de commerciële productie stop werd gezet in 1923. Het idee van de Enigma is gebaseerd op het Caesar getal, een mono-alfabetische substitutie van letters. Elke letter wordt vervangen door zijn *n*-de buurman in het alfabet.

ABCDEF... CDEFGH...

Hier wordt elke letter vervangen door zijn 2-de buurman. Na de letter Z komt gewoon de letter A, zodat we een gesloten lus van het alfabet hebben. Deze code is echter vrij simpel te kraken door gebruik te maken van het vaak voorkomen van bepaalde letters in een taal. Neem in het Nederlands bijvoorbeeld de letter E, zodra je deze hebt kunnen bepalen volgt de rest er ook gelijk uit.

Scherbius bedacht daarom een beter idee: een poly-alfabetisch schema. Steeds als een letter wordt gecodeerd, verandert het getal *n* mee.

ABCDEF... CDEFGH...
 ABCDEF... DEFGHI...
 ABCDEF... EFGHIJ...
 ABCDEF... FGHIJK...

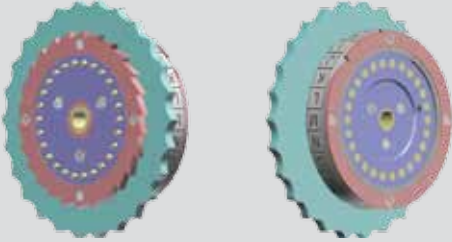
Van boven naar beneden wordt aangegeven hoe de eerste tot de vierde letter gecodeerd dient te worden. Hieruit volgt dat DEAF, FHEK wordt na het coderen. Alhoewel zowel een mono-alfabetische als een poly-alfabetische substitutie even ver van het origineel af liggen, vergroot de laatste toch duidelijk de veiligheid van code doordat het encoderschema elke keer wordt veranderd.

Werking

De primaire onderdelen van de enigma bestaan uit een toetsenbord, een vervormer en een lampenbord. Het coderen gebeurt in de vervormer, welke bestaat uit een aantal rotors, zie het kader. De originele enigma had er drie. Afhankelijk van de relatieve positie van de rotors, begint een stroom via een bepaalde route door alle rotors te lopen. Het beginpunt correspondeert met een letter in een stuk te coderen tekst, waar het eindpunt overeenkomt met een letter in het gecodeerde stuk tekst. Wanneer vervolgens aan het einde van de derde rotor ieder contact met een willekeurig ander contact werd verbonden, dan gaat een stroom nogmaals door alle rotors heen. Zo'n *spiegelende rotor*

Werking van een rotor

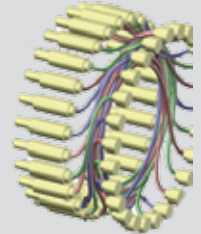
Het idee van een rotor is dat het voor een willekeurige Caesar-codering kan uitvoeren. Hij heeft daarvoor een linker en een rechter deel, die je ten opzichte van elkaar kunt draaien in 26 verschillende standens, zie ook het volgende figuur.



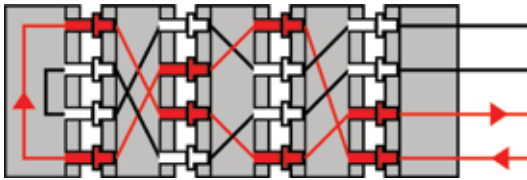
Beide delen hebben aan de buitenkant connectoren die aan de binnenkant, dus tussen beide delen, zijn verbonden met draden. Dat zie je in het figuur rechts. Op die manier kun je bijvoorbeeld de connectoren van het rechter deel verdraaien waardoor ze op een andere plek komen te zitten, maar nog steeds met dezelfde linker connectoren verbonden zijn.

Zulke rotors kun je vervolgens naast elkaar plaatsen om een enigma te bouwen, de linker en rechter connectoren tussen rotors raken elkaar dan. Op die manier ontstaat een enigma waar een transformatie voor 26 karakters mee gedaan kan worden. Door vervolgens mechaniek te verzinnen die iedere letter de posities van de rotors verandert heeft het zin om meerdere rotors te hebben. Immers had je anders gewoon de transformatie kunnen samenvatten in één rotor die verschoven is als de som van de verschuivingen van meerdere rotors.

Om de rotors nog wat valser te maken, zijn er verschillende types, dat wil zeggen dat je draden tussen beide delen zo nu en dan verwisselt. Op die manier wordt het voor een buitenstaander lastiger een bericht te decoderen, omdat daarmee ook de volgorde van het alfabet geen aanname meer is. In principe kun je dan $26!$ types maken, in werkelijkheid waren het er in de orde 10.



staat in het volgende figuur. Op die manier geldt dat de codering symmetrisch is, dus als een A een P wordt, zou dan een P ook een A worden. Op die manier kan dezelfde machine dus voor zowel decoderen als encoderen gebruikt worden.



Het te versturen bericht wordt gewoon getypt vergelijkbaar met een typemachine. Elke keer als een toets wordt aangeslagen, begint een stroom te lopen door de contacten in de vervormer zodat er een lamp begint te gloeien welke de gecodeerde letter laat zien. Zodra een toets is aangeslagen, verandert de meest rechtse rotor zijn positie door een $1/26$ -ste draaiing. Na een volledige draaiing van de meest rechtse rotor, heeft de middelste rotor een draaiing van $1/26$ -ste gehad. Analooq hieraan heeft de meest linkse rotor natuurlijk ook een volledige draaiing gehad. Om een bericht te decoderen moet men niet alleen beschikking hebben over de machine, maar men moet ook de startpositie weten. Met andere woorden, men moet weten in welke

positie de rotors waren toen de tekst werd getypt. Om het bericht te decoderen, moet de machine in dezelfde startpositie worden gebracht, waarna het gecodeerde bericht wordt getypt. De output van de machine is dan vervolgens het originele stuk tekst.

Als er wordt uitgegaan van de originele Enigma, dan bestaan er $26^3=17576$ verschillende startposities. Om de veiligheid van de Enigma te vergroten, werden vijf rotors met een verschillend intern bedradingsschema gebruikt. Willekeurig kan elk van de vijf rotors gebruikt worden in de machine en ook in een willekeurige volgorde. Daarnaast hebben de rotors letters aan de buitenste ring. Deze ring is beweegbaar zodat er gesproken kan worden over een bepaalde positie van de ring. In het algemeen geeft de ring de mogelijkheid om de relatieve positie van de letters tot de kern te variëren. Exact dezelfde positie van de rotor kan nu een geheel andere letter representeren. Een extra vorm van veiligheid werd bewerkstelligd door het gebruik van een zo genaamd stekkerbord. Voordat de letters in de vervormer gaan, worden ze verwisseld via een dwarsverbindingstelsel. Door A en E met elkaar te verbinden, worden de letters A en E met elkaar verwisseld en vice versa. Door rond de vijf of zes, maximaal dertien, stekkers te gebruiken verhoogd men het aantal start-

mogelijkheden met een factor twee tot driemiljard.

Met de beschikbare methoden in die tijd, het handmatig proberen van toetsen, duurt het een aantal miljoen jaar voor 1000 operators om alle startposities te proberen. Dit leidde de Duitsers ertoe om te beweren dat hun codes onkraakbaar en dus veilig waren.

Algemeen gebruik

Alhoewel er verschillende modellen van de Enigma in gebruik waren, bleven het gebruik ervan in principe hetzelfde. Van tevoren werden voor elke dag van een periode standaardinstellingen afgesproken en opgeschreven in een codeboek. De standaardinstellingen zijn de gebruikte rotors en hun interne bedrading, de startposities en eventuele simpele transformaties die nog gedaan werden.

Een gebruiker die een bericht wil versturen, deed dit in twee delen. Het eerste deel werd gecodeerd met startposities uit het codeboek. Daarin stond informatie over voor wie het bericht relevant was, naar nog belangrijker, begon met willekeurige startposities voor het tweede deel van het bericht. Zulke startposities zijn in feite samen te vatten als drie letters. De Duitsers herhaalden deze drie letters, zodat de eerste drie letters gelijk waren aan de tweede. De precieze reden hiervoor is onduidelijk. Vervolgens codeerde de gebruiker het tweede deel van het bericht met de code die hij in het eerste deel stopte. De ontvanger kon met het codeboek het eerste deel decoderen en wanneer van toepassing het tweede deel met de code die hij net had gedecodeerd.

In het algemeen diende een bericht korter te zijn dan 200 karakters. Hoe langer het bericht was, des te makkelijker het gekraakt kon worden. Als het nodig bleek te zijn, dan werd een bericht in meerdere delen opgedeeld. Elk onderdeel werd dan versleuteld met een andere sleutel. Er bestonden bepaalde richtlijnen hoe bepaalde delen, woorden en paragrafen van elkaar gescheiden dienden te worden. De lettercombinatie CH

komt in het Duits erg vaak voor, vandaar dat het werd afgekort als de letter Q. Woorden werden gescheiden met de letter X. Cijfers werden volluit uitgeschreven enzovoorts. Kortom, het decoderen van een bericht maakte het noodzakelijk de beschikking te hebben over een Enigma machine, de startpositie en de kennis om de machine te kunnen bedienen.

De menselijke factor en het niet te onderschatten geloof dat de Enigma niet te kraken was leidde er uiteindelijk toe dat de code gekraakt werd. Ongetrainde en luie radio-operatoren gebruikte slechte codes zoals nabijgelegen letters op het toetsenbord voor het coderen van het tweede deel. Het hele concept van het versturen van berichten met een dubbel gecodeerde startpositie van de rotors had daarmee zijn zwakke punten. Dit wetende gaf de krakers een ingang tot het grote geheim van de Enigma.

Het ontrafelen van de code

De eerste succesvolle pogingen de Enigma te kraken werden gedaan door de Polen. Na de Eerste Wereldoorlog hield Polen een oogje in het zeil bij Duitsland door de radioberichten af te luisteren. In 1926 bleken deze verstuurd berichten opeens waardeloos, het was duidelijk dat de Duitsers waren begonnen met het versleutelen van hun berichten. Hoe de Polen er achter kwamen hoe het precies zat met de coderingssleutels is niet bekend, waarschijnlijk had het te maken met spionage en een flinke dosis geluk. Het staat echter buiten kijf dat het kraken van de Enigma het resultaat is geweest van enkele getalenteerde jonge Poolse wiskundigen.

Zonder de startposities kon geen enkel bericht worden ontcijferd. Naar aanleiding hiervan kwam de wiskundige Rejevski met een methode om met behulp van lineaire algebra het bedradingsschema van de Enigma te ontrafelen. Met behulp van al deze kleine aanwijzingen waren de Polen in staat om zelf een replica van de Enigma te bouwen. Omdat de eerste drie en de tweede drie letters van het eerste deel hetzelfde wa-

ren konden zogenaamde Zygalski-vellen worden opgesteld. Deze vellen werden gebruikt om mogelijke startposities te geven, welke vervolgens simpelweg werden geprobeerd.

In de loop der jaren werd het bedradingschema van de Enigma veranderd, wat er eigenlijk voor zorgde dat al het werk van de Polen voor niets was geweest en ze weer opnieuw konden beginnen. Een meer geavanceerde methode om de code te kraken werd gebruikt met behulp van een apparaat genaamd *Bomby*. Met behulp van bepaalde afleidingen konden verschillende startposities worden bepaald. Te veel om handmatig te proberen, echter is dit wel te doen voor een machine. Voor drie rotors waren zes Bomby's nodig, wat overeenkomt met de zes permutaties. In 1938 werden nog eens twee rotors toegevoegd aan de Enigma, wat resulteerde in 60 permutaties. Hierdoor waren er dus 60 Bomby's nodig, wat voor de Polen op dat moment onbetaalbaar was. Op het moment dat Polen werd binnengevallen door Duitsland vluchtten veel prominente leden van het Poolse kraakteam het land uit, al hun kennis kwam terecht in Frankrijk en Engeland. Sommige van deze Poolse wiskundigen werkten mee met de Engelsen wat uiteindelijk resulteerde in het kraken van de herbedraade Enigma.

Nadat de Polen al een groot deel van het voorwerk hadden gedaan, konden te Engelsen met een voorsprong beginnen met het oplossen van de puzzel. Het hoofdkwartier van de afdeling Communicatie bevond zich in *Bletchley Park*, ongeveer 60 kilometer ten noorden van Londen. Aan het einde van de oorlog werkten hier rond de 10000 mensen, waaronder Alan Turing. Met behulp van de vergaarde kennis van de Polen concentreerden de Engelsen zich op het verfijnen van de Bomby in de *Bombe*. De Bombe itereert in principe ook door alle mogelijke startposities, er werden echter minder mogelijkheden gevonden.

De eerste Bombe's waren gebaseerd op circulaire lussen in de *cribs*, zoals gegeven in het volgende voorbeeld. Het weten van bepaalde delen van de tekst in

gecodeerde en onbewerkte vorm werd een crib genoemd. Op positie 1 is de E vervangen door X, vervolgens wordt op positie 4 de X vervangen door de W, op positie 8 wordt de W vervangen door de V en tot slot wordt in positie 10 de V weer vervangen door de E.

E...X...W...V
X...W...V...E

Een verzameling vervormers werkten parallel aan bepaalde delen van de crib. Het detecteren van een geldige instelling werd een 'drop' genoemd. De Bombe stopte, waarna de operator de mogelijke instelling noteerde, vervolgens ging de machine weer verder. Niet elke drop kwam overeen met een geldige instellingen, er waren altijd foute oplossingen. Het was aan de operators om ze te proberen.

De Enigma had duidelijk zijn tekortkomingen, echter was het een enorm complex apparaat. Het werd uiteindelijk gekraakt met nagenoeg geen voorkennis. Zeker voor die tijd en de gegeven mogelijkheden was het hele opgave om een mechanische machine te maken die snel genoeg is om alle mogelijkheden snel te proberen. Het is dan ook een prestatie van formaat dat in tijden van oorlog een machine werd ontwikkeld die kan worden gezien als een voorloper van de huidige computer. De Bombe doet namelijk op vele manieren denken aan een vroege versie van een parallelle processor. Hoewel gelimiteerd in zijn mogelijkheden, werkte hij wel efficiënt. Het verleden bewijst hoeveel invloed innovatie, in dit geval wat rotors en draden, op het verloop van de geschiedenis kan hebben. •

Referenties

- [1] <http://www.pbs.org/wgbh/nova/military/how-enigma-works.html>
- [2] <http://home.earthlink.net/~nbrass1/enigma.htm>

Schut Geometrische Meettechniek is een internationale organisatie met vijf vestigingen in Europa en de hoofdvestiging in Groningen. Het bedrijf is ISO 9001 gecertificeerd en gespecialiseerd in de ontwikkeling, productie en verkoop van precisie meetinstrumenten en -systemen.

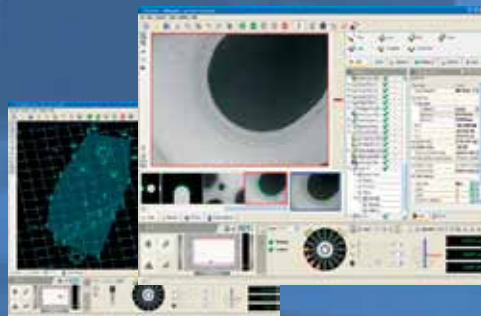
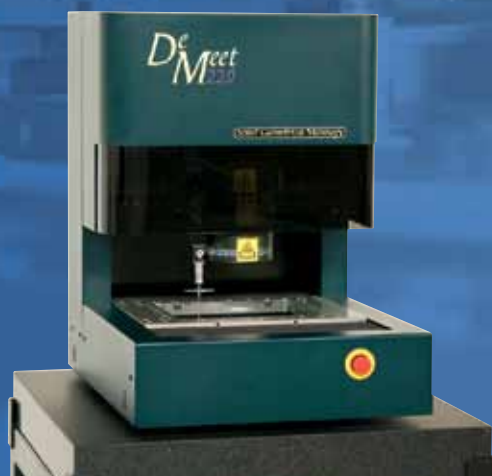
Aangezien we onze activiteiten uitbreiden, zijn we continu op zoek naar enthousiaste medewerkers om ons team te versterken. Als jij wilt werken in een bedrijf dat mensen met ideeën en initiatief waardeert, dan is Schut Geometrische Meettechniek de plaats. De bedrijfsstructuur is overzichtelijk en de sfeer is informeel met een "no nonsense" karakter.

Op onze afdelingen voor de technische verkoop, software support en ontwikkeling van onze 3D meetmachines werken mensen met een academische achtergrond. Hierbij gaat het om functies zoals **Sales Engineer**, **Software Support Engineer**, **Software Developer (C++)**, **Electronics Developer** en **Mechanical Engineer**.

Er zijn bij ons ook mogelijkheden voor een technisch interessant **stage-** of **afstudeerproject**. Dit kan in overleg met de docent worden afgestemd.

Open sollicitaties zijn ook zeer welkom. Voor echt talent is altijd ruimte.

Voor meer informatie kijk op www.Schut.com en Vacatures.Schut.com, of stuur een e-mail naar Sollicitatie@Schut.com.



APPROVE
for De Meet

