



perio*diek

op regelmatige tijden terugkerend november december 2006

2 | Van de Redactie

DOOR IVAR POSTMA

Er heerst een lichte feeststemming bij de redactie. Ons geliefde blaadje bestaat nu al tien jaar. Sinds het collegejaar 1996/1997 heeft de FMF haar Periodiek en dit hebben wij dan ook kortstondig gevierd. Kortstondig, want er moet tenslotte ook gewerkt worden. Op de valreep van 2006 presenteren wij u: een splinternieuwe Periodiek. Als redactie gaan wij het nieuwe jaar in met een nieuwe lay-out. De opmaakredactie heeft haar best gedaan om de Periodiek nog mooier te maken dan hij al was. De mooiste ooit, dat streven loopt opnieuw als een rode draad door het perioweekend. Schoonheid laat zich echter niet beschrijven dus ik nodig u uit om het resultaat zelf te aanschouwen.

Naast een lust voor het oog moet het uiteraard ook inhoudelijk de mooiste ooit worden. Om dit te bewerkstelligen hebben geven Jan Feitsma en Thomas ten Cate ons inzicht op hun verkeerssimulatie, vertelt Ena Tiesinga over het drogen van kaas en lopen we speels door de geschiedenis van de Periodiek, het blijft tenslotte een feestnummer.

In een interview dat we met Cees Dekker hadden, geeft hij zijn visie op de hedendaagse wetenschap in combinatie met religie. Dekker, wetenschappen en gelovige, sprak hier in oktober over en de redactie wist hem te strikken voor een klein aantal vragen.

Om geheel in het thema te blijven van onderzoekers die van de ge-

bruikelijke wetenschappelijk weg afstappen, is er een artikel over Viktor Schauberger. Deze Oostenrijkse boswachter kreeg de mysterieuze bijnaam 'De Watertovenaar'.

Zelf zijn we ook nog aan het toveren geslagen in een poging om onze jeugdheld MacGyver te evenaren. Of dit gelukt is valt te lezen in het eerste artikel in de serie 'MacBusters'.

Ewoud Werkman studeerde enige tijd in Duitsland en heeft over deze periode een verslag geschreven. Niet alleen leerde hij bij onze oosterburen van alles over *Ambient Intelligence*, ook weet Ewoud nu dat moeders altijd gelijk hebben.

De redactie sprak ook nog met Roel Verstappen, die zich bezighoudt met golfballetjes, boomblaadjes, Mexicaanse cactussen en haaienpakken. Een rare mix maar het verband is te verklaren uit de turbulente stromingen die rond al deze objecten optreedt.

Verder gaan we in deze Periodiek in op metamaterialen, die onzichtbaarheid van mythe tot werkelijkheid omtoveren, vertelt Anisa Salomons over haar stage bij Deloitte en deelt de commissaris-extern zijn ervaringen met ons.

Een bomvolle editie dus, en daarmee ideaal om de korte dagen van de kerstvakantie mee te vullen. De gehele redactie wenst u dan ook, naast veel leesplezier, hele fijne feestdagen toe. •

COLOFON

Hoofredactie

Samuel Hoekman Turkesteen

Eindredactie

Ivar Postma

Redactie

Hielke de Haan, Wicher Visser, Jelle van der Zwaag, Olger Zwier

Opmaakredactie

Pjotr Svetachov, Marten Veldhuis

Scribenten

Thomas ten Cate, Jan Feitsma, Anisa Salomons, Ena Tiesinga, Roel Tempelaar, Ewoud Werkman

Met dank aan

Cees Dekker, Kees Hink, Gert Kootstra, Anne Meuwese, Piet & Jur, Roel Verstappen, Job van der Zwan

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 20 januari 2007.

Adverteerders

TMC Physics (pag. 29), Vertis (pag. 33), Optiver (pag. 40). Ook adverteren? Neem contact op met bestuur@fmf.nl.

Oplage

1400 stuks

Druk

Scholma, www.scholma.nl

© Groningen, 2006

6 MacBusters: Chocolade als ducttape

Waarom MacGyver altijd de meid krijgt.



9 Nooit meer rood licht?

De Stig trapt hem op zijn staart!



13 Het drogen van kaas

Geen droge kost!



16 Geloven in de wetenschap

God en Darwin in één zin.



19 10 jaar Periodiek

Waarom de perio* al tien jaar het mooiste blad is.



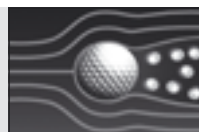
22 Onzichtbare materialen

Fysica achter de onzichtbaarheidsmantel van Harry Potter.



34 Rekenen aan turbulenties

Stekels, strips en stromingen.



36 De Watertovenaar

De wondere waterwerken van Viktor Schauberg.



In het nieuws	4
Advertorial: Deloitte	26
Van de Commissaris-Extern	28

Studeren in het buitenland: E in .de	30
Breinwerk	38

Gelijksoortige prikkels gaan ons boven de pet

Zonder veel problemen kunnen we autorijden én naar de autoradio luisteren: het tegelijkertijd uitvoeren van complexe taken gaat ons aardig af. Maar wanneer beide taken van dezelfde 'perceptuele klasse van stimuli' zijn, dan lukt ons dat niet meer. Bijvoorbeeld als twee mensen door elkaar heen praten. Maar een pieptoon en spraak kunnen we wel weer uit elkaar houden. "De mens beschikt dus wel degelijk over een krachtig leersysteem", stelt de onderzoeksleider. Gelukkig maar.

Bron: EOS, november 2006

Batterijen opladen via USB

Je kunt tegenwoordig je iPod (en andere mobiele elektronica) opladen via de USB-aansluiting van je computer of laptop. Het kon natuurlijk niet lang duren of iemand zou op het geniale idee komen om batterijen op te laden via de USB. De batterijen zijn van het normale AA-formaat van 1,2 V. Het duurt tussen de negentig minuten tot vijf uur voordat de USB-batterijen zijn opgeladen. Ze kunnen trouwens ook in je normale oplader.

Bron: EOS, december 2006

Supersupernova

Supernova's ontstaan onder andere wanneer een witte dwerg zwaarder wordt dan 1,4 zonnemassa's en in elkaar klappt. De lichtsterkte van zulke supernova's is altijd gelijk. Onderzoek naar deze verschijnselen wordt gebruikt om het uitdijende heelal en donkere materie te verklaren. Nu

is een supernova gevonden die een tweemaal zo grote lichtsterkte heeft. De witte dwerg is groter dan twee zonnemassa's geweest. Het is onbekend hoe dit mogelijk is. Als er meer van dit soort supersupernova's worden gevonden staan een aantal conclusies over donkere materie op losse schroeven.

Bron: EOS, november 2006

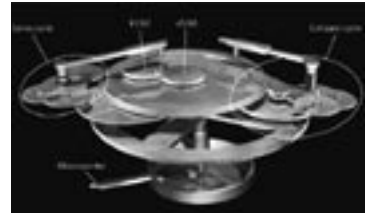
VoIP met JAJAH

Er bestaan al de internettelefoon-diensten zoals Skype en VoIPBuster. Je kunt heel wat geld besparen met deze toepassingen. Maar het kan nog makkelijker. Bij de eerdergenoemde diensten heb je je computer nodig om met elkaar te kunnen praten. Voor diegenen die dit onprettig vinden is er nu JAJAH. Je geeft aan JAJAH je eigen telefoonnummer en het nummer van degene die je wilt bellen en de site belt jullie allebei. Vervolgens kunnen jullie een normaal gesprek voeren. Vooralsnog is dit alleen mogelijk tussen vaste nummers. Er is geen speciale software nodig en het is gratis, mits je niet meer dan duizend minuten per maand belt.

Bron: EOS, november 2006

Oud-Griekse rekenmachine

Het Antikythera-mechanisme, dat in 1901 uit de Middellandse Zee werd opgedoken, lijkt eindelijk zijn geheimen prijs te geven dankzij moderne beeldvormende technologieën. Het mechanisme, bestaande uit koperen tandwielen en wijzerplaten en voorzien van allerlei inscripties, stamt uit de tweede eeuw voor Christus en is van Griekse makelij. Al sinds de ja-



ren '50 van de vorige eeuw is bekend dat het om een sterrenkundig instrument gaat, maar op de vraag waar het apparaat precies voor diende was geen eenduidig antwoord te geven. Uit het nieuwe onderzoek blijkt dat het mechanisme de bewegingen van de zon en de maan en de (vijf toen bekende) planeten kon simuleren, en eclipsen kon voorspellen. Opmerkelijk is dat voor zover bekend pas 1500 jaar later, met de opkomst van de mechanische klokken in Europa, weer iets vergelijkbaars werd gebouwd.

Bron: Nature, 29 november 2006

Hoe langer je kijkt, hoe minder je ziet

Het lijkt een paradox: hoe langer je naar iets kijkt, hoe minder je ziet. Een onderzoeksteam aan de universiteit van New York meent dat als je lang de aandacht richt op een onveranderlijk beeld, dit je gezichtsvermogen uitput. Eerdere studies beweerden juist het omgekeerde. De onderzoekers denken dat de paradox bij onze evolutie een voordeel heeft geboden. Als je visuele informatie die je al hebt verwerkt uitschakelt, maak je je brein vrij voor veranderingen in je omgeving. Deze vaardigheid is noodzakelijk voor prooidieren. De nieuwe ontdekking kan wellicht helpen om betere beeldsystemen te ontwerpen.

Bron: EOS, november 2006

Zelfreinigende oppervlakken

Chemicus Pieter van der Wal van de Rijksuniversiteit Groningen promoveert binnenkort op een onderzoek naar zelfreinigende oppervlakken. Hij liet zich inspireren door de Indische lotusplant, die in water en modder groeit maar desondanks altijd brandschone bladeren heeft. Al sinds de jaren '70 wordt geprobeerd dit trucje van Moeder Natuur na te apen, maar een goedkope methode bleef tot dusver uit. Van der Wal maakte een coating van Teflon met polystyreenbolletjes. Deze bolletjes verwijderde hij nadien weer, zodat er een ruw oppervlak overbleef met ruimtes die met lucht gevuld zijn. Lucht is waterafstotend en in combinatie met Teflon ontstaat een extra waterafstotend en zelfreinigend oppervlak waar waterdruppels vanaf stuiteren in plaats van er aan te blijven plakken.

Bron: RuG, 21 november 2006

Geluid laat insecten zweven

In China ziet men ze vliegen. Of liever, hoort men ze vliegen. Onderzoekers aan de universiteit in Xian zijn erin geslaagd om insecten en zelfs kleine visjes te laten zweven met behulp van geluidsgolven. De beestjes lijken er geen hinder van te ondervinden. Het is niet de eerste keer dat men dieren laat vliegen. Aan de universiteit van Nijmegen liet men in 1997 in een sterk magnetisch veld een kikker zweven. De Chinese techniek gebruikt de luchtdruk van ultrasone geluidsgolven om een kever, spin of lieverheersbeestje in de lucht te houden. Waarom zou je dit

willen kunnen? Kristallen die al zwevende gevormd worden hebben een kleinere kans op defecten. Ook is het interessant voor de ruimtevaart om te kijken wat de invloed van gewichteloosheid is op dieren. De onderzoekers verwachten overigens niet dat ze ooit mensen op deze manier kunnen laten zweven.

Bron: Nature, 29 november 2006



Geur als vingerafdruk?

Oostenrijkse onderzoekers vermoeden dat elk persoon een eigen 'geurprofiel' heeft. Van een kleine 200 proefpersonen hebben zij het zweet, urine en speeksel onderzocht over een periode van tien weken. Vervolgens hebben zij de geurstoffen van die monsters geanalyseerd. De monsters bestonden uit een grote mix geurstoffen, die veranderde in de tijd. Het eetgedrag van een persoon bijvoorbeeld beïnvloedt de geurenmix. Maar ongeveer 400 stoffen waren altijd aanwezig. De samenstelling van deze stoffen verschilde van persoon tot persoon. Het is nog niet zeker dat elk persoon een unieke mix van geurstoffen heeft. Verder onderzoek moet dit uitwijzen.

Bron: Nature, 29 november 2006

Drijvende windmolens

Een onderzoeksteam van het Massachusetts Institute of Technology heeft het idee opgevat om een vlot te bouwen waarop windmolens geplaatst kunnen worden. Deze drijvende windmolens kunnen dan ver uit de kust rondobobben. Daar vervuilen ze het uitzicht niet en ver van de kust is ook veel meer wind. De vlotten worden met 200 meter lange kabels aan de zeebodem vastgemaakt. Een bijkomend voordeel is dat de vlotten kunnen worden verplaatst naar steden waar de nood het hoogst is.

Bron: EOS, december 2006

ITER in aanbouw

Twaalf miljard dollar en twintig jaar was ervoor nodig om de neuzen dezelfde kant op te krijgen. China, de EU, India, Japan, Korea, Rusland en de VS zetten eind november dan eindelijk hun handtekening. De kernfusiereactor ITER kan worden gebouwd, in Zuid-Frankrijk. Kernfusie is niet zo simpel: deuterium- en tritiumisotopen worden verhit tot 100 miljoen graden en tot plasma gevormd. Hier is veel, heel veel energie voor nodig. ITER hoopt zijn eerste plasma te produceren in 2016 en operationeel te zijn in 2026. Overigens is een 18-jarige Amerikaanse jongen de ITER-bouwers al voorgegaan. In de kelder van zijn ouders heeft hij namelijk een werkende kernfusiereactor gebouwd. Hij heeft aangegeven mee te willen werken aan ITER. Zijn moeder was hierover nogal verbaasd. Zij dacht dat haar zoon later kok zou willen worden omdat "hij nogal graag dingen mixt".

Bron: Science, 21 november 2006

DOOR IVAR "MACIVAR" POSTMA

Een onaantastbare vindingrijkheid, dat is het kenmerk van MacGyver. Deze actieheld wist zich jarenlang uit lastige situaties te bevrijden met slechts een minimaal arsenaal aan alledaagse voorwerpen. Of het nou ging om het maken van een bom uit fietsonderdelen of het omtoveren van een cactus tot een accu, Macs wetenschappelijke kennis kende geen grenzen. De periorredactie gaat op zoek naar de feiten achter de heldendaden, met deze keer: "hoe ruïneer ik chocolade op verantwoorde wijze?"

De aflevering

In de allereerste aflevering van MacGyver ooit, de zogeheten *pilot*, wordt Mac gevraagd te helpen bij een laboratorium waar een explosie is geweest. Een groepje medewerkers zit opgesloten in het lab, dat zich enkele verdiepingen onder de grond bevindt. Na de explosie lekt er geconcentreerd zwavelzuur uit een groot vat. Dit zwavelzuur stroomt langzaam richting een rivier. Als deze verontreinigd raakt, zal het drinkwater van drie staten vergiftigd worden. Een waar doemscenario dus. De enige oplossing die de bevelhebber van de aanwezige strijdkrachten kan bedenken, is om het hele gebouw vol te spuiten met natriumhydroxide, wat zwavelzuur kan neutraliseren. Bijzonder naar voor de mensen die nog in het gebouw zitten, want natriumhydroxide is een bijtende stof die onder andere in gootsteenontstoppers wordt gebruikt. Iedereen die het wel eens gemorst heeft weet dat het hele vervelende gevolgen voor je huid heeft. Uiteraard kan MacGyver dit niet toestaan en waagt hij zich in het gebouw om de medewerkers te gaan redden.

Nadat Mac de medewerkers heeft gevonden en op een veilige uitweg heeft gevonden gaat hij op zoek naar de

laatste twee wetenschappers die vlakbij de explosie aan het werk waren. Eén van de medewerkers, een knappe vrouw (hoe kan het ook anders), wijst Mac graag de weg. Eenmaal samen op pad doet zich een unieke situatie voor. Waar het normaal de vrouw is die gek is op chocolade, knielt in deze setting MacGyver bij een gevallen snoepautomaat om enkele *candybars* in te slaan. Een afkeurende blik van vrouwelijk metgezel neemt hij voor lief. Mac weet immers wat hij doet. Dit blijkt wel als ze bij het lekkende vat aankomen. Snel legt hij uit wat zijn bedoeling is met de chocolade. Samen weten MacGyver en zijn tegenspeelster het lek te dichten met enkele chocoladerepen. Ze komen er allebei zonder klerenscheuren vanaf (bijna zowel letterlijk als figuurlijk). Een happy end is geboren.

De theorie

MacGyver legt uit hoe een lekkend vat zwavelzuur is te dichten met chocolade: chocolade bevat lactose (melksuiker) en sucrose (soms ook sacharose). In reactie met zwavelzuur ontstaat koolstof en een visceus residu wat uiteindelijk de scheur dicht. Dit klinkt erg simpel, dus laten we eens nagaan wat Mac in gedachten heeft.



Dat chocolade daadwerkelijk lactose bevat blijkt wel uit het feit dat er speciale chocolade (zonder lactose) is voor mensen met een lactose-allergie. Melk bevat ongeveer vijf procent lactose, vandaar de naam 'melksuiker'.

Zwavelzuur (H_2SO_4) is een dehydraterende stof, wat betekent dat het heel graag watermoleculen op wil nemen. Geconcentreerd zwavelzuur reageert dan ook heftig met water. Op het moment dat zwavelzuur in aanraking komt, vechten de H_2SO_4 -moleculen bijna letterlijk met elkaar om te mogen reageren met een watermolecuul. Hierbij ontstaat veel wrijving tussen de moleculen waardoor ook veel warmte vrijkomt, ook wel bekend als een exotherme reactie.

Suikers als lactose en sucrose hebben allemaal een gelijksoortige structuurformule, deze is simpelweg te schrijven als $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Bij verhitting valt suiker uiteen in koolstofmoleculen en watermoleculen. Op bijna iedere middelbare school wordt dit wel eens gedemonstreerd. Het doet zich ook voor, maar dan vaak per ongeluk, als je bij het maken van karamel het vuur te hoog zet.

In de reactie van zwavelzuur met suiker wordt de suiker ook ontleed in watermoleculen en koolstof. De watermoleculen reageren vervolgens weer met het zwavelzuur ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^-$ en $\text{H}_2\text{O} + \text{HSO}_4^- \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$). Hierbij komt naast koolstof dus ook veel warmte vrij. Tot zover klopt de theorie van MacGyver.

En nu we toch op de theoretisch-chemische toer zijn, kijken we gelijk even naar het neutraliseren van zwavelzuur. Volgens de serie kan dit met natriumhydroxide. De reactie van zwavelzuur met natriumhydroxide (NaOH) is $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$.

In de scheikunde is dit een veelgebruikte methode. Elke chemicus zal je echter afraden om dit met grote hoeveelheden te doen. Ze zouden het niet in hun hoofd halen om een paar ton van het spul te lozen. De angst van Mac is, naast de menselijke slachtoffers, dan ook gegrond.

Het experiment

Theorie is er uiteraard om getest te worden. Om te kijken hoe makkelijk een vat zuur te dichten is hebben we wat zwavelzuur en wat candybars nodig. Voor het eerste

brengt een labzaal in het NCC uitkomst, voor chocolade volstaat een bezoekje aan de supermarkt. Gewapend met pure chocolade, melkchocolade en een aantal Marsen trekken wij ten strijde in het lab. We krijgen wel het advies mee een labjas aan te trekken en een veiligheidsbril plus handschoenen te gebruiken, iets waar MacGyver in alle haast niet aan gedacht had.

Als eerste gaan we kijken hoe een Mars reageert met zwavelzuur (96% geconcentreerd). We vullen een maatglas met een bodempje zwavelzuur. Voorzichtig steken we de Mars in het goedje. Het gewenste effect blijft uit. Waar we een heftige reactie verwachten, gebeurt er bijzonder weinig. Na enkele minuten besluiten we om het proces wat te versnellen. Als er mensenslevens op het spel staan kun je immers niet snel genoeg handelen. We vermaken de Mars een beetje. Hierdoor wordt niet alleen de verdelingsgraad groter, ook komt het karamel (nog een vorm van suiker tenslotte) nu in aanraking met het zwavelzuur. De teleurstelling blijft groot. Roeren blijkt een beetje te helpen, het zuur dat eerst kleurloos was wordt nu een beetje donkerder. Wat we wel kunnen concluderen is dat de dichtheid van een Mars kleiner is dan die van zwavelzuur. Waar een Mars in water zinkt blijft hij in zwavelzuur keurig drijven.

Het zou kunnen dat de concentratie lactose en sucrose in chocolade te laag is. Om te onderzoeken of het proces niet versneld kan worden proberen we hetzelfde met pure suiker. Dit blijkt goed te werken want zodra er wat zwavelzuur op een suikerklontje gedruppeld wordt, begint het van kleur te veranderen. Uiteindelijk blijft er een zwart blokje koolstof over. Het klontje is redelijk hard geworden. Hiermee lijkt de theorie over de reactie met suikers bevestigd. Terug naar onze chocolade!

Inmiddels is ook de Mars verder ontleed. De inhoud van ons maatglas is erg donker en de Mars ziet er niet erg appetijtelijk meer uit. Hoewel traag, blijkt ook deze reactie redelijk te verlopen als verwacht. De suikers in de Mars worden omgezet in koolstof.

Een vat zwavelzuur dichten met een Mars of suiker lijkt ons gezins een goed idee. De koolstof die ontstaat uit de pure suiker is wel hard maar totaal niet plakkerig. Er zou een beter alternatief moeten zijn. Een oud-hoofdredacteur oppert het idee om de chocolade in de reactie door kofficreamers te vervangen. Melkpoeder bevat

namelijk ook veel lactose en heeft een hoge verdelingsgraad, wat de reactie zou moeten versnellen. Met een naderende deadline in het achterhoofd het proberen waard. Ook de creamer kleurt zwart zodra het met zwavelzuur in contact komt. Wat uiteindelijk ontstaat is een stroperig substantie. Nog steeds niet ideaal om een vat mee te dichten.

Een toevallige scheikundige passant raadt ons aan om ook eens te kijken naar de reactie tussen chocolade en natronloog (natriumhydroxide-oplossing). Hoewel dit verder weinig met onze MacGyver-aflevering te maken heeft willen we deze mogelijkheid niet onbenut laten. Wie weet welke prachtige reactie we anders mis zouden lopen!

Natronloog blijkt slecht te reageren met zowel chocolade, suiker en melkpoeder. Sterker nog, het is bijzonder saai. Natronloog reageert wel goed met zwavelzuur en kan onze gebroken motivatie nog een beetje oppeppen. Echter, meer dan verrassend veel warmte merken we niet. We zullen het lab moeten verlaten zonder bevredigend resultaat.

De conclusie

Wat kunnen we nou concluderen na ons onderzoek? Is chocolade het wondermiddel dat alle gaten kan vullen? MacGyver is in ieder geval een held! Niet alleen heeft hij goede kennis van chocolade, hij weet ook nog het een en ander van zwavelzuur. Op zijn theorie is niets aan te merken. Maar het lijkt ons praktisch onmogelijk om een scheur in een vat zwavelzuur te dichten met chocolade. Vooral de druk in een vat is een beperkende factor omdat het koolstof dat in kleine hoeveelheden ontstaat veel te zwak is om de hoge druk te weerstaan; het hecht bijzonder zwak aan een oppervlak. Dat het Mac uiteindelijk toch lukt om een scheur van enkele meters te dichten met slechts enkele candybars mag met recht een ware heldendaad genoemd worden.

De perioredactie is van mening dat chocolade makkelijker een gebroken relatie kan repareren dan een gescheurd vat. •

Zwavelzuur kan kofficreamers prachtig kapot maken



Nooit meer rood licht?

DOOR THOMAS TEN CATE EN JAN FEITSMA

Eén van de grootste ergernissen in het verkeer zijn verkeerslichten. Vaak zijn deze niet optimaal geprogrammeerd, waardoor je langer dan nodig moet wachten en de verkeersdoorstroming gehinderd wordt. Er wordt dan ook veel onderzoek naar verkeersdoorstroming en verkeerslichten verricht. Wij hebben in het kader van het informatica-mastervak “Introduction Computational Science” een simulator gebouwd waarin gemakkelijk verschillende verkeerslichtalgoritmen ontwikkeld, getest en geëvalueerd kunnen worden.



| 9

Een verkeersnetwerk, en met name het gedrag van verkeersdeelnemers, is erg complex. Daarom hebben we een aantal beperkende aannames gedaan. Ten eerste richten we ons vooralsnog alleen op auto's. Verkeerslichten die ook aan fietsers en voetgangers tijd gunnen om over te steken kunnen we modelleren door het licht voor auto's enige tijd op rood te laten staan.

De tweede en tevens meest beperkende aanname die we doen is dat auto's elkaar niet kunnen inhalen. Inhaalgedrag (en ook baanwisselgedrag in het algemeen) verschilt namelijk behoorlijk van persoon tot persoon en is daardoor erg moeilijk in een model te vatten. Op dit terrein wordt dan ook veel onderzoek verricht, maar zelfs op een rechte snelweg zonder op- en afritten wordt het fenomeen nog niet volledig begrepen. Dit was voor ons aanleiding om het wisselen van rijbaan, en daarmee meerbaanswegen en voorsorteerstroken, voorlopig uit de modellering te schrappen. Wel kunnen we meerdere rijbanen in dezelfde richting aanleggen zonder dat auto's van de ene naar de andere kunnen.

Vanwege deze tweede aanname kunnen we het wegenetwerk modelleren als een (vlakke) gerichte graaf (een verzameling punten verbonden door lijnen), waarin de wegsegmenten (rijbanen) worden voorgesteld door kanten en de kruispunten door de knopen van de graaf. Er is echter wel een uitbreiding op het concept van de graaf. Waar het bij een graaf niet uitmaakt in welke richting de kanten aan de knopen vastzitten, maakt het voor een kruispunt wel degelijk verschil in welke volgorde je de aangrenzende wegen bezoekt als je het kruispunt rondwandelt.

Voor ons onderzoek zijn natuurlijk de kruispunten het meest interessant. We gaan ervan uit dat op elk kruispunt een verkeerslicht staat om het verkeer te regelen. Een andere vorm van regulering, zoals haaiantanden of verkeer van rechts voorrang geven, kan ook worden verkregen door middel van een slim geprogrammeerd verkeerslicht. Omdat voorsorteerstroken niet voorkomen, kan voor slechts één herkomstrichting tegelijk het licht op groen staan. Op dat moment mogen de auto's uit die richting in alle overige richtingen weggrijden.

Het is misschien verrassend dat we ondanks bovengenoemde beperkingen nog steeds een behoorlijk flexibel programma hebben. Een rotonde is in onze modellering bijvoorbeeld niets anders dan een stel kruispunten verbonden met eenrichtingswegen waarbij het verkeer op de rotonde voorrang heeft op verkeer dat de rotonde op wil rijden.

Auto's

Nu we asfalt hebben neergelegd, lijnen getrokken en verkeerslichten geplaatst, is het tijd om de auto's op ons verkeersnetwerk los te laten. De auto's rijden het netwerk in via speciale segmenten, de *inflows*, en kunnen uiteindelijk het netwerk weer verlaten bij de *outflows*. De chauffeurs doen niet aan routeplanning: ze hebben geen reisdoel. Voor onze doeleinden is het namelijk alleen interessant welk percentage auto's uit een bepaalde richting een bepaalde afslag neemt. Dit levert ons voor elk kruispunt een kanstabel op, die door de chauffeurs gebruikt wordt om hun richting te bepalen.

De snelheid waarmee een auto rijdt is afhankelijk van de maximumsnelheid op het huidige wegsegment. Elke chauffeur heeft bovendien een bepaalde factor (doorgaans ongeveer 1) die, vermenigvuldigd met de maximumsnelheid, de gewenste snelheid aangeeft. Zo kunnen we dus snelheidsmaniakken van omaatjes onderscheiden.

Natuurlijk geven de chauffeurs niet altijd plankgas: er moet een zekere afstand gehouden worden tot de voorligger. Bovendien moet er gestopt worden voor rood en eventueel oranje licht. Het gedrag van automobilisten met betrekking tot afstand houden is onderwerp van vele studies die vallen onder de noemer *car following theory*.

Microgedrag

Ervan uitgaande dat een autootje niet wil botsen met een obstakel (wat een andere auto of een verkeerslicht kan zijn), moet er op elke tijdstap in de simulatie een beslissing genomen worden: trappen we het gaspedaal in of het rempedaal, en in welke mate? De enige keuzevariabele per auto is dus de versnelling a , die in ons model begrensd is volgens $a \in [-D, A]$. Voor een typische real-life auto geldt trouwens $(A, D) \approx (3.0, 7.0)m/s^2$.

Het probleem op deze lokale schaal is dus om a zo te kiezen, dat tegelijkertijd zowel het snelheidsverschil ϵ_v , als de fout in gewenste afstand ϵ_x zo vlot mogelijk naar nul gaan. Voor de gewenste afstand nemen we simpelweg de twee-secondenregel, uitgebreid met minimale file-afstand.

In onze simulatie wordt per tijdstap eerst de snelheid v bijgewerkt aan de hand van de nieuw gekozen a en vervolgens de positie. Het is op het eerste gezicht niet veel meer dan middelbare school mechanica! Maar aangezien de foutvariabelen gekoppeld zijn is het specificeren van een goede *controller* niet geheel triviaal. Met behulp van wat systeem- en regeltheorie zou dit waarschijnlijk best lukken, ware het niet dat wij natuurlijk te maken hebben met een *discrete* simulatie. We moeten dus zorg dragen niet “door te schieten” met onze variabelen.

Het was nodig en, niet te vergeten, leuk om wat theorie op maat te maken. Wellicht verduidelijkt het faseplaatje (rechts) een en ander.

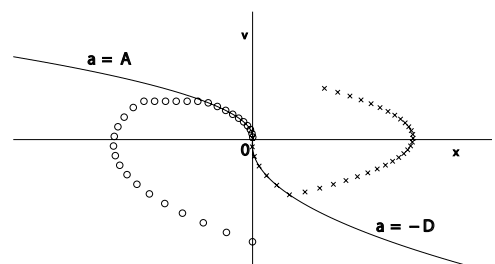
Zie het x -traject: aanvankelijk is de snelheid te laag ($\epsilon_v > 0$) en de afstand voldoende groot ($\epsilon_x > 0$), zodat er maar één conclusie mogelijk is: vol gas voorwaarts! Vanuit het eerste kwadrant komen we vervolgens terecht in het vierde: we blijven accelereren tot aan de getekende halve parabool. Vanaf hier geldt: vol in de ankers, om uiteindelijk precies uit te komen in $(0, 0)$. In het algemeen berekenen we uit een kwadratische formule vrij simpel hoe a gekozen moet worden bij willekeurige $\epsilon_x > 0$. Op soortgelijke manier sturen we bij $\epsilon_x < 0$ de fout richting de andere parabool. Merk op dat de begrenzing op snelheid duidelijk zichtbaar is in het nultraject.

Bovenstaande gaat ervan uit dat de snelheid van het obstakel constant is. Dit klopt voor stoplichten, maar in het algemeen niet voor een rijdende voorganger. Mocht de voorganger ineens heftig remmen, dan is de controller die wij gebruiken robuust genoeg om geen botsingen te veroorzaken—dit is natuurlijk ook te danken aan de twee-secondenregel.

Verkeerslichten

We kunnen de verkeerslichten onderverdelen in twee categorieën: statisch en adaptief. Statische lichten hebben geen weet van het verkeer om zich heen en werken rustig hun cyclus af. Adaptieve lichten beschikken over beperkte kennis van de verkeerssituatie, veelal vanuit een detectielus in het wegdek, en gebruiken die informatie om de verkeersstroom te regelen.

Statische lichten lijken op het eerste gezicht een slechte keuze te zijn, omdat ze zich niet kunnen aanpassen aan de omstandigheden. Toch is er wel iets voor te zeggen: door een cyclus met een vaste tijdsduur af te spreken, kunnen opeenvolgende verkeerslichten op elkaar worden afgestemd om zo een ‘groene golf’ te creëren, wat bij adaptieve lichten veel lastiger is.



Adaptieve lichten verschillen in de hoeveelheid gegevens waarover ze beschikken: er kan een detectielus zijn vlak voor het verkeerslicht, maar het is ook mogelijk dat er meerdere lussen in het wegdek liggen om ook naderende auto's te detecteren. Sommige lichten kunnen zelfs het aantal auto's meten door middel van een radarsysteem.

Op dit moment hebben we de volgende verkeerslichtalgoritmen geïmplementeerd:

- *Marching* is de enige statische variant. Per inkomend segment kan de tijd worden ingesteld dat het licht op groen staat.
- *Queueing* is iets slimmer dan *Marching*: zodra een naderende auto wordt gedetecteerd, wordt het segment waarop die auto nadert toegevoegd achteraan een wachtrij. Telkens krijgt het voorste segment in de wachtrij voor een vaste tijd groen licht. Zo wordt geen tijd verspild aan segmenten waarop geen verkeer binnenkomt en komt iedereen gauw aan de beurt.
- *SOTL-request*: SOTL staat voor *Self Organising Traffic Light*. De SOTL-varianten zijn zeer adaptief en hebben de eigenaardige eigenschap dat ze zonder directe onderlinge communicatie toch een soort groene golf weten te creëren. Grote groepen aanrijdende auto's krijgen namelijk sneller voorrang ten opzichte van enkele wachtende auto's. Dit wordt geïmplementeerd door prioriteitsteltjes bij te houden per segment, die evenredig met het aantal nabije auto's toenemen. Het grote nadeel is dat het erg lang kan duren voor een enkele wachtende auto eindelijk een drukke weg op mag rijden. Bovendien kan het voorkomen dat twee segmenten ongeveer tegelijk groen afdwingen, waardoor een vers groen licht onmiddellijk op geel springt.



Boven: 3D-simulatie van een knooppunt

- *SOTL-phase*: In een poging om de problemen van SOTL-request te verhelpen, hanteert dit algoritme een minimale tijd dat een licht op groen staat.

Metingen

Een groot deel van de pret bij simulatie bestaat natuurlijk uit het observeren van de voortgang. Ook is observatie handig bij het opsporen van fouten. Daarom laten we de simulatie in real-time 3D op het scherm tekenen. Ook lopen er wat grafiekjes mee die bijvoorbeeld de gemiddelde snelheid van het verkeer aangeven.

Het meten van de kwaliteit van een verkeerslichtalgoritme is niet zo eenvoudig. De gemiddelde snelheid van het verkeer (dat wil zeggen gemiddeld over alle auto's en over de tijd) is een goede eerste indicatie. Ook de gemiddelde wachttijd bij een verkeerslicht is het meten waard. Helaas gaan beide metingen voorbij aan een heel belangrijk punt: niemand wil een verkeerslicht dat mensen oneindig lang kan laten wachten. Stel er staat een enkele auto te wachten voor een verkeerslicht dat een kruisende, veel grotere verkeersstroom voorrang geeft. Dat licht kan dan een hoge gemiddelde snelheid en lage gemiddelde wachttijd scoren door de arme automobilist nooit groen, en de grote verkeersstroom nooit rood te geven! Er moet dus ook een "ergernisfactor" in het systeem worden gebouwd, die steeds sneller opbouwt naarmate auto's langer moeten wachten.

De meting is verder natuurlijk afhankelijk van het gekozen wegennetwerk. Op dit moment werken we met een vierkant rooster van instelbare grootte, met *inflows* aan de westzijde en *outflows* aan de oostzijde. Het verkeer krijgt door de kanstabel een voorkeur toegewezen voor oostelijke richting. Zouden we dit niet doen, dan rijden auto's net zo vaak terug als heen, en ontstaan er onherroepelijk opstoppingen.

Naast zo'n "roosternetwerk" zijn we onlangs ook begonnen te experimenteren met een webvormig netwerk. Vanuit het midden lopen 'spaken' naar buiten toe en om het midden heen liggen 'ringen'. De stad Groningen kan heel aardig benaderd worden door zo'n netwerk. Het midden van het centrum (zeg de Grote Markt) is de binnenste ring. Daaromheen ligt de diepenring. Daarbuiten krijgen we (heel ruwweg) nog een ring, gevormd door de Petrus Campersingel tot aan de Eikenlaan. Als buitenste

ring hebben we natuurlijk de ringweg zelf. Als we de afstand van elk van deze ringen tot het centrum meten, valt op dat tussen de straal van twee opeenvolgende ringen telkens ongeveer een factor twee verschil zit. Wie weet is dit een interessant gegeven voor planologen. Overigens neemt de maximumsnelheid bij opeenvolgende ringen ongeveer lineair toe.

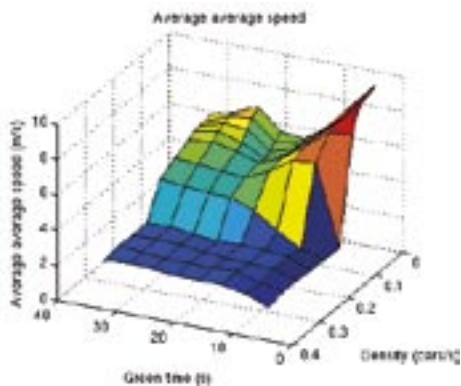
Naast deze twee vormen van testnetwerken hebben we gepraat met iemand van de Gemeente Groningen om gegevens uit de praktijk te pakken te krijgen. Dit bleek helaas wat lastig af te stemmen; wellicht dat iemand in de toekomst hier meer moeite in kan steken.

Resultaten

Op het 5×5 rooster, dat eerder gespecificeerd is, hebben we een reeks simulaties gedraaid. Hier volgt een kleine selectie.

Het grote voordeel van de statische Marching-variant is dat de gemiddelde snelheid bij groeiende verkeersdichtheid niet blijft dalen. Dit komt omdat er ongeveer 25% kans is dat je een groen licht aantreft bij een verkeerslicht met vier wegen. Deze kans neemt enigzins toe als de periode van de verkeerslichten overeenkomt met de tijd die een colonne nodig heeft om van het ene verkeerslicht over te steken naar het volgende (groene golf).

Al in een vroeg stadium observeerden we dat de SOTL-varianten aanzienlijk beter presteren dan de ‘dommere’ Marching- en Queueing-variant, zoals je zou verwachten. Deze tabel is gemaakt toen de implementatie nog volop in ontwikkeling was.



Gemiddelde snelheid tegenover autodichtheid

Algoritme	Gemiddelde snelheid
Marching	2,3
Queueing	5,4
SOTL-request	8,5
SOTL-phase	7,9

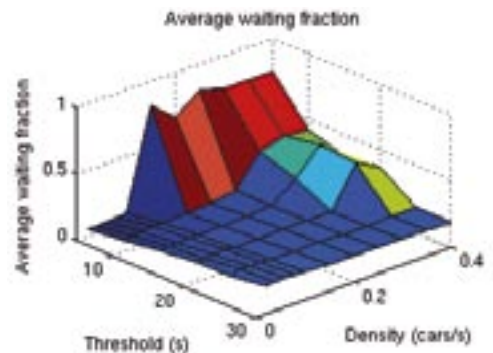
SOTL-request kan beter omgaan met hogere verkeersdichtheden dan Marching en Queueing, wat op te maken is uit het lage percentage stilstand.

Het vinden van vergelijkbare parameters voor de verschillende verkeerslichtvarianten is nogal natte-vingerwerk gebleken. Toch is de algemene trend in prestaties vrij duidelijk.

Conclusie

In de resultaten kwam over het algemeen vrij duidelijk naar voren dat de adaptieve SOTL-varianten beter presteren dan de simpelere Marching en Queueing. Dit was natuurlijk wat we verwacht hadden te zien, de simulatie komt wat dat betreft mooi overeen met de werkelijkheid. Desalniettemin valt er nog genoeg te testen en uit te breiden aan ons framework.

Met dit artikel hebben we geprobeerd om een indruk gegeven van de problemen die optreden bij het simuleren van verkeerssituaties. Het is een maatschappelijk zeer relevant onderwerp waar veel vakgebieden uit de wiskunde en informatica, maar ook uit de psychologie, samenkomen. Wij hebben slechts een klein stukje hiervan behandeld. Mocht je geïnteresseerd zijn, schiet dan een van ons eens aan in het IWT voor een live demonstratie! •



Gemiddelde wachttijd per autodichtheid

Iedereen kent het wel, het uitdrogen van het blokje kaas dat bij de borrel is blijven liggen of de homp kaas die al een tijd in de koelkast ligt. In deze situaties is het uitdrogen ongewenst. Echter, bij de productie van kaas moeten de kazen juist een hele tijd liggen te drogen. Om dit proces te versnellen wordt droge lucht over de kazen geblazen. Kaasproducenten zijn geïnteresseerd in het optimaliseren van dit droogproces. Het wiskundig modelleren van dit proces kan inzicht geven in de hoeveelheid water die op een bepaald tijdstip in de kaas aanwezig is.

Mathematisch model

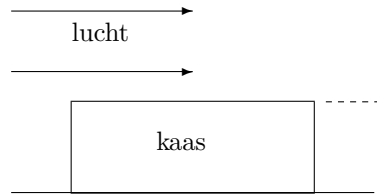
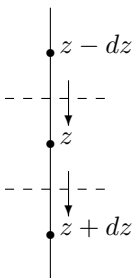
De situatie bij het drogen is weergegeven in nevenstaand figuur.

Doordat droge lucht over de kaas wordt geblazen staat de kaas water af aan de lucht. De verandering van de waterfractie van de kaas zal hierdoor hoofdzakelijk in de z -richting plaats vinden. De waterfractie op tijdstip t en positie z geven we aan met $x_w(z, t)$.

Met behulp van een behoudswet kan een partiële differentiaalvergelijking afgeleid worden voor de waterfractie $x_w(z, t)$. We gaan voor een oneindig klein interval $[z - \frac{1}{2}dz; z + \frac{1}{2}dz]$ behoud van massa toepassen.

Voor een oneindig klein tijdsinterval dt is de toename van water in het behoudsinterval gelijk aan de netto instroom van water door de twee uiteinden van het interval gedurende dat zelfde tijdsinterval.

De situatie is weergegeven in onderstaand figuur. Hierin is voor een verticale lijn in de kaas het behoudsinterval weergegeven.



De toename van water in het behoudsinterval gedurende een tijdsinterval dt wordt gegeven door

$$(x_w(z, t + dt) - x_w(z, t))dz.$$

De instroom gedurende een tijdsinterval dt bij $z - \frac{1}{2}dz$ wordt gegeven door

$$-D_w \frac{x_w(z, t) - x_w(z - dz, t)}{dz} dt,$$

waarin D_w de diffusieconstante is die aangeeft hoe makkelijk het transport van water door kaas gaat. De formule voor de instroom geeft weer dat de instroom evenredig is met het verschil in de waterfractie; het transport is groter als het verschil in waterfractie groter is. De instroom gedurende een tijdsinterval dt bij $z + \frac{1}{2}dz$ wordt gegeven door

$$D_w \frac{x_w(z + dz, t) - x_w(z, t)}{dz} dt.$$

De behoudswet toepassen, toename = instroom bij $z - \frac{1}{2}dz$ plus instroom bij $z + \frac{1}{2}dz$, delen door dt en dz en vervolgens de limieten $dt \rightarrow 0$ en $dz \rightarrow 0$ te nemen, geeft de volgende partiële differentiaalvergelijking voor $x_w(z, t)$

$$\frac{\partial}{\partial t} x_w(z, t) = D_w \frac{\partial^2}{\partial z^2} x_w(z, t). \quad (1)$$

Om de waterfractie te kunnen berekenen hebben we nog begin- en randvoorwaarden nodig. Op het moment dat het droogproces begint, $t = 0$, zal de waterfractie in de kaas constant zijn, zeg

$$x_w(z, 0) = x_{w,begin}. \quad (2)$$

Tijdens het drogen zal aan de bovenkant van de kaas water uit de kaas opgenomen worden door de overwaaiende lucht. We nemen aan dat de lucht zodanig hard over de kaas wordt geblazen dat we de waterfractie in de lucht als constant mogen beschouwen, zeg x_{lucht} . De waterfractie op de bovenkant van de kaas zal, wegens continuïteitsoverwegingen, hieraan gelijk zijn:

$$x_w(0, t) = x_{lucht}. \quad (3)$$

Het meeste transport van water vindt plaats in een hele dunne laag aan de bovenkant van de kaas. Daarom is het gerechtvaardigd de onderkant van de kaas als $z = \infty$ aan te duiden. Hierdoor is er op de onderkant van de kaas geen randvoorwaarde nodig.

Berekenen waterfractie in kaas

Om de waterfractie in de kaas te berekenen moeten we de partiële differentiaalvergelijking (1) met beginvoorwaarde (2) en randvoorwaarde (3) opgelost worden. Dit kan met behulp van een gelijkvormigheidstransformatie. Hiertoe nemen we aan dat we kunnen schrijven

$$x_w(z, t) = f(\eta) \quad \text{met} \quad \eta = zt^\alpha,$$

met α een nog nader te bepalen getal. Dat wil zeggen dat we aannemen dat de waterfractie constant is op de krommen, $zt^\alpha = \text{constant}$.

Om de oplossing te bepalen substitueren we $x_w(z, t) = f(\eta)$ in de differentiaalvergelijking. We maken hierbij gebruik van:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} x_w &= f'(\eta) \frac{d\eta}{dt} = f'(\eta) z \alpha t^{\alpha-1} \\ \frac{\partial}{\partial z} x_w &= f'(\eta) \frac{d\eta}{dz} = f'(\eta) t^\alpha \end{aligned}$$

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} x_w = f''(\eta) \frac{d\eta}{dz} t^\alpha = f''(\eta) t^{2\alpha}$$

We kunnen (1) dan (na uitdelen van $t^{2\alpha}$) schrijven als

$$f' \alpha z t^{-\alpha-1} - D_w f'' = 0.$$

We moeten nu α zo kiezen dat alle termen in deze vergelijking uitsluitend van η afhangen. Dit kan als $zt^{-\alpha-1} = \eta = zt^\alpha$ oftewel $-\alpha - 1 = \alpha$. Hieruit volgt $\alpha = -\frac{1}{2}$. De resulterende tweede-orde gewone differentiaalvergelijking voor $f(\eta)$ ziet er als volgt uit:

$$D_w f'' + \frac{1}{2} \eta f' = 0.$$

We zien hier het voordeel van het toepassen van een gelijkvormigheidstransformatie: de partiële differentiaalvergelijking (1) is omgezet in een gewone differentiaalvergelijking.

Deze kunnen we oplossen door eerst $f = g$ te stellen, dan

$$D_w g + \frac{1}{2} \eta g = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dg}{d\eta} = -\frac{1}{2D_w} \eta g.$$

Deze eerste-orde differentiaalvergelijking oplossen geeft

$$\int \frac{dg}{g} = -\frac{1}{2D_w} \int \eta d\eta \quad \Rightarrow \quad g(\eta) = A e^{-\frac{1}{4D_w} \eta^2}.$$

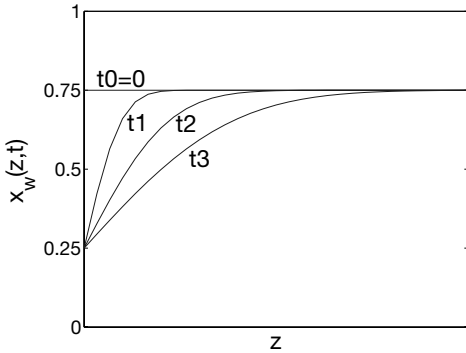
Hieruit volgt

$$\begin{aligned} x_w(z, t) &= f(\eta) = \int g(\xi) d\xi \\ &= A \int_0^\eta e^{-\frac{1}{4D_w} \xi^2} d\xi + B \\ &= A \int_0^{zt^{-1/2}} e^{-\frac{1}{4D_w} \xi^2} d\xi + B \end{aligned}$$

Met gebruik making van de beginvoorwaarde (2) en de randvoorwaarde (3) kunnen we A en B vastleggen, dit geeft:

$$x_w(z, t) = \frac{x_{w,begin} - x_{lucht}}{\sqrt{\pi D_w}} * \int_0^{zt^{-1/2}} e^{-\frac{1}{4D_w} \xi^2} d\xi + x_{lucht}.$$

Om een beeld te krijgen van het verloop van de waterfractie in de kaas wordt in onderstaande figuur de waterfractie op opeenvolgende tijdstippen getoond. We zijn uitgegaan van $x_{w,begin} = \frac{3}{4}$ en $x_{lucht} = \frac{1}{4}$.



De waterfractie in de kaas

Wat we zien is dat ver van de bovenrand de waterfractie $\frac{3}{4}$ is. Verder is op de bovenkant van de kaas, bij $z = 0$, de waterfractie in de kaas gelijk aan die in de lucht, namelijk $\frac{1}{4}$. Doordat de kaas water afgeeft aan de lucht is er een laagje waarin de waterfractie verloopt van $\frac{1}{4}$ naar $\frac{3}{4}$, dit is het laagje van de kaas dat aan uitdroging onderhevig is. Deze laag wordt dikker naarmate t groter wordt.

Wat betekent dit nu alles voor het blokje kaas dat bij de borrel is blijven liggen? Hoe snel zal dat uitgedroogd zijn? Hiervoor gaan we kijken naar de indringingsdiepte z_d , dat wil zeggen de dikte van het laagje dat aan uitdroging onderhevig is. De formule voor de waterfractie x_w bevat een integraal. De laag waarin het verloop van de waterfractie plaats vindt, komt overeen met het gebied waarin deze integraal het sterkst varieert. Dit is het geval als de exponent van de e-macht niet al te negatief is, dus als

$$\frac{1}{4D_w} (z_d t^{-\frac{1}{2}})^2 \approx 1.$$

Hieruit volgt dat de indringingsdiepte z_d van de laag waarin de uitdroging plaatsvindt gegeven wordt door

$$z_d^2 \approx 4D_w t \Rightarrow z_d \approx 2\sqrt{D_w t}.$$

De diffusieconstante D_w voor water in kaas is ongeveer

$$D_w \approx 10^{-10} \text{ m}^2/\text{sec}.$$

Hieruit volgt dat de indringingsdiepte z_d na één dag, $t = 86400 \text{ sec}$, ongeveer gelijk is aan

$$z_d \approx 2\sqrt{10^{-10} 86400} \approx 0.006 \text{ m}.$$

Na één dag is dus een laagje van zes millimeter onderhevig aan uitdroging. Een blokje kaas van pakweg twee centimeter dik zal dus na een dag of twee uitgedroogd zijn (het blokje droogt namelijk aan alle kanten uit).

Suggesties voor verbetering

We hebben het droogproces met een eenvoudig model beschreven. Dit model kan op verschillende punten verbeterd worden. In het beschreven model is alleen de waterfractie gemodelleerd. Kaas bestaat echter uit meerdere bestanddelen, waarvan met name zout van invloed is op het watertransport. Voor een betere modellering zouden we daarom tevens de zoutfractie in het model moeten opnemen. In ons model hebben we verder aangenomen dat de lucht zodanig snel over de kaas heen gaat, dat de waterfractie in de lucht als constant kan worden beschouwd. Is dit niet het geval dan moet ook een vergelijking opgesteld worden voor de waterfractie in de lucht. De vergelijkingen van de waterfractie in de lucht en de kaas zijn gekoppeld. Het verbeteren van het model heeft daarmee tot gevolg dat de vergelijkingen niet meer analytisch op te lossen zijn; er moeten numerieke methoden gebruikt worden om de vergelijkingen op te lossen. •





Geloven in de Wetenschap

DOOR HIELKE DE HAAN

Wetenschap beoefenen en tegelijk gelovig zijn—sommigen stellen dat je een gespleten persoonlijkheid moet hebben om deze twee zaken te combineren. Zo niet Cees Dekker. Hij betoogt dat er geen conflict is tussen wetenschap en religie, maar dat deze prima verenigbaar zijn. Het werkelijke conflict ligt volgens hem tussen het theïsme en het atheïsme. Op 5 oktober sprak Dekker hierover in Huize Maas te Groningen. Periodiek was erbij en stelde hem vooraf ook enkele vragen over Intelligent Design.

Behalve door zijn indrukwekkende staat van dienst als natuurkundige stond Cees Dekker, een belijdend christen, de afgelopen jaren ook regelmatig in de schijnwerpers vanwege zijn houding ten opzichte van Intelligent Design. In juni 2005 publiceerde hij samen met Ronald Meester en René van Woudenberg de bundel ‘Schitterend Ongeluk of Sporen van een Ontwerp’, waarin hij argumenten aandraagt voor het idee dat er sprake is van een ontwerp in de natuur. Dit boek leidde tot felle kritiek van atheïstische collega-wetenschappers, waaronder Ronald Plasterk en Piet Borst, beiden moleculair bioloog. Borst noemde de opvattingen van Dekker en Meester al eerder “sektarisch” en Intelligent Design een wedergeboorte van *creation science*. Dit laatste omschreef Borst toen als “een poging om met natuurwetenschappelijke argumenten het bijbelse scheppingsverhaal te onderbouwen”, met als resultaat “een mallotig mengsel van oplichting en naïviteit.” [1] Dekker wil met zijn lezing juist een heel ander beeld schetsen.

Dekker begint de lezing met een definitie van het begrip ‘natuurwetenschap’, dat volgens hem kan worden omschreven als ‘de menselijke activiteit waarbij logische verklaringen worden gezocht voor verschijnselen in de wereld om ons heen door verstandelijk nadenken en ex-

perimentele toetsing'. Daarbij moet volgens hem echter worden opgemerkt dat de moderne wetenschapsfilosofie meer vragen opwerpt dan antwoorden geeft. Sinds 1962 weten we dankzij Thomas Samuel Kuhn dat wetenschap niet het almachtige middel is waarvoor ze eens werd gehouden: het positivisme is verlaten. Wetenschap is geen strikt cumulatief proces en bovendien staan ontdekkingen niet los van vooronderstellingen en denkkaders (paradigma's) van de onderzoeker.

Volgens Dekker is de natuurwetenschap prachtig en waardevol, maar in haar reikwijdte beperkt door haar aard. Hij citeert in dit verband de Nederlandse natuurkundige Hendrik Casimir, die over zijn vakgebied zei: "Natuurkundige theorieën zijn een benaderende beschrijving van een beperkt gedeelte van de fysische ver-

Volgens Dekker is het antwoord op deze vraag, niet verrassend, positief. "Ik geloof totaal niet in die uitspraak van Van der Meer", zegt hij tijdens zijn lezing. "Ik heb geen gespleten persoonlijkheid; de relatie tussen de wetenschap die ik bedrijf en mijn geloof voelt juist heel natuurlijk. Als de natuurwetenschap en het geloof werkelijk een intrinsiek conflict zouden hebben, hoe zouden al die christelijke wetenschappers dan hun werk kunnen doen? In de geschiedenis waren veel van de grootste wetenschappers vrome christenen, en ook nu zijn er genoeg wetenschappers die hun werk prima weten te combineren met hun geloof."

Het is volgens Dekker zelfs zo dat het christelijk geloof de drijvende kracht is geweest voor de ontwikkeling van de moderne wetenschap. Zo gaat de wetenschap er vanuit

"Schepping en evolutie kunnen op natuurlijke wijze in een harmoniemodel worden uitgewerkt"

schijnselen die op hun beurt slechts een beperkt gedeelte van onze menselijke ervaringen uitmaken." Wat dit citaat volgens Dekker illustreert is dat de wetenschap niet voor alles een verklaring heeft, en dat er genoeg ruimte is voor religie náást wetenschap.

Conflict?

Tegelijk klinken er ook minder bescheiden geluiden. Zo citeert Dekker Herman Philipse, hoogleraar filosofie aan de Universiteit van Utrecht, die eens gezegd heeft: "Een atheïst is niet arrogant, hij denkt gewoon beter na." Natuurkundige en Nobelprijswinnaar Simon van der Meer stelde bovendien al in de jaren tachtig van de vorige eeuw dat je als natuurkundige wel een gespleten persoonlijkheid moet hebben om nog in een god te kunnen geloven. Vooral deze laatste uitspraak illustreert volgens Dekker de nog steeds heersende, stereotype opvatting over geloof en wetenschap, namelijk dat er een groot conflict tussen deze twee bestaat.

De vraag is dus of er een balans mogelijk is tussen geloof en wetenschap. Kun je wetenschapper én christen zijn?

dat er een bepaalde orde heerst in de wereld. De christelijke God is dan ook een rationele god van orde. God zou bovendien de wetmatigheden hebben geschapen die de wetenschap natuurwetten noemt. Verder grijpt de wetenschapper zonder moeite in de natuur in, iets wat de christelijke levensbeschouwing niet verbiedt. De natuur is volgens christenen namelijk geschapen dóór God, maar van zichzelf niet goddelijk. "Een boom mag je omhakken, de wereld mag je onderzoeken", aldus Dekker.

Een veel gebruikt voorbeeld van een wetenschapper die in conflict kwam met het geloof is het geval van Galileo Galilei. "Dit conflict ligt echter subtieler dan vaak wordt gedacht", zegt Dekker. "Galilei had een conflict met het Aristoteliaanse wereldbeeld van zijn tijd, dat onder andere stelt dat de hemel onveranderlijk is en dat de natuur gekend moet worden door filosofie in plaats van waarnemingen met een telescoop." Daarnaast had Galilei volgens Dekker een conflict met de kerkelijke autoriteit over hoe de Bijbel moest worden geïnterpreteerd. "De Rooms-Katholieke kerk zag zichzelf als bewaarder van tradities. Er was echter géén conflict met de kernwaarden van het christelijke geloof. Galilei was

zelf een gelovig katholiek. En Charles Darwin dan? Ook hier geldt volgens Dekker dat er geen conflict is tussen de evolutietheorie en het christelijk geloof. “Mits de evolutietheorie wordt beschouwd als een biologische theorie die de ontwikkeling van het leven op aarde beschrijft en niet, zoals te vaak gebeurt, als een atheïstische filosofie.”

Polarisatie

Volgens Dekker zijn er verschillende redenen dat het concept evolutie zoveel discussie opwekt. Eén is dat er nog zoveel vragen openstaan. Bijvoorbeeld – zo laat een recent overzicht uit *Science* zien – met betrekking tot waar en hoe het eerste leven ontstond, wat al dat junk-DNA in ons erfelijk materiaal doet, hoe zaken als ledematen, vinnen en gezichten ontstaan en zich ontwikkelen en hoe taal en muziek zich evolutionair gezien hebben ontwikkeld. Verder is er volgens Dekker historisch gezien een ongezonde polarisatie ontstaan tussen evolutionisten en creationisten. “Alle discussie wordt daarom automatisch in dit licht geplaatst en alleen extremen lijken nog serieus genomen te mogen worden.” Ook raakt de theorie aan fundamentele oorsprongsvragen, zoals de vraag waar we vandaan komen, waar we naar toe gaan, of alles toeval is of dat er een plan is en wat de zin van het bestaan is. Tenslotte worden soms verregaande claims neergelegd met beroep op evolutie, aldus Dekker. “Voorbeelden hiervan zijn uitspraken zoals dat alles wordt geregeerd door blind toeval, dat het leven volstrekt doelloos en zinloos is en dat zelfzuchtige genen moraal en persoonlijkheid illusionair maken. Zulke beweringen roepen vanzelfsprekend tegenreacties op.” Een deel van de verwarring is volgens Dekker te verklaren uit het feit dat er meerdere betekenissen worden gehanteerd voor het concept ‘evolutie’. “Naast het puur wetenschappelijke concept kapen mensen als Richard Dawkins de evolutietheorie om hun atheïstische ideologie te promoten. In deze context is het darwinisme zelfs door meerdere professionele filosofen benoemd als ‘seculiere religie’.”

Cees Dekkers mening ten aanzien van evolutie en schepping is dat er geen conflict hoeft te zijn. “Schepping en evolutie kunnen op natuurlijke wijze in een harmonieel model worden uitgewerkt”, vertelt hij. “Het is goed verdedigbaar om zowel de Bijbelse openbaring te onderschrijven, namelijk dat God onze schepper is, en tegelijk te erkennen dat de geschiedenis volgens een evolutionair scenario is verlopen, dus hoe God deze wereld gescha-

pen heeft.” Dekker verwerpt de evolutietheorie dus zeker niet. In een reactie op een criticaster schreef hij eens dat het onzin zou zijn om Darwins paradigma geheel terzijde te leggen. “En dat doen wij ook niet. Maar het is nog veel onzinniger om niet open te staan voor nieuwe paradigma’s wanneer het oude paradigma niet voldoende verklarend is.” [2]

Scepsis

In welke opzichten schiet Darwins paradigma volgens Dekker dan tekort? “Ik denk zeker dat het leven zich heeft ontwikkeld volgens de mechanismen die in de evolutietheorie worden beschreven. Maar dat laat onverlet dat er nog veel vragen zijn over de mechanismen achter evolutie, hoe het precies is gebeurd. Ik ben op deze punten wat sceptischer dan de gemiddelde wetenschapper en ik denk dat scepsis een goede wetenschappelijke eigenschap is.” Maar is de ontwerpgedachte dan niet meer dan een opvulling van de gaten van de evolutieleer? “Intelligent Design is niet bedoeld om de laatste gaten in de evolutietheorie te dichten”, antwoordt Dekker. “Ze geeft een alternatieve duiding van de dingen die we waarnemen. Het is dus niet zo dat ik dingen die ik niet begrijp simpelweg toeschrijf aan een ontwerper, maar ik stel wel vragen bij de bestaande theorieën.”

Ziet Dekker Intelligent Design als een manier om geloof en wetenschap samen te brengen? “Niet echt. Het hangt af van je wereldbeeld hoe je tegen deze vraag aankijkt. Geloof je in goddelijke invloeden, dan ben je misschien sneller geneigd om een theorie als Intelligent Design te beschouwen. Schrijf je alles toe aan puur toeval, dan kom je bij een orthodoxe vorm van de evolutietheorie terecht. Ikzelf zie Intelligent Design niet als een manier om geloof en wetenschap te verenigen. Wat ik interessanter en veel belangrijker vind is de bredere discussie rond geloof en wetenschap die nu gaande is.” •

[1] Piet Borst, *Intelligent Design*, NRC Handelsblad 8 maart 2003

[2] Cees Dekker en Ronald Meester, *De geloofsbelijdenis van Piet Borst*, NRC Handelsblad 22 maart 2003

10 Jaar Periodiek

DOOR WICHER VISSER EN OLGER ZWIER

Geachte aanwezigen, wij zijn hier vandaag allen bijeen om een decennium Periodiek te vieren. Wij zullen graven in de geschiedenis, prominenten het woord laten en een kijkje nemen in het chaotische leven van een redacteur...

Toen ooit, een decennium geleden, de FMF groot werd en eens goed om zich heen keek, zag deze overal leden. Zij wilde hen aanspreken, meeneemen naar de activiteiten, verleiden tot een functie, maar zij had nog geen stem. Zonder bij de pakken neer te gaan zitten, creëerde zij de "Ledenbrief der FMF", en daarmee uiteindelijk ons: de redactie. Hoe komen wij hier?

De Periodiek in vogelvlucht

Op twintig september 1996 werd de eerste Ledenbrief verspreid, met een onbekende maar in ieder geval bescheiden oplage. Het was een informatief blaadje op A5-formaat, zonder kleur (tenzij je het vergeelde papier in de perio-archieven een kleur wilt noemen). Het behandelde allerlei interne FMF-zaken. Zo konden de commissies er hun ei kwijt, werd er een agenda met activiteiten gedrukt en sprak de voorzitter haar leden toe.

Het leven van een redacteur

Aan schrijvers wordt vaak het ultieme leven toegedicht. Zwaar gesubsidieerd als onderdeel van de vaderlandse cultuur lijkt de schrijver een echte levensgenieter te zijn. Zo niet de periodiekredacteur. Zijn leven gaat over andere zaken dan rozen. Hard werken is het credo. Deadlines. Inspiratie die binnen luttele seconden lijkt te vervliegen. En een hoofdredacteur die er immer op hamert dat de artikelen af moeten. Nee, het is een allerminst rustgevende bezigheid.

Maar niets is heerlijker dan het vrucht van de eigen pen zien ontstaan. Het verwoorden van gedachten, het fungeren als klankbord. De inspiratie die er uit voortvloeit is met geen pen te beschrijven. Eén van de mooiste dingen van de Periodiek is het interviewen van bekende wetenschappers en het bezoeken van interessante bedrijven en instituten. Deze activiteiten zijn altijd goed voor mooie verhalen. En wanneer het resultaat eindelijk daar is kan met genoegen

Maar nog in dezelfde jaargang werd de Ledenbrief omgetoverd tot een werkelijk verenigingsblaadje, slim "Periodiek" genoemd. De frequentie van de Periodiek werd vastgesteld op eens per kwartaal. Met een inhoudsopgave en in tijdschriftvorm zag het er allemaal een stuk serieuzer uit, al werd er alleen nog maar aandacht besteed aan interne zaken en verslagen.

Toen voor de nieuwe jaargang van '97/'98 de redactie veranderde, werd de Periodiek een beetje vreemd, een beetje Rivella. Enthousiast werd de Periodiek uitgebreid met maffe ideeën, zoals het plaatsen van plaatjes met daarop onzedelijke handelingen, prijsvragen, strips en een horoscoop. Enkele geheel maffe stukjes vielen te lezen en

teruggekeken en genoten worden van wederom de mooiste Periodiek ooit. Na hard zwoegen is het goed rusten.

Voordat het zover is, zijn vele zware dagen en nachten doorleefd. Artikelen moeten bedacht, geschreven, herschreven, opgeleverd, gecontroleerd, gewijzigd, gereviseerd en verbeterd worden. In de tussentijd moeten goede smoezen verzonnen worden om de hoofdredacteur tevreden te houden met de overschreden deadline. En als je zelf al eens op dreef bent, dan zal een interview of reactie wel roet in het eten gooien. Om een artikel naar het juiste niveau te tillen probeer je namelijk respectabele onderzoekers te bewegen inhoudelijk commentaar te leveren. Ook scribenten moeten in het gareel gehouden worden. Maar juist dat alles is de charme van het redacteurschap. Een intense vreugde maakt zich van je meester wanneer het resultaat zichtbaar wordt. •





voor het eerst gingen deze niet alleen over interne zaken, getuige het memorabele “Kontverhaal!!!” Ook werden de eerste centjes binnengehaald met advertenties.



De redactie wisselde weer en gedurende het seizoen '98/'99 was de Periodiek een one man show. De dappere Eïnselschreiber Richard kon zijn smaak qua tijdschriften helemaal kwijt op de naakte pagina's en dat viel te zien. De Periodiek werd omgebouwd tot een glossy, deels in kleur, met een fraaie voorkant, aangezien er enkel oogstrelende vrouwen op verschenen. De Periodiek-ster, hét symbool van de Periodiek, zag eveneens het licht. De Periodiek behandelde naast de gebruikelijke verslagen bijvoorbeeld de laarzenmode van het moment en voor het eerst verschenen er columnisten, oftewel “scribenten”, ten tonele. Het seizoen '98/'99 was ook de periode waarin het Breinwerk naam gaf aan de befaamde prijsvraag.

In '99/'00 kwam er een grote zesmansredactie, die grotendeels de neergezette stijl van Richard de Eïnselschrei-

ber in stand hield, zij het dat het geheel nog wat professioneler uit de verf kwam. Het was onder deze redactie dat er regelmatig echte artikelen verschenen, over bijvoorbeeld de rol van Bob Dylan in de pophistorie of de radarsystemen van Holland Signaal. Het gehele bestuur kwam aan het woord, met ieder bestuurslid een eigen Periodiek om zijn of haar zegje te doen. Ook zette de column Henk, een jaargang-overspannende rubriek, zijn eerste stapjes.

Het kwam er allemaal nog wat stijlvoller uit te zien omstreeks 2001. De glossy-stijl verdween en in plaats daarvan kreeg de Periodiek een abstracte stijl, met creatieve en artistieke voorkanten, zoals bijvoorbeeld de smurfensinus. De column Henk bleef echter gevarieerd en spontaan uit de hoek komen. De redactie experimenteerde met de Periodiek-ster, wat zich uitte in vijf verschillende versies in iets meer dan één jaar.

Het cohort onder leiding van Joost Massolt bracht 2002 een variëteit aan artikelen. De Periodiek leek de interne

Van de oud-redacteuren...



Kees Hink

In de tijd dat scholen nog een stencilapparaat hadden en Marco Borsato een hit scoorde met “Dromen zijn bedrog” had de FMF een ledenbrief: de “Ledenbrief der FMF”. Een mooie naam die de lading goed dekte. Maar zoals altijd moest het anders. In ons bestuur kwam iemand op het idee dit principe toe te passen op onze ledenbrief.

Waarom? Natuurlijk was de ledenbrief zo gek nog niet. En natuurlijk is “Periodiek” niet zo'n naam waaraan je meteen ziet wat het is. (De PTT vond de Periodiek zelfs helemaal niet periodiek.) Natuurlijk is het niet ineens lente en de eerste edities waren niet wereldschokkend: een stel gekleurde A4'tjes, bedrukt met zwart.

Misschien droomde iemand van een full-colour blad, vol met doorwrochte technische artikelen, onzinnige maar leuke tests, puzzels en studiegerelateerde verhalen. En één keer in de zoveel tijd komen dromen uit.

Gert Kootstra

Als nieuwe lopers in de periodiekrace barstten Fabian en ik natuurlijk van de energie en de ambitie om de Periodiek naar een hoger plan te brengen, met als gevolg dat de Periodiek het uiterlijk van een echt tijdschrift kreeg. Toen nog op A5, maar al wel met een verharde kaft, die later zelfs in full-colour werd gedrukt.

Ik herinner me uit die tijd voornamelijk de lange avonden in de ‘Oude Kamer’, een kamer in een klein bijgebouwtje gegestopt achter het WSN-gebouw. In dit 's winters koude hok haalden wij alles uit onze QuarkXpress-skills om de Perio-



aangelegenheden van de FMF nu echt te ontstijgen. Met het uitslaan van haar prille vleugels zou de Periodiek een grote vlucht gaan nemen. Dat bleek toen Abel Meijberg voor de laatste '03/'04 editie de lay-out drastisch veranderde en daarmee de Periodiek omtoverde in een fris en professioneel uitzienend blad. De vertrouwde Periodiek-ster werd vervangen door een nieuw symbool, dat de naam van het tijdschrift meer eer aan moest doen. Dat dit niet bij iedereen in goede aarde viel blijkt uit een ingezonden stuk van FMF-veteraan en oud-redacteur Nanne Huiges. Hij typeerde het nieuwe ontwerp als “een opvallende miskleun die in de naam van deze misplaatste vernieuwing is ontstaan”.



Opeenvolgende redacties adopteerden de nieuwe huisstijl en brachten inhoudelijke vernieuwingen. Onder de scepter van Bernadette Kruijver ontstond “In Het Nieuws”, met opvallende en interessante nieuwtjes. Ook kwam de “rubriek” in zwang, met onder meer Vreemgangers, De Oude Garde en Studeren in het Buitenland als terugkerend onderwerp. Als

klap op de vuurpijl wist de redactie van '05/'06 een 48 pagina's tellende Periodiek uit te brengen; een aantal dat tot op heden nog niet overtroffen is.



En zo zijn we aangekomen in het heden. Verderom is de lay-out vernieuwd, waarin de Periodiek-ster opnieuw zijn opwachting maakt. Door haar populair-wetenschappelijke inhoud heeft de Periodiek haar doelgroep uitgebreid; zo is de Periodiek tegenwoordig ook terug te vinden op de middelbare school. De Periodiek groeit en zal wellicht ooit het mainstream-publiek aanspreken. Maar ster-allures zal ze ondanks haar uiterlijk niet krijgen. De Periodiek is en blijft nauw verbonden met de FMF. •

De geboorte van de *

diek, keurig ge-edit en voorzien van flauwe opmerkingen en een nette layout, op tijd bij de drukker te krijgen.

Mijn metafoor van de estafetterace komt niet uit de lucht gevallen. Bij het doorbladeren van oude Periodieken kwam ik namelijk opvallend veel stukjes over deelname aan verschillende estafettelopen tegen. De FMF was in die tijd behoorlijk loopgek. Batavierenrace, Lauwersloop en de Hart van Brabantloop, overall deden de lopers van de FMF een gezamenlijke poging om een goede tijd neer te zetten.

Eind 1998 hebben we het stokje doorgegeven aan Richard van der Veen. Hij en de vele redacties na hem hebben de Periodiek gebracht waar het nu is. Een mooi faculteitsblad met een professionele opmaak en leuke mix van wetenschappelijke en minder serieuze stukken. Ik denk dat we goed op koers liggen om deze wedstrijd te gaan winnen. •

De vijf-potige ster is al acht jaar lang het symbool van de Periodiek. Sinds zijn ontstaan is het ontwerp weinig veranderd. Waar komt dit ijzersterke en briljante ontwerp vandaan? Uit een ingezonden brief van Richard van der Veen, solo-redacteur van de jaargang '98/'99, blijkt zijn oorsprong.

“Het sterretje is geïntroduceerd als onderdeel van een nieuw ontwerp van het Periodiek-logo.” Richard (de Einselschreiber, red.) probeerde destijds het logo van Wallpaper (<http://www.wallpaper.com>) na te maken. In navolging van het mode- en kunsttijdschrift Surface (<http://www.surfacemag.com>) introduceerde Wallpaper een sterretje in haar logo. De voetnoot ‘the stuff that surrounds you’ begeleidde het geheel. Richard kopieerde het sterretje en plaatste het net zoals Wallpaper achter de titel, met eronder de tekst ‘op regelmatige tijden terugkerend’. •

22 | Onzichtbare Materialen

DOOR WICHER VISSER EN SAMUEL HOEKMAN TURKESTEEN

Sinds de Griekse oudheid bestaan er legenden en mythen waarin aan mensen en voorwerpen de eigenschap onzichtbaarheid wordt toegedicht. De wetenschap kan deze droom uit het rijk der fabelen wellicht verwerkelijken. Het sleutelwoord hier is *metamaterialen*.

Vliegtuigen die onzichtbaar zijn voor radar en het menselijk oog. Optische lenzen die zich niet laten beperken door de golflengte van het te focussen licht. Elektronica die in staat is te functioneren binnen een elektromagnetisch veld. Dit alles klinkt ons als science-fiction in de oren. Maar over een aantal jaren zal deze fictie waarschijnlijk werkelijkheid worden. Recente doorbraken binnen de theoretische optica en materiaalkunde hebben ertoe geleid dat de theorie binnen deze wetenschap opnieuw bekeken wordt. Onderzoekers zijn er namelijk in geslaagd materialen te ontwikkelen die licht op een onconventionele wijze breken.

Brekingsindex

De breking van licht bij de overgang van het ene medium naar het andere (bijvoorbeeld van lucht naar water) wordt beschreven door de wet van Snellius. De mate van breking is direct afhankelijk van de dichtheden van de verschillende media. Door de breking zal licht, wanneer het door meerdere media reist, nooit een rechte weg afleggen. Het zal, vanuit een punt P gezien, de snelste, en niet noodzakelijk de kortste route kiezen om Q te bereiken. Dit wordt ook wel het principe van Fermat genoemd.

Wanneer een elektromagnetische golf, bijvoorbeeld zichtbaar licht, door een medium gaat, 'ziet' die golf de individuele atomen van dat medium niet. Dit komt omdat de golflengte van die golf vele malen groter is dan de effectieve straal van een atoom. Neem bijvoorbeeld straling uit het zichtbare spectrum, tussen 380 nm en 780 nm. Vergelijk dit met de atoomstraal van een waterstofatoom, deze is 0,037 nm. Door het verschil in grootte bestaat er een grote kans dat het foton een enkel atoom niet zal raken; de atoomkern en zijn schil met elektronen blijven onzichtbaar. Bij een grote verzameling atomen en fotonen zullen er wel interacties zijn.

Quasi-chemisch bekeken is breking met deze elektronenschillen als volgt te verklaren: wanneer een elektromagnetische golf door een medium gaat zullen de elektronen

in het medium een kracht ondervinden en een beetje van hun plek schuiven. Hierbij raakt de golf veel energie kwijt, waardoor de golf zich in het materiaal met een andere snelheid zal gaan voortbewegen. De lichtsnelheid wisselt dus per materiaal.

De brekingsindex is, naast een maat van breking, de maat voor de verhouding van de snelheden van het licht in het medium die het binnendringt ten opzicht van het medium waar het licht uittreedt. Bij een positieve brekingsindex zal de snelheid van het licht verminderen als het licht een medium met hogere index binnendringt, terwijl het naar de normaal toegebogen wordt. Bij een negatieve brekingsindex zal de snelheid eveneens verminderen, maar blijft het licht na breking aan dezelfde kant van de normaal.

Permittiviteit en permeabiliteit

Een elektromagnetische golf bestaat uit een elektrische en een magnetische component. Wanneer zo'n golf door een medium gaat ondervinden de elektronen in het medium een wisselend afstotende en aantrekkende kracht vanwege de elektrische component. Ook door de magnetische component zullen de reeds bewegende elektronen gaan oscilleren. De sterkte van deze effecten wordt bepaald door de elektrische permittiviteit en de magnetische permeabiliteit van het materiaal.

De permittiviteit ϵ_r beschrijft hoe een elektrisch veld een medium beïnvloedt en hoe het elektrisch veld beïnvloed wordt. Wanneer men een materiaal in een elektrisch veld plaatst, zal dit materiaal polariseren en zal binnen in het materiaal het veld minder sterk zijn. De permeabiliteit μ_r van een materiaal geeft aan hoe sterk (of hoe zwak) het materiaal een magnetisch veld geleidt. Materialen met een negatieve permittiviteit zijn bijvoorbeeld zilver, goud en aluminium wanneer zij zich in een elektrisch veld bevinden met een frequentie uit het optische spectrum. Materialen met een negatieve permeabiliteit zijn onder andere materialen opgebouwd uit ferromagneten en anti-ferromagneten.

Negatieve permittiviteit en permeabiliteit houden samen in dat de elektronen binnen het materiaal zich, ten opzichte van de kracht van de elektrische en magnetische velden, in tegengestelde richting bewegen. Dit klinkt tegenstrijdig, maar is betrekkelijk eenvoudig in te zien. We kunnen hiervoor naar de analogie van een slinger kijken. Wanneer de slinger langzaam en rustig geduwd wordt, zal deze in de richting van de duw bewegen. Zodra hij in beweging is, heeft hij de neiging te gaan oscilleren op een bepaalde frequentie: de resonantiefrequentie. Wanneer de slinger regelmatig een duw krijgt, zal de zwaai hoger beginnen. Als er ook nog eens met een hoger tempo dan de slingerfrequentie wordt geduwd, zal er een faseverschil optreden: op een gegeven moment zal de slinger al op de terugweg zijn, terwijl er nog een duwbeweging wordt gemaakt. Hoe sneller je gaat duwen, hoe sterker de slinger tegenwerkt: hij duwt de duwer. Op een soortgelijke wijze treden materialen met een negatieve permittiviteit en permeabiliteit uit fase en weerstaan ze de “duw” van het elektromagnetische veld; de elektronen bewegen in een richting tegengesteld aan het krachtveld.

Metamaterialen

In de natuurkundige speeltuin wordt getracht materialen te vinden die voldoen aan de eigenschappen van negatieve permittiviteit én negatieve permeabiliteit. Bij natuurlijke materialen komt het niet voor dat deze grootheden beide negatief zijn. Al sinds het midden van de jaren veertig houdt de wetenschap zich hiermee bezig. De ontdekking van deze materialen zou wellicht een nieuw tijdperk in de optica zouden kunnen inleiden. Een doorbraak ontstond door onderzoek van de Russische natuurkundige Victor Veselago. In 1968 presenteerde hij een publicatie, waarin hij onderzocht wat er gebeurt als elektromagnetische golven in contact komen met een hypothetisch materiaal waarvan de permittiviteit en de permeabiliteit beiden negatief zijn. Onderzoekers aan de Duke University te Durham, Engeland, met David Smith als één van de meest vooraanstaande personen, zijn er een aantal jaren geleden in geslaagd dit zogenoemde metamateriaal te maken. De exotische eigenschappen van deze metamaterialen bieden tal van nieuwe mogelijkheden.

Om het effect van negatieve breking en omgekeerde golfrichting te bewerkstelligen worden metamaterialen opgebouwd uit kleine circuits (*split-ring resonatoren* of *SRR's*) die de magnetische of elektrische reactie van het



Metamateriaal bestaat uit een structuur van vele split-ring resonatoren.

materiaal nabootsen. Deze circuits genereren een magnetische flux die een circulerende stroom veroorzaakt. Een rooster met metalen draden zorgt voor een elektrisch veld met een wisselende stroomrichting. Wanneer de frequentie van de velden hoger ligt dan de resonantiefrequentie van het materiaal ontstaat, analoog aan de slinger, een negatieve reactie: het metamateriaal krijgt een negatieve permittiviteit en permeabiliteit. Het gevolg hiervan is dat de effecten omgekeerd zullen zijn. Wanneer (in een medium met positieve brekingsindex) een elektron afgestoten wordt door de elektromagnetische golf, wordt deze nu dus juist aangetrokken.

De superlens

Metamaterialen bieden mogelijkheden in de nanoscopie. Bestaande lenzen zijn opgebouwd uit materialen met een positieve brekingsindex. Door de diffractielimiet worden deze materialen in hun zoombaarheid beperkt tot de helft van de golflengte van het licht dat het te observeren object reflecteert. Dit heeft gevolgen voor alle typen lenzen, zowel voor het meten van afstanden tussen sterren (macroscopisch) als op moleculair niveau (microscopisch). Door de negatieve brekingsindex geldt deze beperking voor de besproken metamaterialen echter niet. Integendeel, dergelijke superlenzen lijken geen beperkingen te hebben.

De vraag rijst nu wat de oorzaak is van deze schier oneindige mogelijkheid tot vergroting. Om deze te beantwoorden kijken we naar de grenzen van de huidige lenzen. Een bron van elektromagnetische straling veroorzaakt twee verschillende typen velden: het *near field* en het *far field*. Om een beeld te vormen van de bron kan het far field opgevangen worden door een lens. De golflengte van de opgevangen straling bepaalt het uiterlijk (of, zo

je wilt, kleur) van de bron. Hierdoor beperkt de straling het zichtbare detailniveau van de bron.

Het near field bevat wel het allerfijnste detail, maar de intensiteit (amplitude) van deze straling vermindert exponentieel met de afstand. Onderzoek door John Pendry voorspelt de mogelijkheid van materialen met een negatieve brekingsindex om zowel het far field als het near field te herfocussen. Het metamateriaal in de superlens is namelijk in staat om de intensiteit van de straling van het near field exponentieel te versterken, totdat het de lens verlaat richting het brandpunt. Door dit principe zouden dergelijke lenzen niet beperkt worden door de diffractielimiet.

Helaas zijn er beperkingen in de resolutie van een dergelijke superlens. De kwaliteit van het beeld hangt af van het metamateriaal. Niet alleen dient de brekingsindex -1 te zijn, ook de permittiviteit en de permeabiliteit moeten deze waarde hebben. Indien dit niet geval is zal de resolutie drastisch verminderen. Een oplossing doet zich voor wanneer het te observeren object veel kleiner is dan de golflengte. Het is dan mogelijk de permeabiliteit te negeren.

Cloaking

De exotische eigenschappen van metamaterialen leiden tot toepassingen die voorheen enkel in science-fiction voor mogelijk werden gehouden. *Cloaking* is hiervan een van de meest tot de verbeelding sprekende voorbeelden. Allerlei geavanceerde mogelijkheden liggen in het verschiet, van het verbergen van 'gevoelig' materiaal tot de *stealth*-bommenwerper van de 21^e eeuw en het ongevoelig maken van het astronomische meetinstrumentarium voor kosmische straling. Zelfs een aardse versie van de *Klingon Bird of Prey* lijkt opeens niet meer onwaarschijnlijk.

De onzichtbaarheid of ongevoeligheid van materialen vereist dat elektromagnetische straling, zoals licht- of radargolven, zich zou moeten gedragen alsof het object niet zou bestaan. Echter, wanneer de straling de overgang van het dragende medium (bijvoorbeeld lucht) naar het object bereikt, zal het afhankelijk van de reflectieve eigenschappen van het object weerkaatst of doorgelaten worden. De mate van afbuiging hangt hierbij af van de brekingsindex. Door gebruik te maken van de negatieve

brekingsindex van metamaterialen is het mogelijk de straling rond het object te leiden, zodat de straling het materiaal verlaat zoals het zijn intrede heeft gedaan.

Het ombuigen van straling kan mogelijk gemaakt worden door een object te omgeven met metamaterialen. Met behulp van Maxwells vergelijkingen kan berekend worden wat de precieze eigenschappen van dit materiaal moeten zijn om het licht om te leiden. Feitelijk dient bepaald te worden op welke wijze het metamateriaal opgebouwd moet worden uit de minuscule onderdelen die de negatieve brekingsindex veroorzaken. Over het gehele metamateriaal zal de brekingsindex verschillen om de straling op de juiste wijze af te buigen. Het effect hiervan is dat het volume waarin het verborgen object zich bevindt omgevormd wordt tot een schil rond het object. Aan de hand van deze nieuwe coördinaten kan bepaald worden wat de permittiviteit en permeabiliteit binnen de cloak behoort te zijn.

Wanneer de snelheid van het licht niet hoger ligt dan in het medium buiten het metamateriaal (circa 300.000 km/s in het luchtledige), zal er een meetbare vertraging optreden bij het verlaten van de cloak. De snelheid van het licht zal dus toe moeten nemen met de mate van ombuiging, met een oneindige snelheid langs de oppervlakte van het object. Alhoewel dit onmogelijk klinkt staat Einsteins relativiteitstheorie dit toe, doordat licht twee snelheden heeft: de snelheid waarmee de stijging van een golf van een gegeven frequentie zich voortbeweegt (de fasesnelheid) en de snelheid waarmee energie en informatie wordt getransporteerd (de groepsnelheid).

Het cloaking-effect heeft ook andere toepassingen. Doordat elektromagnetische straling het afgeschermd object niet kan bereiken is het onbeïnvloedbaar door deze straling. Dit heeft tot gevolg dat elektronische apparatuur in staat is te functioneren binnen een elektromagnetisch veld. Hierbij valt te denken aan receptoren in bijvoorbeeld een MRI-scanner. Ook kan het worden gebruikt om signalen van mobiele telefoons langs obstakels te geleiden. Meer uitdagender is het verwijderen van horizonvervuilende fabrieken en windmolens uit het gezichtsveld.

David Smith, onderzoeker en mede-grondlegger van metamaterialen, heeft onlangs een experiment uitgevoerd dat de mogelijkheden van cloaking bevestigt. De opstel-

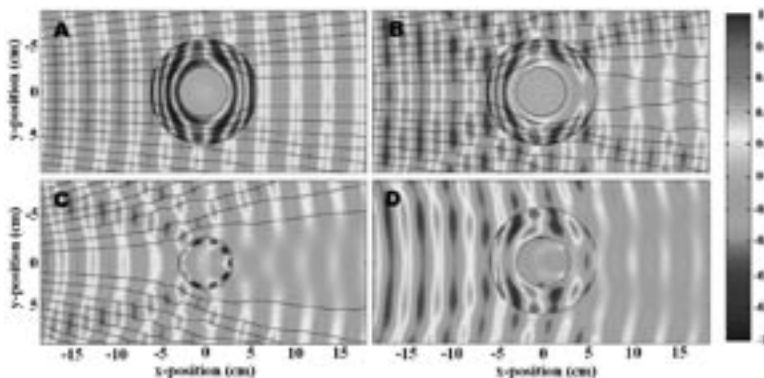
ling omvatte een 2D-cloak rondom een geleidende koperen cylinder. Een cylinder is het grootste voorwerp dat in een cloak verborgen kan worden en heeft bovendien het grootste verspreidend vermogen. Om het stralingsgedrag in de afwezigheid van het object te simuleren, dient een coördinaattransformatie berekend te worden die zorgt dat de cilindrische ruimte $0 < r < b$ (r is radiale coördinaat, b is de straal tot de buitenste schil van de cloak) getransformeerd wordt naar de ringachtige ruimte van de cloak $a < r < b$ (r is de nieuwe radiale coördinaat, a is de straal tot de binnenrand van de cloak). Aan de hand van de nieuwe coördinaten kan de vereiste permittiviteit en permeabiliteit binnen de cloak bepaald worden. Dit heeft tot gevolg dat precies berekend kan worden welke eigenschappen de metamaterialen in de cloak moeten hebben. Op basis hiervan kunnen de eigenschappen van de afzonderlijke metamaterialen worden bepaald. De cloak is opgebouwd uit tien concentrische (een identiek centrum hebbende) cilinders met drie lagen van metamaterialen.

Er werd straling met een frequentie tussen 8 en 12 GHz gebruikt om het cloakingeffect te testen. Het blijkt dat de cloak zowel de reflectie als de schaduw verminderde, maar niet volledig ophief. Dit heeft te maken met de beperkingen in de constructie van de cloak, die beperkt worden door de huidige techniek. Ook absorptie door het gebruikte materiaal is een oorzaak. Wanneer de golven zich door de cloak verplaatsen vertraagt het centrale gedeelte van de golf en wordt daardoor gecomprimeerd, overeenkomstig met de theorie. Bij het bereiken van het object breekt de golf in twee, verplaatst zich langs het object en komt weer samen aan de andere kant.

Ondanks de wonderlijke mogelijkheden die in het vooruitzicht liggen is het niet allemaal goud wat blinkt. Volledige onzichtbaarheid is onmogelijk, doordat de techniek niet over het gehele spectrum werkt. De grootte van de vereiste cloak neemt namelijk toe met het frequentiebereik waarvoor de onzichtbaarheid van het object moet gelden. Daarnaast zorgt de onzichtbaarheid van het object ervoor dat er binnen de cloak niets van de buitenwereld geregistreerd kan worden. Ondanks deze beperking zullen er toepassingen ontwikkeld worden die werken in de bandbreedte van microgolven tot terahertz-frequenties. Ook het weren van geluid lijkt tot de mogelijkheden te bestaan.

Conclusie

Met de ontdekking van materialen met een negatieve brekingsindex lijken de mogelijkheden eindeloos. Fabelachtige toepassingen lonken ingenieurs zich te storten in deze nieuwe wereld. Maar hoewel het onderzoek door de recentelijke ontdekkingen in een stroomversnelling is geraakt, zal het nog zeker meer dan een decennium duren voordat indrukwekkende toepassingen op de markt kunnen worden verwacht. Toch voorspellen wetenschappers dat het mogelijk is binnen een aantal jaren de eerste toepassingen van cloaking of de superlens beschikbaar te hebben. Feit is dat dit jonge gebied ontzettend veel mogelijkheden zal bieden. Al ware het enkel dat we binnenkort in staat zijn met een microscoop het binnenste van de menselijke cellen te bekijken, of ultrasonische apparatuur te gebruiken die in staat is ziekten in ongeboren baby's te detecteren. Ons advies: houd dit onderzoeksgebied scherp in de gaten! •



Experimentale resultaten:

De zwarte lijnen geven de richting van de golven weer. De grijswaarde codeert de waarde van de golven. (A) laat een computersimulatie van de ideale situatie zien, (B) een computersimulatie met de werkelijke opstelling, (C) de experimentele resultaten met alleen het cilindrische object en (D) experimentele resultaten met de cloak.

Anisa wilde op stage, niet afstuderen op de universiteit met zeeën van tijd en gezellige koffiekamers, maar de ‘echte, werkende mensen-wereld’ in. Mijn professor zei: “Zoek een opdracht waarbij je iets moet optimaliseren en je hebt al gauw een mooi wiskundig probleem te pakken.” Toevallig had Deloitte een vraagstuk over het samenstellen van ‘optimale’ beleggingsportefeuilles. In dit artikel zal ik vertellen wat een optimale beleggingsportefeuille is en hoe je die kunt modelleren.

Een investeerder wil haar geld besteden

Stel, een investeerder heeft een grote zak met geld en zij wil dit op een zinnige manier investeren, in de hoop een positief rendement te halen. Er zijn een heleboel investeringsmogelijkheden, maar om het overzichtelijk te houden belegt ze alleen in aandelen.

De investeerder let op het economisch nieuws en krijgt zo het idee dat het goed gaat in de staalsector; de hoge staalprijzen zorgen voor recordwinsten bij staalbedrijven. Misschien moet zij geld beleggen in Neerlands trots, Corus. Hoeveel procent van haar vermogen zou ze daar dan in moeten investeren? Zou dat het hele vermogen zijn, of de helft, of misschien maar tien procent? Eigenlijk heeft ze daar geen duidelijk beeld van.

Don't put all your eggs in one basket

Het is beter om een portefeuille samen te stellen met eenzelfde verwacht rendement, maar met minder fluctuaties in het gerealiseerde rendement. Dit kan onder andere door aandelen van verschillende bedrijven te kopen. Niet alleen bedrijven in de staalsector, maar bijvoorbeeld ook een voedingsmiddelenbedrijf zoals Unilever. Een slecht resultaat van Corus zou dan opgevangen kunnen worden door een positief resultaat van Unilever.

Het liefst zou de investeerder een aandelenpakket samenstellen waarbij het rendement een hoge verwachtingswaarde heeft die nauwelijks fluctueert. Deze fluctuatie van het verwachte rendement wordt ook wel het risico (dat de verwachtingen niet uitkomen) genoemd. Je kunt de bedoelingen van de investeerder ook op de volgende equivalente manier formuleren: maximaliseer de verwachtingswaarde van het rendement voor een bepaald risiconiveau.

Verwachtingswaarde en variantie

Hiermee komen we bij de definitie van een optimale beleggingsportefeuille. De optimale portefeuille is de portefeuille die bij een bepaald risiconiveau het hoogste verwachte rendement oplevert.

Hoe stel je zo'n optimale portefeuille samen? Voordat we lekker kunnen gaan rekenen, moeten deze ideeën eerst in wiskunde worden vertaald. Harry Markowitz was de eerste die de optimale portefeuille wiskundig formuleerde en kreeg daarvoor een Nobelprijs voor Economie.

De optimale beleggingsportefeuille is de portefeuille die de verwachtingswaarde van het rendement maximaliseert voor een bepaalde waarde van de variantie. De variantie van het rendement wordt gebruikt om het risico te meten. In het Engels wordt het vaak aangeduid met ‘mean-variance’ optimalisatie. Markowitz noemde het trouwens niet een optimale portefeuille maar een ‘mean-variance’- efficiënte portefeuille.

Het wiskundig model versie 1.0

We hebben een universum met n aandelen, van elk aandeel is de verwachtingswaarde van het rendement (μ_i), de variantie van het rendement (σ_{ii}) en de covariantie (σ_{ij}) met de andere aandelenrendementen bekend. Daarmee kun je ook de verwachtingswaarde van het rendement van de portefeuille (E_p) en de variantie van het rendement van de portefeuille (V_p) berekenen. Elk aandeel heeft een procentueel gewicht (w_i) in de portefeuille. De verwachtingswaarde van de portefeuille wordt bepaald door het gewicht van de aandelen in de portefeuille en de verwachtingswaarde van die aandelen. De variantie van de portefeuille wordt met behulp van de covariantie-matrix (Σ) uitgerekend.

$$E_p = \sum_{i=1}^n \mu_i w_i = \boldsymbol{\mu} \mathbf{w}$$

$$V_p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} = \mathbf{w} \Sigma \mathbf{w}$$

Het portefeuille-optimalisatieprobleem wordt hiermee:

$$\begin{array}{ll} \text{selecteer} & \mathbf{w} \in \mathbb{R}^n \\ \text{om te maximaliseren} & \boldsymbol{\mu} \mathbf{w} \\ \text{onder de voorwaarde} & \mathbf{w} \Sigma \mathbf{w} = c \end{array}$$

Dit is een probleem dat waarschijnlijk alle periolezers inmiddels gezien hebben: eerstejaars calculus, goed oplosbaar met de methode van Lagrange.

Vaak zijn we niet geïnteresseerd in de oplossing voor één risiconiveau, maar we willen meteen de hele familie van risiconiveaus te pakken krijgen. Daarom wordt er gewerkt met de risico-aversieparameter (λ). Door deze parameter te variëren, kan het risiconiveau in de portefeuille gevarieerd worden. De te maximaliseren functie is nu $\mu\mathbf{w} - \lambda\mathbf{w}\Sigma\mathbf{w}$ en de voorwaarde vervalt. De oplossing van dit laatste probleem is te vinden door te differentiëren naar de vector van gewichten \mathbf{w} en gelijk te stellen aan nul:

$$\mathbf{w}_{\text{opt}} = (\lambda\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu}.$$

Het model is niet perfect

Het model is helaas nog niet perfect; er zijn zeker twee makkelijke verbeteringen mogelijk. De vector van gewichten hoeft op dit moment niet op te tellen tot 100%. Daarvoor is een extra voorwaarde nodig: $\sum_{i=1}^n \mathbf{w}_i = \mathbf{w}\mathbf{1}' = 1$. Ook is het in het huidige model mogelijk om oneindig veel aandelen te bezitten en te lenen. In de praktijk zitten hier wel grenzen aan. In principe is deze beperking makkelijk toe te voegen, door het aandelenbezit te beperken tot een ondergrens (\mathbf{l}) en een bovengrens (\mathbf{u}): $\mathbf{l} \leq \mathbf{w} \leq \mathbf{u}$. Helaas verandert ons probleem daarmee in een kwadratisch programmeerprobleem zonder analytische oplossing.

We kunnen de portefeuilles grafisch weergeven door de verwachtingswaarde tegen de variantie (of de wortel ervan) uit te zetten. Op de gekantelde parabolische lijn liggen de optimale portefeuilles. De punten binnen de parabolische lijn zijn individuele aandelen en inefficiënte portefeuilles.

Ondanks de verbeteringen is het nog steeds geen ideaal model, vanwege praktische en meer fundamentele bezwaren. Een praktisch bezwaar is dat van elk aandeel een schatting moet worden gegeven van de verwachtingswaarde en de (co)variantie van het rendement, terwijl een belegger niet over alles een mening heeft. Het is erg lastig om een schatting te geven van het verwachte rendement en het model laat ook niet toe dat je kunt aangeven hoe zeker je bent over de schatting. Een meer fundamenteel bezwaar is dat het model erg

gevoelig is voor de schattingen van verwachtingswaarde en (co)variantie, een kleine verandering in de schattingen kan een compleet andere samenstelling van de portefeuille opleveren. Tot slot stelt het model vaak portefeuilles samen met maar een paar aandelen erin. In de vijftig jaar sinds het ontstaan van dit toch wel baanbrekende model zijn er veel ontwikkelingen geweest die het model verbeterd hebben.

Het Black-Litterman-model

Fischer Black en Robert Litterman zijn in de jaren negentig bezig geweest om het Markowitz-model te verbeteren. Ze probeerden betere schattingen te geven voor de verwachtingswaarde en de variantie. In hun model hoeft de belegger alleen nog maar een schatting te geven wanneer hij daadwerkelijk een mening heeft over het verwachte rendement van het aandeel.

Helaas is ook het Black-Litterman-model niet ideaal. Het is nog steeds afhankelijk van 'mean-variance'-optimalisatie, die zich niet zo goed gedraagt. De gebruiker moet nog steeds een puntschatting geven van de verwachtingswaarde, terwijl hij soms alleen een idee heeft dat het ene aandeel het beter gaat doen dan het andere. Al met al staat er nog geen ideaal model op papier en zijn er nog genoeg verbeteringen mogelijk die ik kan onderzoeken. Daar houd ik me dan ook de komende tijd mee bezig bij Deloitte.

Deloitte

Tot slot van deze advertorial nog iets over Deloitte en mijn ervaringen op de afdeling Quantitative Modeling & Asset Management. Ik ervaar het als een leuke plek om te werken, doordat je echt nog je wiskundige hersenen kan gebruiken en niet alleen het zo bejubelde 'analytisch' denkvermogen. Wanneer het bijvoorbeeld gaat over modelleren van opties, komen er stochastische differentiaalvergelijkingen tevoorschijn en wordt het op eens een stuk ingewikkelder dan die Lagrange-multipliers uit het model van Markowitz.

Het fijnste is misschien nog wel dat je samenwerkt met andere bèta's en niet met de gebruikelijke 'ik ben heel belangrijk'-consultant. Mensen die gewoon doen, die hun werk leuk vinden en daar ook nog eens erg goed in zijn. •

28 | Van de Commissaris-Extern

DOOR ROEL TEMPELAAR

“De Fysisch-Mathematische Faculteitsvereniging is één van de meest vooraanstaande studieverenigingen in het land. Ons netwerk vertakt zich tot in alle lagen van de *high society*. Deze positie vervult de FMF nu al 47 jaar en sindsdien is zij uit de verf gekomen als een integere en solide speler in een steeds maar veranderend speelveld. De FMF heeft standgehouden in zowel goede als barre tijden, niet in de laatste plaats vanwege de vooruitziende blik en professionaliteit van de besturen die sinds jaar en dag het kloppende hart van deze vereniging vormen.

“De FMF heeft een overdadig ledenbestand, waarbij de betreffende studierichtingen alle relevante bètastudies beslaan. Onder deze leden bevindt zich een enorm aandeel actieve leden, die allen staan te springen om de handen uit de mouwen te steken. Zij stuwen de activiteit van deze vereniging tot immense proporties.

“De resultaten van deze inzet mogen er zijn. Zo beschikt de FMF ieder jaar weer over een symposium van ongekende omvang, dat mensen uit heel Europa de barre reis naar dit kikkerlandje doet aanvaarden. We ondernemen jaarlijks met een delegatie een lange reis, waarbij met name de banden in Azië nogmaals worden verstevigd. Daarnaast beschikt de FMF over een eigen kledinglijn, die op modegebied groten als Armani de loef afsteekt. Verder wordt ons verenigingsbulletin wereldwijd veel gelezen en gequoteerd.

“Onze leden vormen de toekomst van Nederland, en zelfs Europa. Zij zitten momenteel nog te ploeteren in de collegebanken, maar binnen afzienbare tijd zullen zij opgeklommen zijn tot de hoogst denkbare posities. Enerzijds zullen zij de wetenschappelijke wereld nieuwe impulsen verschaffen, anderzijds zullen zij de rol van karrentrekker vervullen in het bedrijfsleven.

“Een goede indicatie hiervan zijn onze alumni. Na het succesvol afronden van hun studie, en dat niet in de laatste plaats vanwege de FMF, zijn zij uitgewaaierd over de hele wereld, om daar hun steentje bij te dragen aan mondiale vooruitgang. En natuurlijk om daar hun stukje FMF over te brengen, want de FMF is niet slechts een vereniging: *it's a way of life!*

“Ook hier geldt dat zowel het bedrijfsleven als de wetenschap in grote mate profiteert van deze mensen. De grootste bedrijven ter wereld draaien op oud-FMF'ers. U

begrijpt dat wij een flinke vinger in de pap hebben als het op de wereldeconomie aankomt.

“Wat het wetenschappelijke aandeel betreft zou ik willen aanstippen dat enkele oud-leden enorm dicht bij een Nobelprijs hebben gezeten, en dat in de nabije toekomst het eerste exemplaar indirect aan de FMF uitgereikt zal worden.

“Dan hebben we nog onze ereleden. Erelid van de FMF word je natuurlijk niet zomaar. Mag ik u erop wijzen dat er jaarlijks enkele honderden personen geridderd worden in naam van Hare Majesteit de Koningin. Bij ons ligt dat net even anders. Onze ereleden worden met de grootste zorg geselecteerd uit met name het wetenschappelijke bestel. Maar dan zijn de kandidaten er nog niet. Uiteindelijk hebben door de jaren heen slechts enkelen het geschopt tot erelid der FMF, en die enkelen vormen dan ook de absolute bovenlaag van Nederland.

“Kortom, de FMF is een juweeltje van een studievereniging. Ik zou u dan ook ten zeerste aanraden een full-colour advertentie in de *Periodiek* te plaatsen”, sprak ik tot de adviseur van een niet nader te noemen plaatselijk uitzendbureau, waarop de beste man eens moeilijk keek en sprak:

“Als u het mij toestaat, dan zou ik er graag nog even over nadenken...” •



TMC Physics

"The only way of testing the limits of the possible is to venture beyond into the impossible". Arthur C. Clarke

**Looking for a challenging job
in the high-tech industry?**

TMC Physics, is a "House of Physics" which undertakes projects within the entire Physics discipline. Our "Employeneurs" (of which 90% academics) execute on-site projects for various top-500 multinationals.

As the industrial partner that combines Research & Development, TMC offers physicists challenging projects for the physics generalist as well as the specialist and researcher. For further information, contact Bert Tinge M.Sc., +31(0)40 239 22 60, bert.tinge@tmc.nl or www.tmc.nl.

DOOR EWOUDE WERKMAN

“Duits? Dat ga ik de rest van mijn leven nooit meer nodig hebben!” Deze woorden hoor ik schel in mijn hersenpan nagalmen op het moment dat ik een positieve e-mail ontvang van mijn aankomend begeleider over een eventuele stage en afstuderen in Duitsland. De woorden waren door mij zorgvuldig gekozen in de discussie met mijn moeder over mijn vakkenpakket op de middelbare school, waar zij het duidelijk mee oneens was: “Zo’n taal kan later goed van pas komen.” Tuurlijk niet, Engels is *the way to go*, en dat was zonder talenknobbel al ellendig genoeg.

Meer dan tien jaar later kwamen haar woorden uit. “Luister altijd naar je moeder”, schoot er nog achteraan, maar die gedachte kon ik goed onderdrukken. Dit was tenslotte toeval. Alles was het gevolg van bier drinken met de verkeerde mensen, op een verkeerd moment en op een verkeerde plaats. Gevolg van gezellig met onbekende mensen sociaal doen. Netwerken noemen bedrijfskundigen het ook wel. Verschrikkelijk, die mensen.

Mijn kritische eisen ten aanzien van mijn stage en afstuderen in het buitenland bleken de lijst van oneindige mogelijkheden verschrikkelijk snel te hebben gereduceerd: niet bij een universiteit (weg Italië, Londen, België), fatsoenlijke stagevergoeding (weg Boston, New York) en uitdagende opdracht (weg Microsoft). Dit liet uiteindelijk één optie over: Duitsland.

Mijn begeleider had ik eind 2004 op een internationale workshop ontmoet die georganiseerd was door de afdeling Software Engineering and Architecture van informatica in Groningen. Na afloop had ik de participanten gevraagd of men nog een biertje wilde drinken in de ge-

zellige binnenstad van Groningen, waarbij mijn begeleider gretig zijn vinger in de lucht had gestoken.

Kaiserslautern

Zo verhuisde ik dus begin oktober vorig jaar naar een klein appartementje in het centrum van Kaiserslautern, Zuid-West Duitsland. Mijn moeder had mij nog een etiquetteboek in de handen gedrukt: “Die Duitsers zijn van de formaliteiten, zo’n boek kan goed van pas komen.” Hiervan wist ik zeker dat ik het niet nodig zou hebben. Wie weet nou niet dat bij het bestijgen van de trap de heer voorgaat, en naar beneden de vrouw (anders kan je immers onder de rok kijken).

Op de morgen van de eerste werkdag stond ik oog in oog met mijn ergste vijand. Ondanks dat ik met mijn beste Duits had gevraagd of het aangegeven brood niet van het type zuurdesem was: “Das Brot ist doch nicht sauer?”, bleek mevrouw die Brotbäcker (het is ‘der Bäcker’, maar als de bakker vrouwelijk is, is het dan ‘die Bäcker?’) mij niet (goed) te hebben verstaan, waardoor ik toch met dat type brood opgescheept zat. En zuurdesembrood krijg



ik niet door mijn keel sinds een vakantie in Zwitserland. Dus na één poging en een kortstondig monoloog met het toilet ben ik maar op een lege maag naar het werk gegaan. Een goed begin is het halve werk.

Fraunhofer IESE

Ik was terecht gekomen bij het Fraunhofer Instituut voor Experimentele Software Engineering (Fraunhofer IESE), één van de ongeveer zestig Fraunhoferinstituten in Duitsland. IESE heeft als doel innovatieve software ontwikkelingstechnologieën bruikbaar te maken voor het bedrijfsleven door experimenten te doen met deze technologieën en deze tezamen met de resultaten bij bedrijven te introduceren. Dit heeft tot gevolg dat de onderzoekers bij IESE praktijkgericht moeten werken en dat men bij de bedrijven onderzoeksgericht moet gaan denken.

Fraunhofer IESE heeft zo'n 150 medewerkers en is hard aan het groeien. Qua onderzoek doen ze het heel goed. Ze zijn afgelopen jaar gestegen naar de vierde plaats op de internationale ranglijst van het Journal For Systems And Software, een toonaangevend tijdschrift in het vakgebied en daarbij genoteerd boven organisaties als Bell Labs/Lucent Technologies en de National University of Singapore.

Duits

IESE is een internationaal onderzoeksinstituut met werknemers uit alle hoeken van de wereld. Ik kon mij dus mooi redden met mijn (op de middelbare school geleerde) Engels. Nou, bijna. Ten eerste was ik de eerste internationale student die een stage bij hun ging doen en zat ik dus tussen uitsluitend Duitse studenten. Ten tweede deed ik mijn stage in een project waar geen enkele buitenlander zat en waar men het toch wel heel erg waardeerde dat men gewoon de eigen taal kon spreken. Of ik dat verstond? Min of meer, ik kon tenslotte ook al bijna lekker brood bestellen. Na een drie uur durende projectmeeting kwam ik daar toch wel even van terug: barstende koppijn van de poging tot het volgen van het gesprek. En wat is in hemelsnaam 'Schnittstellen' of 'Muster'. Juist, technisch Duits. Lastig.

Daarnaast praten ze in Kaiserslautern het Pfalzische dialect (à la Hagenees), iets wat de rest van Duitsland ook

niet verstaat. Iets noordelijker, net boven de Rijn, spreekt men het Hessische dialect, wat doet vermoeden dat men daar 24/7 dronken is. Dat was beter te verstaan, maar dat kan ook te maken hebben met het feit dat ik daar carnaval aan het vieren was. Carnaval is trouwens een mooi feest: een week lang *Schoppen* drinken en schlagers zingen. *Schoppen* is een mix van wijn en fris (fifty-fifty) in een longdrinkglas, die je zo achterover slaat omdat je het als fris drinkt. Wijn is er in die regio legio, aangezien zich daar de bekende Rieslingwijnngaarden van de *Deutsche Weinstraße* bevinden. Dit heeft weer tot gevolg dat vanaf begin augustus in elk klein dorp wijnfeesten gehouden worden om de nieuwe wijn uit te proberen.

Nu was mijn idee dat men in Duitsland altijd en overal bier drinkt, en dat is ook zo, maar bij het eten wordt altijd wijn gedronken. En 's avonds geeft men de voorkeur aan cocktails. Toch raar in een land dat bekend staat om z'n verscheidenheid aan bier.

Het lijkt misschien alsof mijn afstudeeropdracht zich concentreerde op louter alcohol, maar het omgekeerde was waar: zoveel tijd was er niet om daarvan te genieten, er moest hard gewerkt worden. En van hard werken zijn ze daar niet vies. Mijn begeleider was bijvoorbeeld elke dag voor acht uur 's ochtends aanwezig en vertrok niet eerder dan zes uur 's avonds.

Ambient Intelligence

Mijn stage vond plaats in het kader van een *Ambient Intelligence*-project. Ambient Intelligence (AmI) houdt in dat je op een intelligente manier gebruik maakt van allerlei systemen die in een ruimte zijn geplaatst maar die je niet ziet: *ambient*. AmI is hot en gehypet door onze bedrijfskundigen. Maar concreet komt het er op neer dat we op dit moment de chips erg klein, goedkoop, energiezuinig en toch krachtig kunnen bakken. Hierdoor kunnen we ze overal in onze omgeving plaatsen zodat we, bij de combinatie van al deze kleine chips, nieuwe toepassingen kunnen maken die meer op de mens zijn gericht en daarbij intelligenter zijn dan de huidige toepassingen.

Het AmI-project heeft een heel concreet doel: ouderen langer zelfstandig in hun eigen huis laten wonen. De achterliggende gedachte is geënt op het feit dat Duitsland (net als Nederland en Noord-Amerika) hard aan het

vergrijzen is, met als gevolg dat over een aantal jaar de verzorgingstehuizen de toestroom niet meer aankunnen. Naast dit capaciteitsprobleem zijn ook de kosten voor opvang en verzorging erg hoog. Deze kosten moeten worden opgevangen door een gelijkblijvende groep werkenden: wij dus! Tijdens de verkiezingscampagnes voor de afgelopen verkiezingen passeerde dit onderwerp dan ook regelmatig de revue.

In samenwerking met ziekenhuizen en verzorgingstehuizen is geanalyseerd welke redenen voornamelijk opname in een verzorgingstehuis veroorzaken. Daaruit is gekomen dat uitdroging, het eten van slecht voedsel en je thuis niet helemaal veilig meer voelen enkele oorzaken van een vervroegde verhuizing naar een verzorgingstehuis zijn. Het AmI-project heeft dus als doel voor deze oorzaken een technische oplossing te vinden en die te implementeren.

Nu is de gemiddelde oudere digibeet. Eenvoudigweg een laptopje met Excel uitdelen en vragen hierop hun drinken eetgedrag te noteren is geen oplossing. Helemaal niet als men wat vergeetachtig wordt. Daarom moet er een technische oplossing komen waarbij men precies niks hoeft te doen: het systeem moet zelf uitzoeken wat de toestand van de oudere is en hem indien nodig assisteren. Hiervoor wordt het huis uitgerust met allerlei sensoren (mogelijk gemaakt door die kleine chips) die registreren wat iemand de hele dag doet: een beetje Big Brother, maar dan met minder camera's en minder kijkers. De vraag of iemand zoveel privacy wil inleveren is positief beantwoord: men beschouwt het zelfstandig kunnen wonen als een groot goed, en in een verzorgingstehuis lever je ook een deel van je privacy in.

Mijn taak binnen het project was een applicatie te maken die allerlei sensorgegevens ontvangt, deze interpreteert en vervolgens kijkt of er actie ondernomen dient te worden. Enkele taken van sensoren zijn het meten van drinkactiviteit, inhoud van de koelkast, locatie van de persoon, stand van lampen en lichtknopjes in het huis, stand van de wandelstok, etc. Voorbeelden van acties zijn spreken tegen de persoon ("Trink ein bisschen mehr, du alte Sack!") of beelden op monitoren en televisies. Daarnaast hield ik mij bezig met het integreren van al deze sensorsystemen, ze moeten immers allen met de door mij ontwikkelde applicatie kunnen communiceren.

Beroemd

Alle ontwikkelde technologie werd getoetst in een laboratorium waarin een woning was nagebouwd. Doordat op deze manier het onderzoek zichtbaar en tastbaar gemaakt is, kreeg de pers hier ook snel lucht van. Ik werd gevraagd door de PR-afdeling van IESE of ik ook wilde figureren in een opname van het ZDF Mittagsmagazin (doelgroep: oude mensen).

Nu wilde het feit dat het WK – met vijf wedstrijden in het Frits Walter-stadion in Kaiserslautern – al snel naderde en ik een stuk meer oranjegezind was geworden tussen al die Duitsers. Wegens de slechte resultaten in de oefenwedstrijden was de gemiddelde Duitser het al snel met mij eens dat het met hun nooit wat zou worden en Nederland eindelijk wereldkampioen zou worden. Daarom had ik er ook geen problemen mee mij in oranje kleren te hijsen voor de ZDF.

Jammer genoeg werd ik tijdens dit televisieoptreden niet geïnterviewd. Was ik toch te oranje? Vermoedelijk kwam dat door mijn Duitse uitspraak: die uitspraak leek namelijk op die van Rudi Carell, de inmiddels wijlen Nederlandse entertainer in Duitsland. Als ik bij de slager om een pond Hackfleisch vroeg, kreeg ik niet de vraag "Darf es 'n bisschen mehr sein?" maar "Ach nein, kommen Sie aus Holland!?"

Abstudieren und Schluß

Ondertussen was mijn afstuderen begonnen waarin ik onderzoek deed naar hoe je het beste software kunt aanpassen, terwijl het al gestart is. Dit is namelijk nodig om de oudere te kunnen blijven ondersteunen. Als bijvoorbeeld gedetecteerd wordt dat de oudere niet meer reageert op geluid, vanwege verminderd gehoor, dan zal de software zich moeten aanpassen door visuele communicatie te gebruiken en niet meer de auditieve variant.

Ik kijk met veel genoegen terug op mijn tijd bij de oosterburen. Het is fantastisch en erg leerzaam om een deel van je studie in het buitenland door te brengen. De Duitsers zijn minder blij met mijn vertrek. Ze missen de geïmporteerde stroopwafels, gevulde koeken en de Hagel & Donder van Hooghoudt. En mijn Rudi Carell-accent. •

OOK INVENTIEF?



sollicitatie@vertis.nl



www.vertis.nl

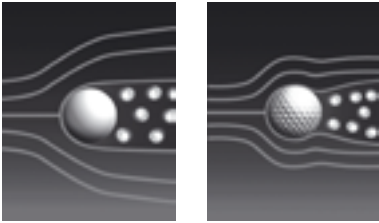
34 | Rekenen aan turbulentie

DOOR JELLE VAN DER ZWAAG EN HIELKE DE HAAN

Een golfbal mét putjes vliegt verder dan eentje zonder. Maar waarom rijden we dan nog niet in gedeukte auto's? Het onderzoek van dr. Roel Verstappen houdt zich onder andere hier mee bezig. Met computersimulaties rekt hij aan luchtstromingen langs muren, blokjes en straks ook golfballetjes. Maar het doorrekenen hiervan is nog niet zo simpel. "Het golfballetje zit op het randje, maar moet over drie jaar te doen zijn."

"Het leuke van het golfballetje is dat het gedrag vertoont dat tegen je intuïtie ingaat", vertelt Verstappen, die verbonden is aan het Wiskunde en Informatica Instituut van de RuG. "Als je twee vergelijkbare balletjes wegslaat met als enige verschil dat de ene een glad oppervlak heeft

zodat ze toch overeind blijven. "Wat betreft mogelijke toekomstige toepassingen kun je bijvoorbeeld denken aan olietankers," zegt Verstappen. "Die verbruiken veel brandstof en dat maakt het olietransport duur. Daar zou je wat aan kunnen doen. De vraag is echter hoe. Wat dat betreft is het golfballetje een leuk en hanteerbaar voorbeeld van hoeveel winst er valt te behalen als je wat meer van turbulentie begrijpt."



Een gedeukte golfbal ondervindt minder luchtweerstand

en de andere voorzien is van putjes, dan komt dat laatste balletje ongeveer tweeënhalf keer zo ver. Terwijl je juist zou verwachten dat een gladder oppervlak zorgt voor minder weerstand." Zulk tegenintuïtief gedrag kom je volgens Verstappen wel vaker tegen als je naar turbulentieproblemen kijkt. "Het is typisch iets wat je wilt begrijpen, want dan kun je het ook uitbuiten."

Lucky Luke

Hier en daar duiken al toepassingen op van het idee dat gladde oppervlakken niet altijd het meest gestroomlijnd zijn. Zo noemt Verstappen de strips op de pakken van schaatsers en de 'haaienpakken' van zwimmers. Maar ook de natuur maakt er gebruik van. De typische Mexicaanse cactussen die je in de Lucky Luke-verhalen tegenkomt kunnen de zwaarste stormen overleven terwijl ze geen

massieve stam hebben. Hun stekels zorgen er echter voor dat ze minder weerstand ondervinden van de wind

In de negentiende eeuw stelden de heren Navier en Stokes vergelijkingen op die de stroming van lucht, water en elke andere vloeistof of gas langs een voorwerp beschrijven. Deze vergelijkingen zijn zo ingewikkeld dat je stromingen alleen kunt uitrekenen met een computer. Wiskundigen over de hele wereld zijn bezig de eigenschappen van een oplossing te vinden. Er wordt zelfs een prijs van een miljoen dollar voor uitgelooft. Maar die eigenschappen zijn nog onduidelijk. Dat men over de aard van het beestje in het duister tast houdt Verstappen, en velen met hem, niet tegen.

Boomblaadjes

Met de computer kun je stromingen van lucht en vloeistoffen veelal goed benaderen. Maar hoe doet Verstappen dat nou precies? "Als je alle turbulenties en alle wervelingen van een luchtstroming langs bijvoorbeeld een golfbal gaat berekenen, dan is je computer erg lang bezig. Als het erg turbulent is: net zo lang totdat de zon is opgebrand. Je moet dus iets slims verzinnen." Verstappen deelt daarom het gebied waardoor de lucht stroomt op in kleinere gebiedjes. Vervolgens gooit hij alle wervelingen binnen zo'n gebiedje op één hoop. In plaats van al die kleine wervelingen en turbulenties hoeft hij nu 'alleen maar' die gebiedjes te volgen. "Hoe kleiner de gebiedjes, hoe beter de simulatie de werkelijkheid nabootst, maar des te langer je computer bezig is", legt Verstappen uit. Daarom maakt hij op plekken waar niks interessants gebeurt, de



gebiedjes groter. Zo beperkt hij de rekentijd, maar neemt hij wel de relevante verschijnselen mee. Dat je moet oppassen om niet té grote gebiedjes te gebruiken, illustreert Verstappen aan de hand van het weer.

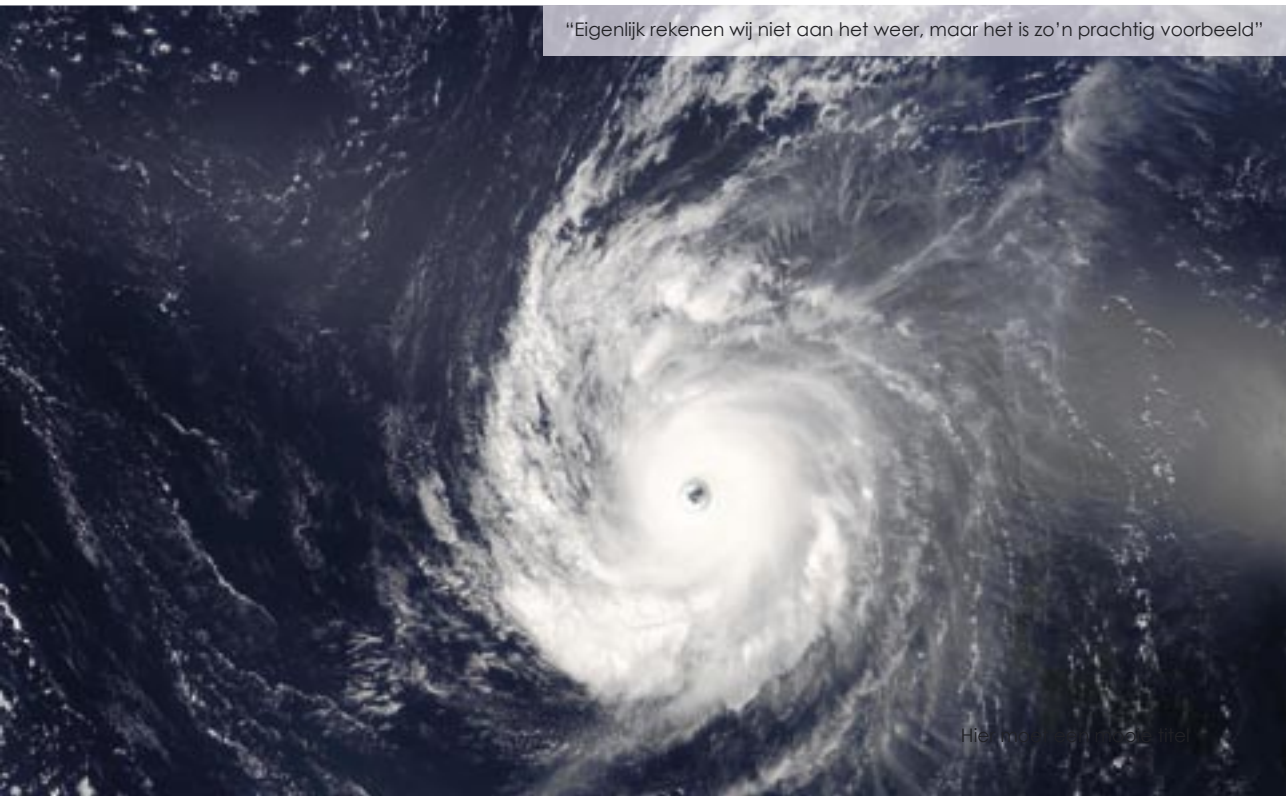
“Vroeger keken meteorologen vooral naar grootschalige invloeden op het weer, zoals die van de zon en van bergen en oceanen. Maar men realiseert zich nu dat ook kleine dingen een grote rol spelen. Als de bladeren aan bomen gaan wapperen verliest de wind een deel van zijn energie.” Eerder namen meteorologen deze boomblaadjes niet goed mee in hun modellen. Hierdoor waren deze modellen maar beperkt bruikbaar. “In een weersvoorspelling van enkele dagen vooruit voorspelde men steevast een te kleine afvoer van de energie”, aldus Verstappen. Net als de putjes op golfballen geeft dit aan dat de kleine schaal belangrijk is voor het uitrekenen van turbulentieproblemen. Maar het meenemen van die boomblaadjes of die putjes maakt het onmogelijk om een probleem binnen een korte tijd uit te rekenen. Daarom moet je modellen opstellen die de rekentijd verkorten maar op de een of andere manier toch de invloed van de kleine schalen meeneemt. En dat is een onderdeel van Verstappens onderzoek.

Waardevol

Denkt hij dat een grotere kennis over de stromingsvergelijkingen zijn onderzoek makkelijker zal maken? “Dat ligt eraan,” relateert Verstappen. “Als de oplossing een precieze beschrijving geeft van een luchtstroom op elke plaats op elk tijdstip, dan is dat heel waardevol. Maar je kunt je ook oplossingen voorstellen waar je qua toepassing weinig mee kunt. Die kunnen ook heel waardevol zijn, maar het zou geen grote impact hebben op mijn onderzoek.”

Verstappen heeft er overigens weinig vertrouwen in dat men binnenkort met een oplossing komt. “Al 150 jaar is men bezig om tot een oplossing te komen. Er moet een tweede Einstein opstaan die een *brainwave* veroorzaakt”, denkt hij. Verstappen vertrouwt liever op de computer. “Het uitrekenen van stromingen rond een golfballetje zit er aan te komen. Misschien zelfs morgen al. Ik zou het jammer vinden als iemand anders er mee komt, maar het zou kunnen.” •

“Eigenlijk rekenen wij niet aan het weer, maar het is zo'n prachtig voorbeeld”



36 | Viktor de Watertovenaar

DOOR OLGGER ZWIER

“Voor al hun antwoorden tien nieuwe vragen”, zal Viktor Schauberger wel eens gedacht hebben. De technieken van zijn tijd zadelden de natuur op met meer en meer problemen. Er werden beulen gemaakt, in plaats van imitators, en hoeveel kon de natuur nog hebben voor deze bezweek? Viktor sloeg aan het denken.

Van boswachter tot tovenaar

Laat nu eerst de tovenaar uit de onbekendheid treden. Viktor Schauberger zag in 1885 het levenslicht. Hij zag dit in de Oostenrijkse bossen, die zijn thuis zouden zijn voor vele volgende jaren: zijn vader was boswachter, evenals enkele generaties daarvoor. Viktor dwaalde vaak door zijn vaders wachtgronden en raakte vervuld van de beekjes en stromen die er liepen. Hij besloot te leven naar deze liefde en werd eveneens boswachter, een functie die hem niet onwetend liet. Nee! Hij was dan

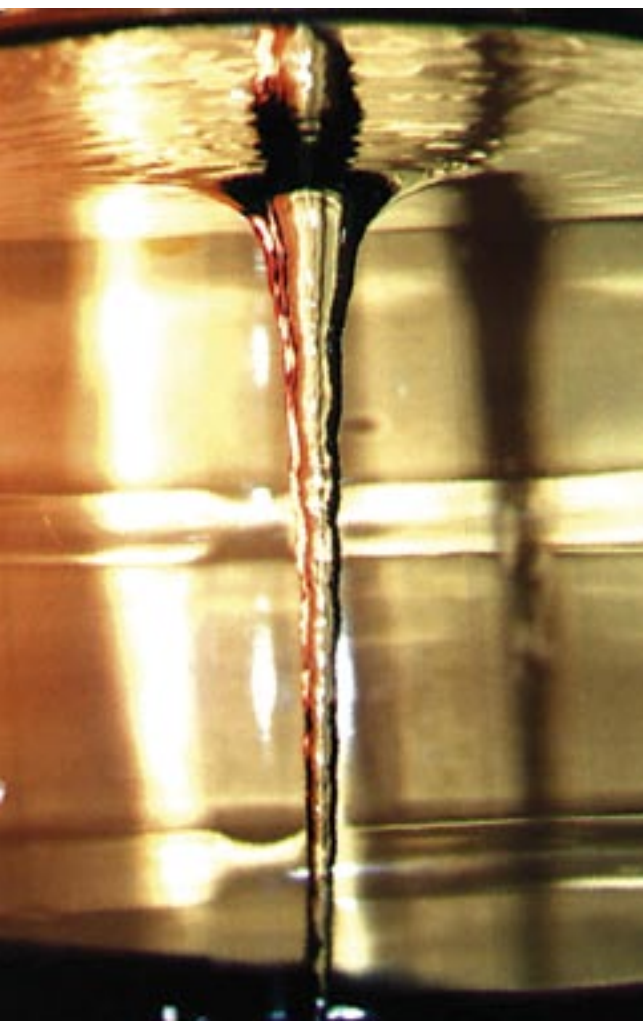
geen academicus, maar uit zijn milieu van eerstehands natuurkennis putte hij vele unieke ideeën. Maar ideeën hebben we allemaal; waarom verdient hij de titel ‘tovenaar’?

De eerste magie

In 1918 kwam de eerste kans zijn theorieën te bewijzen. Het was tegen het eind van de Eerste Wereldoorlog. De brandstof was schaars en als klap op de vuurpijl waren bijna alle paarden naar het front. Er moesten bomen komen om te stoken, met als enige waterweg een klein smal beekje, door bosbeheerders uit de omtrek afgedaan als ongeschikt voor bomentransport. Viktor besloot de beek toch te gebruiken, tijdens volle maan, in de vroege ochtenduren. Dan zou het water het krachtigst zijn, met zijn optimale temperatuur van rond de vier graden. En inderdaad, in een nacht verdween een niet schamele 1600 kubieke meter hout de stad in. Deze methodiek verwerkte Viktor de volgende jaren in waterviaducten, die bomen vervoerden op een uiterst dun laagje water. Hij bouwde ze zo, dat de kronkelende beweging van het water werd ondersteund en de ideale temperatuur werd behouden. Zware stronken en zelfs stenen met een aanzienlijk hogere dichtheid dan water konden moeiteloos vervoerd worden, iets dat door de academici voor onmogelijk gehouden werd. Toch konden ze moeilijk ontkennen wat ze zagen en de waterwegen werden een groot succes (ook al werd Viktors onorthodoxe uitleg van hun werking dat niet). Viktors eerste imitatie was geslaagd.

Onverklaarde vissen

Viktor breidde zijn technieken gebaseerd op de grillen van het water, verder uit aan de hand van een sterke vis, de forel. Dit beestje kreeg het op wonderlijke wijs voor elkaar om tegen sterke stromen in te zwemmen, zelfs een waterval was een te nemen hindernis. Ook bleven ze met minimale moeite tijden lang stil liggen in een flinke stroming. Dit was vanuit de gangbare wetenschappen onmogelijk te verklaren. Viktor schreef het toe aan twee



fenomenen, die hij zelf ontdekte. Ten eerste creëert water dat vrijelijk kan kronkelen een tegen de stroming in gerichte energiestroom, die doet stijgen. Ten tweede: vissen zuigen water op in hun vinnen en spuwen dit er aan de achterkant weer uit, wat ook weer een opstijgende, implosieve kracht (tegenover explosieve kracht) en tegenstroom tot gevolg had. “Een vis wordt gezwommen, een vogel wordt gevlogen”, sprak Viktor. Uiterst onorthodox gedachtengoed, maar de wereld zou weer wat zien.

Vliegende schotels

Vlak voor en gedurende de Tweede Wereldoorlog, in dienst van de Duitsers, ging Viktor aan de slag met zijn principe van “gevlogen worden”. Van zijn hand kwam een aantal vliegende schotels, waarvan enkele zelfs testvluchten maakten. Eenmaal schijnt er een object door het dak van zijn lab te zijn geschoten, met een lange staart van zilverig licht. Jammer genoeg heeft Viktor deze machines nooit verder kunnen ontwikkelen: de Russen bliezen na de bevrijding zijn lab op. Hierbij ging niet alleen de vloot schotels, maar al zijn onderzoeksmateriaal de lucht in. Zijn werk op dit zweverige gebied heeft hij daarna moeten staken onder druk van zowel de Russen als de Amerikanen, vanuit zowel de politieke als zakelijke hoek. Tegenwoordig wordt er echter op een laag pitje weer onderzoek gedaan naar zulke schotels. Recentelijk lijkt het gelukt te zijn enkele schotels de lucht in te krijgen zonder roterende delen.

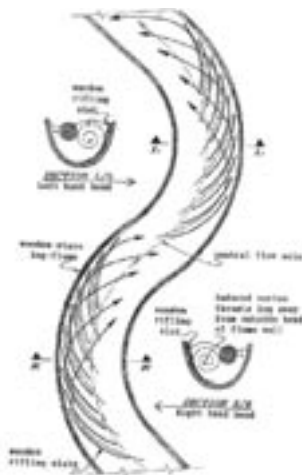
Leven en dood

Viktor waagde zich aan nog meer onderzoeksgebieden: hij ontwierp onder meer krullende ploegen van koper en motoren met implosie, die onschadelijk voor het milieu zouden zijn, om kernenergie overbodig te maken. En al deze zaken hadden eigenlijk te maken met een diepere filosofie dan zijn praktische, empirische kennis over stromingen. Nog voordat er serieuze milieuproblemen aan de horizon waren, zag Viktor dat de gangbare techniek van de wetenschap explosie was: een kracht van

vernietiging en dood. Viktor stelde hier zijn ideeën over implosie tegenover: kracht van herstelling en leven. Al zijn apparaten en technieken, vele gepatenteerd maar in de vergetelheid geraakt, waren bestemd voor verlevendiging. Of ze allen werken is door deze vergetelheid nog maar de vraag, maar enkelen werken zeker. Ze vonden echter weinig aftrek, mede door weerstand vanuit het bedrijfsleven. Het geld moest binnen blijven rollen en geld zit in explosie.

Het einde van de tovenaar

Viktor toverde tot zijn dood in 1958 aardig wat implosieve konijnen uit zijn hoge hoed. Zijn pogingen om van de natuur te leren en deze niet te vernietigen slaagden veelvuldig. Maar ondanks de beste bedoelingen met mens en milieu restten Viktor aan het eind van zijn dagen vooral zorgen. Voortdurend gedwarsboemd in het aan de man brengen van zijn vindingen, sprak hij als volgt: “Ze noemden me krankzinnig. Ik hoop dat ze gelijk hebben. Het is van weinig belang als er nog een dwaas de aarde bewandelt. Maar als ik gelijk heb en de wetenschap niet-moge dan de Heer genade hebben voor de mensheid.” •



Schets van het gedrag van water, als het zelf zijn weg mag kiezen

38 | Vorig Breinwerk

DOOR IVAR POSTMA

Het vorige Breinwerk was het raadsel van Einstein in een FMF-jasje. Einstein bedacht dit raadsel vorige eeuw. Aan de hand van vijftien feiten moet een vraag beantwoord worden. Hierbij brengt het opstellen van een tabel de uitkomst. De oplossing:

Het bovenste postvakje is geel en het behoort toe aan Samuel, die op dat moment bij Professor Francken is. Samuel houdt van whiskey en de Nixxbios. Het tweede postvakje is van Geert. Dit vakje is blauw. Geert is een kopje thee aan het drinken bij Ibn Battuta en zijn favoriete evenement is een excursie. Het middelste postvakje is rood en dus van Roel. Roel drinkt graag wijn, gaat

graag naar een algemene ledenvergadering en vindt het leuk om ODIOM te bezoeken. Het paarse postvakje is het onderste postvakje en is van Ivar. Hij zit in de GWK en is dus nergens op bezoek. Ivar gaat graag naar de maandelijkse borrel en drinkt daar met veel genoegen een biertje. Dan blijft alleen het groene postvakje nog over. Dat is het vierde postvakje van boven en behoort toe aan de koffiedrinker en onze jongerejaarscolloquium fanaat: Lucas. Hij is dan ook op bezoek bij VIP.

Wim Ottjes heeft dit raadsel goed opgelost en verdient daarmee een boekenbon die hij binnenkort zal ontvangen. •

Nieuw Breinwerk

DOOR PJOTR SVETACHOV

Het is bijna kerst en de kerstman gaat weer cadeautjes rondbrengen. Om alle cadeaus te maken zijn de elfen heel druk bezig geweest. De periodiekredactie is op onderzoek gegaan naar wat er zich allemaal afspeelt op de geheime basis van de kerstman. We namen contact met hem op en kregen een rondleiding op een geheime locatie op de noordpool.

De geheime basis van de kerstman zag er helemaal niet wonderbaarlijk uit. Het was namelijk een klein onopvallend huisje dat bijna niet te zien was door het weer. We werden ontvangen door allemaal elfen. Na wat kennismakingen werden we naar een lift gewezen die naar beneden ging. Wat bleek nou? Onder het kleine huisje zat een enorm complex, NORAD is er niets bij. Het eerste dat opviel was de structuur. De ondergrondse verdiepingen waren allemaal even groot en aan elke verdieping was één functie toegewezen. In totaal waren de verdiepingen in drie secties te verdelen. De eerste drie verdiepingen behoorden toe aan de boekhoudsectie. Daarna kwamen we op de verdiepingen met de slaapruidtes. Een slaapruidte bestond uit allemaal tweepersoons stapelbedden (in speciaal voor de elfen gemaakt formaat). Rond ieder stapelbed lag ongeveer twaalf vierkante meter grond voor de meubels van de

twee elfen die het stapelbed deelden. Alle slaapzalen waren helemaal vol geplaatst volgens deze methode en alle stapelbedden waren in gebruik. Ondanks de grootte van de slaapzalen waren de slaapzalen wel schoner dan de gemiddelde selwerdflatgang. Na de slaapzalen kwam de fabrieksectie, die weer in precies drie secties op te delen is. Namelijk de sectie voor knuffeldieren, de sectie voor speelgoedautootjes en de sectie voor bordspellen. De fabrieksectie bestond uit heel veel verdiepingen. We dachten bijna dat we op de zuidpool zouden uitkomen.

Omdat bèta's nu eenmaal dol zijn op getallen hebben we alle feiten hieronder in de puzzel verborgen. Vul de puzzel op de volgende bladzijde in en stuur voor 27 januari 2007 het antwoord op de vraag: "Hoeveel elfen werken op de fabriek van de kerstman?" samen met de volledige oplossing van de puzzel naar perio@fmf.nl. •

Puzzeluitleg

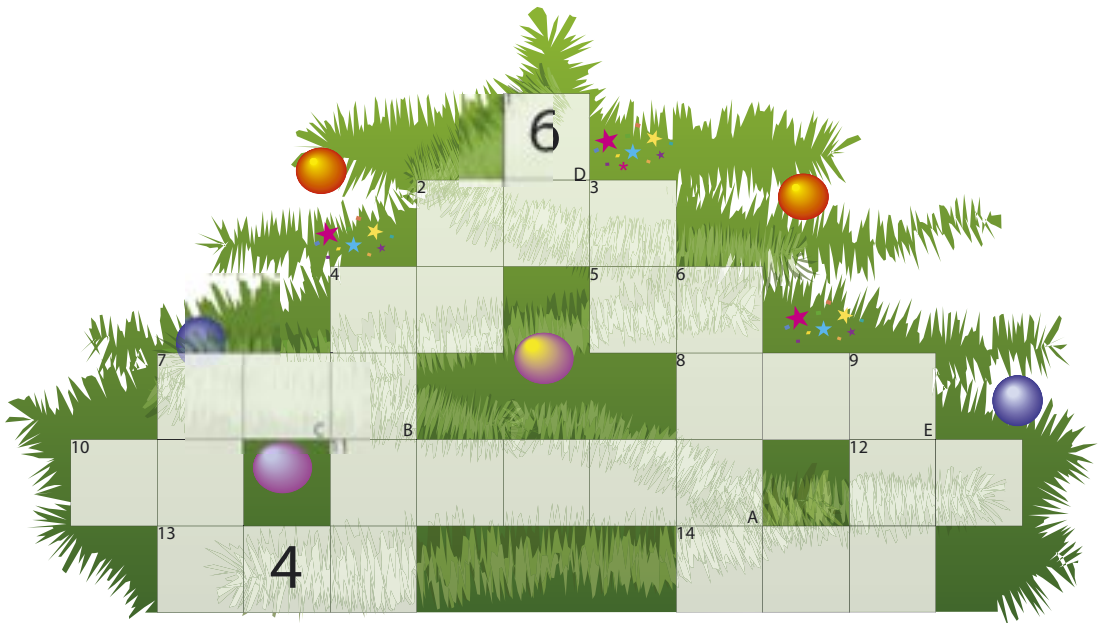
Vul met behulp van de aanwijzingen hieronder de puzzel in. In elk vakje komt een getal (0-9) te staan. Een getal kan niet beginnen met een nul. De gekleurde vakjes vormen de oplossing van de vraag.

Horizontaal:

- 2 Aantal stapelbedden per slaapzaal.
- 4 De lengte van een verdieping in meters.
- 5 Aantal verdiepingen dat geheel gereserveerd is voor het maken van knuffeldieren.
- 7 Aantal verdiepingen van de geheime basis van de kerstman.
- 8 $H14 \times 2$.
- 10 De breedte van een verdieping in meters.
- 11 Strikt oplopende reeks cijfers.
- 12 De dag waarop de periodiekredactie een rondleiding kreeg op de geheime basis van de kerstman.
- 13 Strikt oplopende reeks cijfers.
- 14 Aantal verdiepingen die als slaapkamer voor de elfen dienen.

Verticaal:

- 1 Aantal verdiepingen dat geheel gereserveerd is voor het maken van speelgoedautootjes.
- 2 Aantal verdiepingen dat geheel gereserveerd is voor het maken van bordspellen.
- 3 De maand waarop de Periodiekredactie een rondleiding kreeg op de geheime basis.
- 4 $H11/3$.
- 6 De oppervlakte van een verdieping.
- 7 Gelijke getallen.
- 9 $V3 \times (H12 - 9)$.



			6	
A	B	C	D	E



Winnen gaat nooit vervelen

Dat maakt het werk van een market maker/trader zo boeiend! Iedere dag weer krijg je de kans opnieuw te scoren met handel in opties en aandelen. Hoe je dat doet? Dat leer je tijdens de interne opleiding van 4 tot 5 weken. Daarnaast moet je een aantal eigenschappen hebben die niet aan te leren zijn: een competitieve geest, een resultaatgerichte instelling en een heel goed analytisch inzicht.

Wij zoeken market makers/traders; jonge, initiatiefrijke academici - liefst zonder (relevante) werkervaring - met een excellent cijfermatig inzicht. We verwachten een grote zelfwerkzaamheid want je blijft leren gedurende je loopbaan binnen Optiver.

Je moet hier zelf veel tijd en energie in steken maar

er staat ook veel tegenover: Optiver biedt je de kans om jezelf te ontplooiën binnen een professionele, internationale handelsorganisatie.

Heb jij een sterke drive om te winnen en ben je niet bang om verantwoordelijkheid te dragen? Stuur dan een motivatie met curriculum vitae naar: work@optiver.com

Optiver handelt in derivaten, aandelen en obligaties vanuit het Amsterdamse hoofdkantoor en vanuit de filialen in Chicago en Sydney.

Kijk voor meer informatie op www.optiver.com



DERIVATIVES TRADING

Optiver, afdeling Human Resources. De Ruijterkade 112, 1011 AB Amsterdam, T 020 - 5319000

Optiver zoekt market makers/traders

