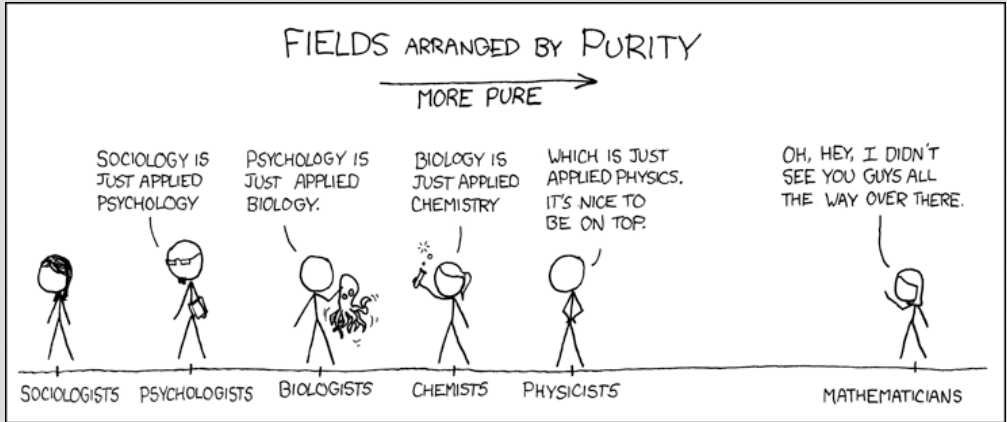


The background of the entire page is a cosmic scene. It features a dark blue and black space filled with numerous small, bright stars. A prominent feature is a purple and magenta nebula or galaxy structure that curves across the lower-left and middle sections of the image. The overall aesthetic is scientific and celestial.

perio*diek

op regelmatige tijden terugkerend jaargang 2013 nummer 1

Inhoud

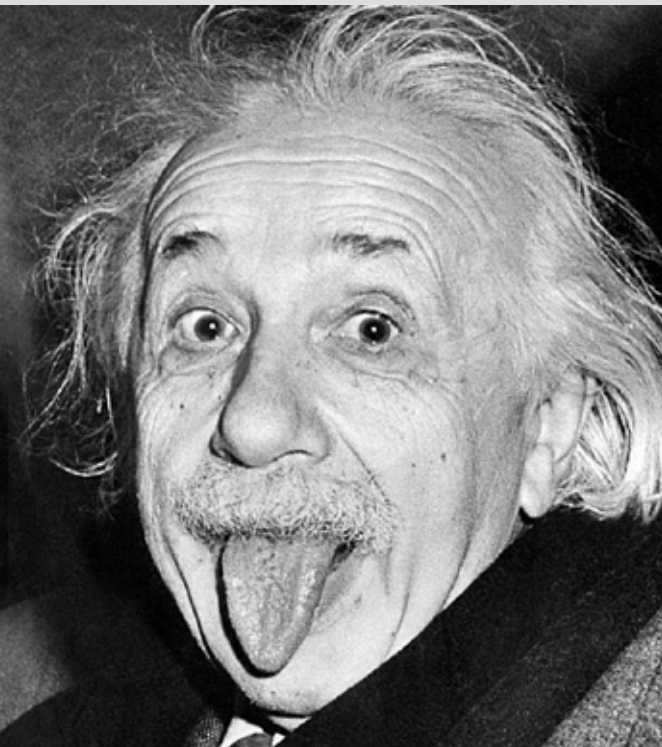


28 Wiskunde als Waarheid

In hoeverre is de studie over de waarheid, de wiskunde, waar? Een filosofische gedachte over de waarheid van wiskunde.

12 Hoe robuust is de zwaartekracht?

Einsteins relativiteits theorie is er al een lange tijd en staat nog steeds als een huis. Of komen er langzaam barsten in de theorie?



In deze Periodiek

- 4 In het nieuws
- 6 De wereld als hologram
- 12 Hoe robuust is de zwaartekracht
- 17 SIHB: Tennessee
- 22 Bevingen in Groningen
- 27 Van de secretaris
- 28 Wiskunde als waarheid
- 32 Breinwerk
- 34 Bakken met Bassie



6 De wereld als hologram

Kunnen we de gehele wereld beschrijven als een hologram? Ricardo gaat in op deze vraag waarbij hij gebruik maakt van het holografische principe.

Van de redactie

Bam! Hier is hij dan, ja kijk er nog maar eens na: dit is de nieuwe *Periodiek*, gewoon op regelmatige tijden terugkerende. Ik heb nu de eer om jullie te vertellen wat deze *Periodiek* bijzonder maakt. Maar eerlijk gezegd denk ik dat ik daar nog niet lang genoeg voorzitter voor ben (of zou ik hoofdredacteur moeten zeggen). Dit omdat ik geen antwoord op deze vraag weet. Misschien zijn het de artikelen waar onze scribenten hun stinkende best voor hebben gedaan. Of zouden het de vaste rubrieken zijn waarin we opmerkelijk nieuws le-

zen over wat ons echt interesseert en zodat we uren kunnen puzzelen met het nieuwe breinwerk. Of zijn jullie als lezers degene die elke *Periodiek* speciaal maken. Want jullie zijn degene die de stukjes schrijven als je wilt dat iedereen het te horen krijgt. Als één van jullie een idee heeft - wat het ook mag zijn - twijfel dan niet en laat het me weten •

— *Douwe Visser*

Redactie Armin Palavra, Derk Rouwhorst, Steven van der Veeke, Douwe Visser, Bart Marinissen, Oscar Heslinga.

Scribenten Ricardo de Ruiter, Eric Bergshoeff, Winand Slingenbergh, Rien Herber, Darin Zwaan, Bart Marinissen, Bastian Yip

Adverteerder KPN Consulting (p. 10-11), Philips (p. 16), Thales (p. 20-21).

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

Oplage 1200 stuks

Druk Scholma

ISSN 1875-4546

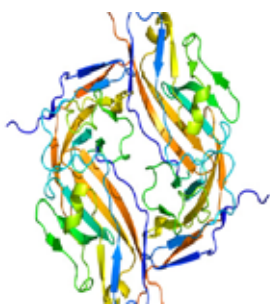
De Periodiek is een uitgave van de Fysisch-Mathematische Faculteitsvereniging en verschijnt vier keer per jaar. Eerder uitgebrachte *Periodieken* zijn na te lezen op perio.fmf.nl. De redactie is te bereiken via perio@fmf.nl.

In het nieuws

Eén enkel stofje dat afrekent met veel tumoren

Onderzoekers van de Stanford University School of Medicine hebben een antilichaam gevonden dat bijna alle tumoren laat verdwijnen of in iedergeval flink laat krimpen. De onderzoekers bestudeerden het stofje CD47. Dit stofje komt normaal gesproken voor op het oppervlak van bloedstamcellen. Het CD47 zorgt er dan voor dat de macrofagen niet de gezonde cellen pakken. Kankercellen “weten” dat macrofagen door CD47 op afstand worden gehouden. Ze produceren daarom veel van dit stofje. Muizen met kanker kregen een antistofje dat het CD47 tegen werkt. Hierdoor begonnen de meeste tumoren te krimpen en in sommige gevallen verdwenen de tumoren zelfs binnen enkele weken tijd helemaal.

med.stanford.edu



Software kan “onzichtbare” beweging in video tonen

Het MIT heeft software ontwikkeld die gebruikt kan worden om voor het oog onzichtbare bewegingen in video's te laten zien. Zo kan

de software zeer kleine kleurverschillen in de huid waarnemen en uitvergrooten. Op die manier is de hartslag van een persoon te zien in de variërende kleur van zijn huis. Ook kunnen kleine bewegingen worden uitvergroot en kun je hijskranen en gebouwen zien bewegen door de wind. Je kunt je eigen video's uploaden en uitvergrooten op videoscope.qrclab.com

tweakers.net

Neusspray is de nieuwe viagra

Eén keer snuiven en je hebt meer zin in seks, meer potentie en krachtiger zaadlozingen. Een neusspray die voor zogende vrouwen bedoeld was, kan het wondermiddel worden voor mannen met een haperend seksleven. Op een dag gaat de huisvader merneer B. naar de psychiater Kai MacDonald, omdat hij last heeft van sociale angst. MacDonald schrijft hem het hormoon oxytocine voor. Na enkele weken is meneer B. nog niet af van zijn sociale angst maar is zijn seksleven er wel enorm op vooruitgegaan.

wetenschap in beeld

Materiaal koelt gebouwen in direct zonlicht

Een nieuw materiaal dat ontwikkeld is aan de universiteit van Stanford kan zeer efficiënt warmte afvoeren in direct zonlicht. Het bijzondere aan het materiaal is dat het niet zomaar het zonlicht re-

flecteert maar dat in een speciale golflengte doet. In deze infrarode golflengte is de atmosfeer namelijk transparant en kan de uitgezonden straling makkelijk worden afgevoerd in plaats van de omringende lucht op te warmen. Wanneer daken van gebouwen voor tien procent met het materiaal zouden worden bedekt, zou de benodigde energie voor airconditioning met 35 procent kunnen worden verminderd. Vooral in warmere klimaten zou het gebruik van het materiaal de benodigde energie en kosten voor de koeling van gebouwen aanzienlijk reduceren.

engineering.stanford.edu

Nieuwe coating doodt bacteriën

Een magnetisch coating met een positieve lading trekt microben met een negatieve lading aan en doodt ze daarna. Deze nieuwe coating, die is ontwikkeld door de Nanyang Technological University in Singapore, werkt tegen 99 procent van alle bacteriën en schimmels, en kan op allerlei producten worden toegepast, zoals contactlenzen en chirurgische instrumenten. Ook wonden kunnen ermee behandeld worden en mogelijk zelfs bacteriële infecties in het lichaam.

wetenschap in beeld



Japan haalt aardgas uit ijslagen.

Japan heeft voor het eerst methaan gehaald uit ondergrondse ijslagen. Dit zogeheten gashydraat bevindt zich op 50 km onder het aardoppervlak en 300 m onder de zeebodem. Sinds de aardbeving, tsunami en ramp bij de kerncentrale Fukushima is er in Japan een grote weerstand ontstaan tegen kernenergie. Japan is daarom op zoek naar nieuwe energiebronnen. Een van de strategieën is het boren naar aardgas dat onder hoge druk zit opgesloten in ijs. De watermoleculen vormen een kristalrooster, dat net zoals in een kooi steeds één methaanmolecuul insluit. De wereldvoorraad gashydraten wordt twee keer zo groot geschat als alle andere fossiele bronnen bij elkaar. Tot nu toe is het winnen van het gas nog problematisch en brengt het veel risico's met zich mee.

Delingenieur

Curiosity hersteld van computer fout

NASA's marsrover Curiosity had 28 februari een computercrash ondervonden toen het geheugen niet meer functioneerde. Dit kan komen door een hoog-energiek deeltje dat de computer raakte maar er is nog niks bekend. Sinds 2 maart draait Curiosity weer op zijn backup computer. Het is niet de eerste keer dat zoiets gebeurt en het laat weer eens zien dat zelfs 2,5 miljard dollars geen enkele garantie geven. De rover moet nog 2

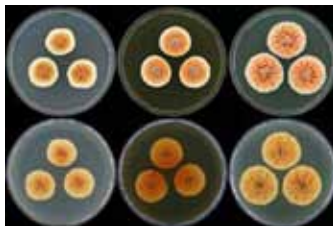
jaar mee, en heeft nog veel werk te doen in die tijd.

mnn.com



Oranjekleurige schimmel vernoemd naar onze aanstaande koning

Koning is 'ie nog niet, maar hij heeft alvast wel een schimmel die naar hem vernoemd is. Wetenschappers hebben een oranjekleurige schimmel ontdekt en vernoemd naar Zijne Koninklijke Hoogheid de Prins van Oranje. De schimmel heet nu voluit *Penicillium vanoranjei*.



Een nieuwe soort naar je vernoemd krijgen, is natuurlijk een hele eer. Gelukkig hoeft de *Penicillium vanoranjei* niet voor schuine ogen te zorgen in huize Van Oranje. De onderzoekers ontdekten namelijk gelijktijdig

vijf nieuwe soorten penicillia en konden dus ook prinses Maxima en de drie kinderen van het paar vernoemen. Het resultaat? *Penicillium maximae*, *Penicillium amaliae*, *Penicillium alexiae* en *Penicillium arianae*.

Koninklijke Nederlandse Akademie van wetenschappen

Naakte dino's in Jurassic Park IV jagen wetenschappers op de kast

Halverwege maart werd ook bekend wie het vierde deel van Jurassic Park, waarin vanzelfsprekend weer een hoofdrol voor de dinosaurius is weggelegd, gaat regisseren. Die eer viel meneer Colin Trevorrow ten deel. En nog geen week nadat het nieuws van zijn benoeming als regisseur wereldkundig werd, besluit meneer Trevorrow zichzelf ook even in het land der wetenschappers bekend te maken. Dit door de tweet "No feathers #JP4". Die kennismaking brengt wat te weeg. Paleontologen, kalme mensen die normaal gesproken enkel opgewonden raken van dingen die minstens zestig miljoen jaar oud zijn, buitelen over de 36-jarige regisseur heen. Geen veren! Waanzin! •

scientias.nl



De wereld als hologram

Beschrijft het holografisch principe de wereld?

DOOR RICARDO DE RUITER

Holografie: een fotografische techniek waarbij je driedimensionale beelden kunt verkrijgen. Wie is er niet bekend met de hologrammen in eurobankbiljetten of bankpassen? Maar is holografie ook toepasbaar op onze hele leefomgeving, in plaats van alledaagse gebruiksvoorwerpen?

Om te beginnen met een kort antwoord op deze vraag: ja en nee. Het antwoord op deze vraag is niet helemaal triviaal. Om te begrijpen hoe het principe van holografie toepasbaar is op de wereld om ons heen gaan we eerst ongeveer honderd jaar terug in de tijd om de voorgeschiedenis van het holografisch principe te bekijken.

Voorgeschiedenis

De eerste stap in deze voorgeschiedenis is de algemene relativiteitstheorie van Einstein uit 1916. Hierin wist Einstein de zwaartekracht van Newton in een speciaal relativistisch verantwoord raamwerk te plaatsen, waarbij die vergelijkingen van Einstein de interactie tussen ruimtetijd, massa en energie beschreven. Het probleem met de vergelijkingen is dat ze een systeem

van tien gekoppelde, niet-lineaire, hyperbolische partiële differentiaalvergelijkingen voorstellen. Einstein zelf kon zich dan ook niet voorstellen dat binnen afzienbare tijd analytische oplossingen voor zijn vergelijkingen zouden worden gevonden.

Maar het duurde slechts een maand voordat Karl Schwarzschild een exacte oplossing wist te formuleren. In deze Schwarzschildmetriek is het mogelijk de ruimtetijd in de vacuümomgeving van een niet-roterend, ongeladen en bolsymmetrisch object te beschrijven. Als gevolg van deze oplossing is het mogelijk een zwart gat te beschrijven.

In de jaren '60 was het Roy Kerr die een algemene beschrijving van een zwart gat wist te vormen waarbij eigenschappen als lading en rotatie ook aanwezig



FIGUUR 1 Een kunstenaars impressie van een zwart gat.

waren. Deze ontdekking leidde uiteindelijk ook tot de beschrijving van het zogenaamde Penrose proces (waarbij energie onttrokken kan worden aan een roterend zwart gat, ontdekt door Roger Penrose). Ook zorgde deze ontwikkeling er uiteindelijk voor dat Demetrios Christodoulou wist te formuleren dat er een soort onreducerbare massa aan het zwarte gat zat, waarna er geen energie meer onttrokken kan worden door middel van het Penrose proces.

De ontdekking van Christodoulou was indirect een teken dat de waarnemingshorizon van een zwart gat (als het ware de “huid” van het zwarte gat, het “point of no return” van waarbinnen niks meer kan ontsnappen) de eigenschap leek te hebben alleen maar in oppervlak toe te nemen. Het was uiteindelijk Stephen Hawking die wist te formuleren dat dit niet alleen zo leek, maar zelfs een vereiste was.

Het was deze notie die vervolgens de Israëliische natuurkundige Jacob Bekenstein tot het besef bracht dat zwarte gaten een entropie hebben. Dit leidde tot de thermodynamica van een zwart gat. Wat Bekenstein echter wel benadrukte in zijn werk was dat de entropie van een zwart gat verschillend is van de entropie van een écht thermodynamisch systeem. De entropie is de maat voor de ontoegankelijkheid van informatie. Dit houdt in dat informatie volledig verloren gaat en de entropie van een zwart gat stijgt, als informatie in het zwarte gat valt. Hierbij merkte Bekenstein op dat de entropie evenredig is met de oppervlakte van de waarnemingshorizon van het zwarte gat, middels een factor die gerelateerd is aan de hoeveelheid informatie.

$$S \propto \frac{A_{Hor}}{4} \quad (1)$$

Het informatieprobleem

Een ander belangrijk gegeven is dat een zwart gat altijd probeert een evenwicht te bereiken. Een voorbeeld is dat na het vormen van het zwarte gat. Alle oor-

Microtoestanden

Een microtoestand is een welbepaalde toestand van waarin de interne vrijheidsgraden, zoals de positie en snelheid van elk deeltje, vastliggen.

Color confinement

Color confinement is het principe dat drie verschillende quarks in dezelfde toestand kunnen zitten wat eigenlijk niet zou moeten kunnen volgens het “Pauli Exclusion Principle”. Daarom bedacht Oscar Greenberg nog een quantum getal voor quarks namelijk de kleur. Maar dit quantum getal is nog nooit waargenomen omdat alle kleuren opgeteld altijd wit moeten zijn, vanwege het color confinement principe.

spronkelijke informatie van deeltjes die betrokken waren bij de vorming van het zwarte gat is verloren gegaan. Een zwart gat is namelijk te beschrijven als een slechts één enkele microtoestand, terwijl het gevormd is door een enorme hoeveelheid microtoestanden. Het blijkt uiteindelijk zelfs dat een zwart gat volledig te beschrijven valt met slechts elf parameters: één voor massa, drie voor positie, drie voor impuls, drie voor impulsmoment en één voor lading. Het grote probleem is echter dat deze parameters je niets zeggen over de oorspronkelijke staat van deeltjes of objecten die in het zwarte gat gevallen zijn.

Het gegeven van dit informatieverlies wordt vooral belangrijk wanneer Hawking, op basis van berekeningen aan kwantumeffecten rond zwarte gaten, postuleert dat zwarte gaten een temperatuur hebben en daardoor in staat zijn te verdampen middels een proces genaamd Hawkingstraling. Als gevolg van de immens sterke zwaartekrachtvelden vlak boven de waarnemingshorizon bleek het volgens de berekeningen mogelijk te zijn virtuele deeltjesparen te vormen.

“Alle informatie die ooit in het zwarte gat is gevallen zit opgeslagen op de horizon!”

Deze paren (bestaande uit een elektron en een positron), kunnen annihileren vlak na de horizon, of ze zouden beide het zwarte gat in kunnen vallen en daar annihileren. Daarnaast is er nog een derde erg interessante mogelijkheid waarbij slechts één van de deeltjes het gat invalt en het andere deeltje weet te ontsnappen. Hierbij wordt het ontsnapte virtuele deeltje een reëel deeltje met een positieve energie. In het kader van energiebehoud moet het deeltje dat het zwarte gat is ingevallen dan een negatieve energie hebben. Hierdoor neemt het ontsnapte deeltje feitelijk een deel van de energie van het zwarte gat mee, zodat het kan verdampen.

Helaas leveren deze processen uit zowel klassiek als kwantummechanisch oogpunt een probleem op: de zogeheten informatieparadox. Alle uitgaande informatie is totaal ongerelateerd aan de ingevallen informatie, aangezien deze volledig verloren is gegaan! De statistische fysica vereist echter dat informatie behouden blijft, wat in deze situatie dus niet het geval is.

Het was uiteindelijk de Nederlands Nobelprijswinnaar Gerard 't Hooft die een oplossing voor het informatieprobleem postuleerde: het zogeheten holografisch principe. Dit houdt in dat de volledige fysische beschrijving van een gegeven gebied R , in een n -dimensionale ruimte, met een $(n-1)$ -dimensionaal grensvlak $B = \Delta R$, beschreven kan worden met processen in B . Dit principe werd daarna door Leonard Susskind kwantitatief beschreven in het raamwerk van de snaartheorie.

Zojuist is al duidelijk geworden dat de entropie van, en de informatie in, een zwart gat proportioneel zijn met het oppervlak van de waarnemingshorizon. Met het holografisch principe in het achterhoofd is het

duidelijk dat dit een realisatie van het holografisch principe is. Alle informatie die ooit in het zwarte gat is gevallen zit opgeslagen op de horizon! Dit inzicht was de oplossing van de informatieparadox.

In de laatste jaren is er een uitgebreidere realisatie en toepassing gekomen van het holografisch principe in de vorm van de AdS/CFT correspondence. Wat voor het eerst gepostuleerd werd door Maldacena in 1997. Dit is een theoretisch model waarbij middels holografie een verband wordt gelegd tussen een

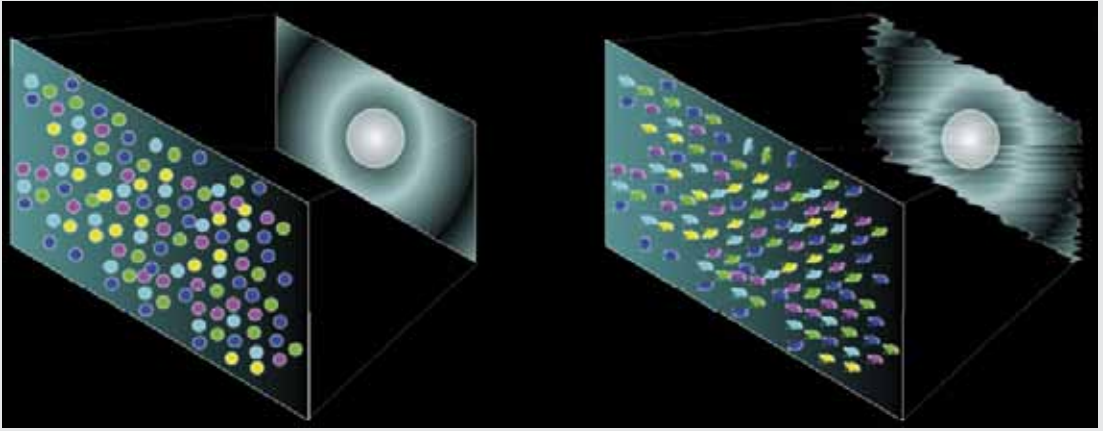
zogenaamde $(n+1)$ -dimensionale anti-de Sitter-ruimte (AdS_{n+1}) met superzwaartekracht en n -dimensionale conforme kwantumveldentheorie (CFT_n) met meerdere supersymmetrieën. Voor de eenvoud ga ik niet in op de exacte betekenis van deze termen (zie daarvoor de referenties). Maar de relatie tussen deze twee theorieën heeft al een hoop duidelijkheid kunnen geven over verschillende problemen.

Quark-gluon plasma

Een van deze problemen is de beschrijving van een quark-gluon plasma (QGP), een speciale staat van materie op extra hoge temperatuur en dichtheid. Het wordt beschreven door kwantumchromodynamica (QCD) en is waargenomen in enkele experimenten. In deze staat zijn de quarks en gluonen vrij om over afstanden langer dan die van een atoomkern (ongeveer een femtometer) te bewegen, terwijl ze normaal nooit op zichzelf kunnen worden waargenomen buiten deze afstanden vanwege color confinement.

Met het beschrijven van een QGP is er echter één probleem, want de berekeningen aan de toestand worden gemaakt met de verstoringstheorie op het kwantumveld:

*“als de wereld kennelijk
een holografisch principe
permitteert, zouden wij dan
slechts de schaduw op de muur
van een meer-dimensionale
wereld kunnen zijn”*



FIGUUR 2 Holografische afbeelding van QGP in AdS: een zwart gat.

$$\mathcal{L} = \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi + m^2 \phi^2 + g\phi^4 + \dots \quad (2)$$

Wanneer de koppeling g te groot wordt in vergelijking met de eerste twee termen, dan is de benadering van het systeem niet meer goed. Dit speelt niet alleen een rol bij QCD, maar ook in andere gebieden waar kwantumveldentheorie op een soortgelijke manier wordt toegepast.

Het is hierin dat AdS/CFT zijn intrede doet. Het blijkt namelijk dat het mogelijk is om een supersymmetrische vorm van QCD in vier dimensies (CFT4) holografisch te koppelen aan een theorie met superzwaarte kracht in vijf dimensies (AdS5). Het is dan mogelijk om een botsing tussen ionen in CFT4, waarbij een QGP gevormd wordt, te relateren aan een botsing tussen deeltjes in AdS5. De vorming van een QGP wordt dan voor gesteld met het vormen van een zwart gat in AdS5. Het voordeel van deze methode is dat we weten hoe we moeten rekenen aan een zwart gat: hierdoor kunnen we inzicht krijgen in de processen binnenin het QGP en de eigenschappen ervan, zonder dat we hoeven werken met verstoringstheorie!

Conclusie

Dit brengt ons terug op de vraag aan het begin van het artikel: is holografie ook toepasbaar op onze hele leefomgeving? Het antwoord hierop kunnen we nu verklaren. Ondanks dat AdS/CFT veel resultaten en inzichten oplevert is er toch nog een probleem met deze correspondentie: we weten niet in wat voor

wereld wij leven. Dit houdt in dat het voor ons nog niet duidelijk is welke theorie op onze wereld van toepassing is. Wat we hieruit moeten opnemen is dat AdS/CFT niet een exacte weergave is van onze werkelijkheid, maar slechts een model dat ons resultaten levert die gemiddeld een factor twee verschillen van de waargenomen waarden. Het gevolg van deze resultaten is dat er steeds meer onderzoek gedaan wordt in dit vakgebied, sinds kort ook in Groningen. Het is nu een kwestie van afwachten wat AdS/CFT in de toekomst gaat brengen.

Tot slot een kleine, meer filosofische gedachte of vraag: als de wereld kennelijk een holografisch principe permitteert, zouden wij dan slechts de schaduw op de muur” van een meer-dimensionale wereld kunnen zijn? •

Referenties

- [1] Black Holes and Entropy, J.D. Bekenstein (Physical review D, volume 7, number 8, 1973)
- [2] Particle Creation by Black Holes, S.W. Hawking (Commun.math. Phys. 43, 199-220, 1975)
- [3] An elementary introduction to the Holographic principle, Antonio Dobado
- [4] The holographic principle, G. 't Hooft
- [5] The world as a hologram, L. Susskind
- [6] Anti-de Sitter Space, I. Bengtsson
- [7] The large N limit of superconformal field theories and supergravity, J. Maldacena
- [8] Introduction to the AdS/CFT correspondence, A. Zaaroni
- [9] The AdS/CFT Correspondence and Non-perturbative QCD, J. Edelstein et al.
- [10] Jeffrey McClintock www.cfa.harvard.edu

KPN Consulting

Inspiring Consultants of Tomorrow

DOOR **ARNOLD VAN AAMEREN** - KPN CONSULTING

‘Wij brengen de mogelijkheden en risico’s van de laatste technologische trends in kaart. Daarbij kijken we niet alleen naar de ICT, maar ook naar de impact die het heeft op organisaties én op medewerkers.’



kpn
consulting

KPN Consulting is het ICT-adviesbedrijf van KPN, de marktleider voor geïntegreerde IT- en telecommunicatiedienstverlening in Nederland. De drijfveer van onze consultants is gestoeld op een dertig jaar oude traditie van avontuur en enthousiasme. We hebben dan ook een kleurrijke historie: in 1980, aan het begin van het digitale tijdperk, begon het bedrijf als Pink Elephant, een bijverdienste van drie TU-studenten, aan een groot avontuur. Buiten college tijden beheerden zij de mainframes van grote organisaties en ministeries.

KPN Consulting is het ICT-adviesbedrijf van KPN, de marktleider voor geïntegreerde IT- en telecommunicatiedienstverlening in Nederland. De drijfveer van onze consultants is gestoeld op

een dertig jaar oude traditie van avontuur en enthousiasme. We hebben dan ook een kleurrijke historie: in 1980, aan het begin van het digitale tijdperk, begon het bedrijf als Pink Elephant, een bijverdienste van

drie TU-studenten, aan een groot avontuur. Buiten collegetijden beheerden zij de mainframes van grote organisaties en ministeries.

Overnames leidden tot diverse naamsveranderingen: via PinkRocade en Getronics Consulting naar KPN Consulting. Volgens Arnold van Mameren, vice president KPN Consulting, zijn de uitgangspunten niet beïnvloed door de vele naamsveranderingen. “De avontuurlijke instelling waarmee die studenten Pink Elephant runden, is bij ons nog steeds voelbaar. Met professionaliteit en de drive om nieuwe dingen te ontwikkelen bouwen wij verder aan de ICT van de toekomst. Daarbij is ICT geen doel op zich, maar een middel om klanten hun doelen te helpen realiseren. Sinds vier jaar vormt onze kennis van ICT een mooie combinatie met de kennis van telecommunicatie binnen KPN. Wij willen vooruitstrevend zijn binnen het KPN-concern door voorop te lopen met de nieuwste technologieën. Onze samenwerking met partners als Microsoft en Cisco biedt ons de kans mee te werken aan technologieën die nog niet op de markt zijn.”

“KPN Consulting is een community van hoogopgeleide mensen die creatief, nieuwsgierig en sociaal vaardig zijn en een ondernemende, dienstverlenende instelling hebben, aldus Van Mameren. “Hun bindende factor is hartstocht voor ICT en voor wat het kan doen voor organisaties en de mensen die er werken. Op basis van wederzijds vertrouwen bouwen zij een duurzame, persoonlijke band op met hun klanten. Deze samenwerking is intens, en de lol is om klanten steeds weer te verrassen met oplossingen die beter zijn dan de klant zelf had bedacht. De persoonlijke ontwikkeling van onze consultants is een continu proces. Daar hechten we grote waarde aan en daar investeren we in.”

Van Mameren besluit: “We hebben nu zo’n 1000 medewerkers met opleidingsniveau

WO of HBO-relevant, en ongeveer 150 externe professionals. De gemiddelde leeftijd schat ik op ongeveer 34 jaar. Onze recruiters zoeken continu de beste talenten op de arbeidsmarkt. Zo blijft ook onze organisatie voortdurend veranderen en blijft onze pioniersgeest intact.” Voor meer informatie kijk op www.kpn.com/consulting of neem contact op met onze campus recruiter Mandy Klemann via mandy.klemann@kpn.com om via 06-13444246



Hoe robuust is de zwaartekracht?

DOOR ERIC BERGSHOEFF

Einsteins beschrijving van de zwaartekracht bestaat al bijna een eeuw en staat nog altijd als een huis. Toch wankelt dat huis een beetje en dat komt niet door de gasboringen op het Groningse platteland. Er zijn aanwijzingen dat er aan de theorie gesleuteld moet worden als het gaat om zeer kleine of zeer grote afstanden.

Van alle krachten die we kennen, is de zwaartekracht de kracht waarmee we in de dagelijkse praktijk het meest te maken hebben. Op het hoogste punt van de Python-achtbaan in attractiepark Efteling ben je vooral geïnteresseerd in de werking van de zwaartekracht. Andere krachten, zoals de elektrische kracht, zijn op zo'n moment minder belangrijk. Dit lijkt tegenstrijdig want tussen twee elektronen is de werking van de elektrische kracht veel belangrijker dan die van de zwaartekracht. De zwaartekracht is veruit de zwakste van alle krachten die we kennen in de natuur. Toch zijn we heel vertrouwd met de zwaartekracht, hoewel we er nog lang niet alles van weten. We vermoeden dat de theorie van de zwaartekracht moet worden aangepast voor zowel de allerkleinste als de allergrootste afstandsschalen.

Newton versus Einstein

De eerste beschrijving van de zwaartekracht, door middel van een wiskundige formule, is afkomstig van Newton. In 1687 publiceerde hij dit resultaat in zijn beroemde werk; "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica". In het Latijn, zoals destijds gebruikelijk was. De titel betekent zoiets als "De Wiskundige Principes van de Natuurwetenschappen". Newton leert ons dat de zwaartekracht tussen twee voorwerpen evenredig is met de massa van die voorwerpen, en omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tussen beide voorwerpen. Hoe groter de massa en hoe kleiner de afstand, hoe sterker de zwaartekracht. Een opmerkelijke eigenschap van de zwaartekracht is dat hij altijd aantrekkend is, negatieve massa bestaat niet. Dit geldt niet voor bijvoorbeeld de elektrische kracht, die zowel aantrekkend als afstotend kan zijn, afhankelijk van de

elektrische lading (tegenovergesteld of gelijk) van de twee voorwerpen. De formules voor de zwaartekracht en de elektrische kracht verklaren weliswaar waarom de elektrische kracht tussen twee geladen deeltjes veel groter is dan de zwaartekracht, maar ze verklaren niet waarom in de dagelijkse praktijk de zwaartekracht het wint van de elektrische kracht. Dit komt omdat we in het dagelijks leven te maken hebben met grote aantallen deeltjes. In het geval van de zwaartekracht tellen de massa's van de deeltjes allemaal op, terwijl in het geval van de elektrische kracht er meestal evenveel positief als negatief geladen deeltjes zijn, waardoor de elektrische kracht zichzelf uitmiddelt.

De formule van Newton heeft eeuwenlang prima gewerkt: hij kon zowel op aarde als in ons zonnestel-



FIGUUR 1 Zou het kunnen dat ook de beschrijving van de zwaartekracht door Einstein niet perfect is?

sel worden toegepast. Dit veranderde allemaal toen Einstein in 1905, het zogeheten “Annus Mirabilis” (jaar der wonderen), de Speciale Relativiteitstheorie bedacht. Deze theorie leert ons dat informatie niet sneller kan reizen dan het licht. Licht reist heel snel (ongeveer zeven à acht keer de aarde rond in één seconde), en doet er acht minuten over om van de zon naar de aarde te komen. Als de zon zou worden weggehaald, zouden we dat op aarde dus pas acht minuten later merken. Daarentegen verteld de formule van Newton ons dat de werking van de zwaartekracht instantaan is. Dus als de zon weggehaald wordt, zouden we dat meteen moeten merken, aangezien de aarde dan onmiddellijk in een rechte lijn de ruimte in zou schieten. Einstein loste deze tegenspraak op door van de zwaartekracht een tweestappenprocedure te maken: eerst kromt de zon de hem omringende ruimte, en daar reageert de aarde vervolgens op.

De reden dat dit tweestappenscenario de tegenspraak tussen Newton en Einstein oplost, is dat de kromming van de ruimte zich met een eindige snelheid door de ruimte voortplant, en wel met precies dezelfde snelheid als die van het licht. Je kunt dit vergelijken met een steen die je in het water gooit. Deze steen veroorzaakt rimpels in het wateroppervlak (de ruimte) die zich met een eindige snelheid bewegen weg van de plaats waar de steen het water in sloeg. Doordat de kromming van de ruimte zich met de lichtsnelheid voortplant, duurt het acht minuten voordat de aarde iets merkt van de afwezigheid van de zon. Deze rimpels in de ruimte worden ook wel zwaartekrachtsgolven genoemd. De afgelopen jaren proberen wetenschappers een manier te vinden om deze zwaartekrachtsgolven te kunnen waarnemen. Vermoedelijk zal dat dit binnen tien jaar mogelijk zijn.

Donkere Energie

Toen Einstein zijn nieuwe theorie over de zwaartekracht formuleerde, voegde hij een nieuwe term aan zijn formule toe, de zogeheten “kosmologische constante”. Dit deed hij om te verklaren waarom het heelal onder de invloed van de aantrekkende zwaartekracht niet in elkaar stort. De kosmologische constante zorgt voor een soort antizwaartekracht, die het mogelijk maakt dat we in een statisch heelal leven

waarin de sterren een vaste plaats aan de hemel innemen. Toen Hubble tien jaar later ontdekte dat we in een uitdijend heelal wonen, waarin de afstand tussen de sterren steeds groter wordt, werd de kosmologische constante overbodig. Einstein noemde het toevoegen van deze constante aan zijn vergelijkingen

“We hopen met de
kwantumzwaartekracht
de oerknal, en dus de
oorsprong van ons heelal,
beter te begrijpen.”

de grootste blunder uit zijn leven. In de negentiger jaren van de vorige eeuw beleefde de kosmologische constante een wederopstanding toen astronomen concludeerden dat we in een heelal wonen dat versneld uitdijt. Dit kan verklaard worden door aan te nemen dat er toch een kosmologische constante in de vergelijkingen van Einstein aanwezig is, al is die erg klein. De kosmologische constante wordt vaak gezien als een soort “vacuümenergie” van de lege ruimte, ook wel “donkere energie” geheten.

Een groot probleem in de theorie is, dat we op grond van de waarnemingen een heel kleine waarde voor de vacuümenergie nodig hebben, maar dat het heel moeilijk is om deze klein te houden onder kwantumcorrecties. Het verschil tussen wat we willen en wat onze berekeningen opleveren, is een factor met 120 nullen achter de komma. Dit wordt ook wel de “slechtste theoretische voorspelling” uit de geschiedenis van de natuurkunde genoemd! Dit is het beroemde “kosmologische constante probleem”.

Eén manier om te proberen het probleem van de kosmologische constante op te lossen is door aan te nemen dat het “graviton”, de drager van de zwaartekracht, een erg kleine massa heeft. De massa van het foton, de drager van de elektrische kracht, is precies nul. Een kleine massa van het graviton leidt tot een wijziging van de zwaartekracht bij heel grote afstanden. Deze gewijzigde zwaartekracht zorgt ervoor dat we de kosmologische constante als veel kleiner waarnemen dan hij in werkelijkheid is. Dit zou tot een oplossing van het “kosmologische constante probleem” kunnen leiden. Het blijkt heel moeilijk om aan het graviton een kleine massa toe te kennen zonder daardoor weer nieuwe problemen in Einsteins zwaartekrachtsbeschrijving te veroorzaken. Het is echter niet onmogelijk, zoals de cartoon (zie figuur 1) aangeeft. Hier wordt op dit moment intensief onderzoek naar gedaan en het laatste woord is hier nog niet over gesproken.

Ruimteschuim

Het is duidelijk dat de ruimte een belangrijke rol speelt bij Einstein. Maar wat is die ruimte eigenlijk? Je kunt de ruimte visualiseren door je deze voor te stellen als een strakgespannen laken. Het plaatsen van de zon in een lege ruimte kan dan worden vergeleken met het plaatsen van een zware bal op het laken. Het gewicht van de bal veroorzaakt een kuil in het laken en deze kuil kan vergeleken worden met de kromming van de ruimte.

Een uitdijend heelal betekent dat er in het verleden een moment geweest moet zijn waarop alle massa in één punt was samengebald. Kort na de oerknal was alle massa van het heelal in een klein volume samengeperst. In zo'n situatie kunnen we de zwaartekracht niet verwaarlozen. Als we deze toestand willen beschrijven, zijn we gedwongen om Einsteins theorie van de zwaartekracht en de theorie van de deeltjesfysica, waar de regels van de kwantummechanica gelden, tegelijkertijd toe te passen. Wanneer we de regels van de kwantummechanica op de zwaartekracht loslaten, blijken de formules op hol te slaan. De theoretische natuurkunde beschouwt de oplossing van dit pro-

bleem als zijn heilige graal. Het gedroomde huwelijk tussen de kwantummechanica en de zwaartekracht heet de kwantumzwaartekracht. We hopen met de kwantumzwaartekracht de oerknal, en dus de oorsprong van ons heelal, beter te begrijpen.

Waarom is het nu zo moeilijk om de kwantummechanica en de zwaartekracht samen in één theorie te stoppen, en lukt het wel om de kwantummechanica toe te passen op de andere krachten die in de natuur voorkomen, zoals de elektrische kracht? Dit heeft te maken met het feit dat de zwaartekracht, in tegenstelling tot de drie andere krachten, gebruikmaakt van de ruimte en de kromming ervan. Om de kwantumzwaartekracht te begrijpen, moeten we de regels van de kwantummechanica ook op de ruimte zelf toepassen. Eén van de bijzondere voorspellingen van de kwantummechanica is dat de plaats en de snelheid van een deeltje niet precies vastliggen. Op dezelfde manier denken we dat bij zeer kleine afstanden (veel kleiner dan de kleinste deeltjes en veel kleiner dan we ooit met behulp van een deeltjesversneller kunnen waarnemen) de ruimte zelf niet precies is bepaald, maar een chaotisch geheel is, waarin niets vastligt. We noemen dit het “ruimteschuim” (zie figuur 2). Op grotere afstanden is het ruimteschuim onzichtbaar en kan de ruimte als een strakgespannen laken worden beschreven. Dit chaotische ruimteschuim zorgt voor veel problemen.

De snaartheorie, die gebaseerd is op de aanname dat de kleinste deeltjes geen puntdeeltjes maar kleine snaartjes zijn, lost het probleem van het ruimteschuim op. Dit valt het best te begrijpen door het verschil tussen een puntdeeltje en een snaar te vergelijken met het verschil tussen een gewone fiets en een mountainbike (zie figuur 3). Je kunt het ruimteschuim dan vergelijken met een terrein vol kiezelsteentjes. Waarom heeft een gewone fiets wél en een mountainbike géén last van die kiezelsteentjes? Dat komt doordat het profiel van de band van een mountainbike net wat grover is dan de gemiddelde kiezelsteen. Daardoor is de mountainbike ongevoelig voor de chaos op de grond. Op precies dezelfde manier is een snaar ongevoelig voor de



FIGUUR 2 Bij grote afstanden (bovenste figuur) ziet de ruimte eruit als een strakgespannen laken. Bij kleinere afstanden (middelste figuur) beginnen er onregelmatigheden op te treden. Bij zeer kleine afstanden (onderste figuur) wordt het effect van de kwantummechanica zichtbaar: de ruimte ziet eruit als een soort chaotisch "ruimteschuim".

chaos van het ruimteschuim. In tegenstelling tot bij de deeltjestheorie, blijken de formules niet op hol slaan wanneer we de kwantummechanica op de snaartheorie loslaten. Deze eigenschap maakt de snaartheorie erg populair binnen het vakgebied.

Nawoord

Allemaal leuk en aardig, maar zien we bovengenoemde theoretische constructies zoals graviton deeltjes met een massa of kleine snaartjes ook terug in de natuur? Een theorie wordt pas echt natuurkunde als deze aanleiding geeft tot voorspellingen die we door middel van een experiment kunnen contro-

FIGUUR 3 De snaartheorie is ongevoelig voor de chaos van het ruimteschuim, net zoals een mountainbike ongevoelig is voor de kiezelsteentjes op de grond.

leren. Bovenstaande vraag kan op dit moment nog niet worden beantwoord. Wel zijn er veel nieuwe experimenten, zowel op het gebied van de grote afstanden (de Planck-satelliet maakt binnenkort zijn eerste meetgegevens bekend) als op het gebied van de kleine afstanden (de LHC-versneller heeft onlangs het Higgs-deeltje gevonden) die ons meer duidelijkheid kunnen verschaffen over de vruchtbaarheid van onze theorie. We leven in spannende tijden en zullen de komende jaren wellicht meer inzicht krijgen in het bestaan (of niet-bestaan) van massieve gravitons of de snaartheorie.

Lijkt het je leuk om zelf ook iets bij te dragen aan de ontwikkelingen die de komende jaren op dit gebied zullen plaatsvinden? Dan raad ik je van harte aan het nieuwe Quantum Universe onderwijsprogramma te volgen. Dit is een samenwerking tussen Kapteyn Instituut, CTN, KVI en JBI, die tot doel heeft een nieuwe generatie onderzoekers op te leiden die interdisciplinair kunnen werken op een gebied waar de natuurkunde, sterrenkunde en wiskunde samenkomen. Wie weet ben jij straks één van de onderzoekers die bij Einstein de puntjes op de *i* gaan zetten! •





Techniek die het leven eenvoudiger en aangener maakt

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

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

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

PHILIPS
sense and simplicity

Studeren in het buitenland

DOOR WINAND SLINGENBERGH

De stad Oak Ridge in de bossen van Tennessee is zoals zoveel andere steden in Amerika nog niet zo oud. De stad is min of meer in één keer gebouwd en de straatnamen staan op alfabetische volgorde. In 1942 werd Oak Ridge gekozen als locatie om onderzoek te doen naar de ontwikkeling van een kernwapen. Het project, waar veel van de geroemde natuurkundigen van die tijd hun bijdrage aan hebben geleverd, kreeg de inmiddels bekende naam: “The Manhattan Project”. Zodoende werd Oak Ridge een afgelegen geheime stad waar veel mensen zich bezig

“Het lab zelf is toch nog steeds een wereld op zich.”

hielden met allerlei taken zonder te weten waar ze precies aan zaten te werken. Het was pas na de oorlog dat het bestaan en de bijdrage van Oak Ridge bekend werd gemaakt.

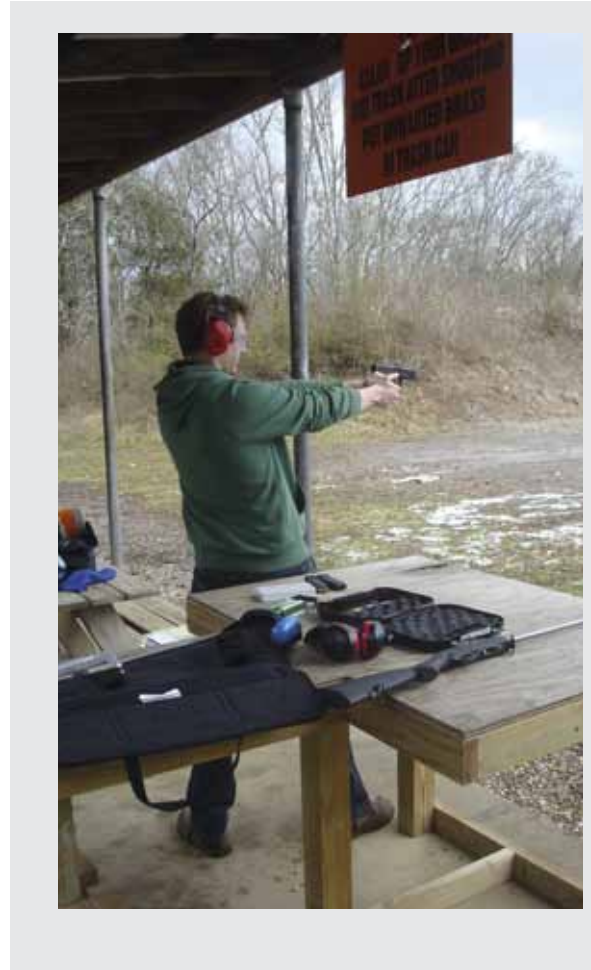
Tegenwoordig ziet Oak Ridge er iets anders uit. Een Walmart, veel fastfood restaurants, benzinstations en een echt centrum ontbreekt. Wel wordt er nog volop onderzoek gedaan, dit op twee verschillende terreinen. Zo is er het Y-12 security complex, goed bewaakt omdat het huidig onderzoek voor militaire toepassing is. Daarnaast is er het historische Oak Ridge National Laboratory (ORNL), waar de oude grafiet reactor nog als museumstuk staat en door medewerkers van het lab te bezoeken is. Het ORNL valt nu onder de directie van de Department of Energy en is niet meer geheim. Het lab bestaat uit moderne faciliteiten voor uiteenlopend onderzoek van klimaatmodellen tot neutron science. Sinds 2005 is er ook het Centre of Nanophase Material Science, waar ik stage heb mogen lopen.

In samenwerking met de University of Tennessee, Knoxville werkte ik aan een opdracht voor Intel. Ik deed onderzoek naar maskers die, met behulp van EUV-technologie, gebruikt zullen worden om de volgende generatie chips te maken om zodoende de wet van Moore in stand te houden. Op ORNL heb ik gebruik mogen maken van een cleanroom van 3000 m² gevuld met geavanceerde nanofabricatie apparatuur. De cleanroom wordt gebruikt voor intern onderzoek maar vanwege de hoeveelheid geavanceerde apparatuur is het ook mogelijk voor externe gebruikers om gebruik te maken van de voorzieningen. De sfeer op Oak Ridge is vrij open, althans, vergeleken met de geheimzinnigheid die er heerste tijdens de oorlog. De meeste onderzoekers vertellen graag en met trots waar ze mee bezig zijn.

Ook al is het tegenwoordig niet meer geheim, het lab zelf is toch nog steeds een wereld op zich. Bij binnenkomst rijd je door een checkpoint en dan 15



minuten door de bossen voordat je op het laboratorium bent. Af en toe zie je dan ook een hert, wilde kalkoenen of stinkdieren. Eenmaal op het lab zijn er veel buitenlanders (makkelijk te herkennen aan de kleur van hun pasje) en veel mensen die vanwege ORNL van elders uit Amerika in Tennessee zijn komen te wonen. De politieke overtuiging van de gemiddelde wetenschapper komt dan ook niet zo vaak overeen met die van het vrij conservatieve Tennessee. Dit werkt enigszins isolerend. Ik heb bijvoorbeeld een kerkdienst bijgewoond waar de zonde van homoseksualiteit werd gepredikt. Een schokkende percentage van de bevolking gelooft niet in de evolutietheorie en er stonden voor de verkiezingen veel Romney-Ryan bordjes bij mensen in de voortuin. Dit was dan ook even wennen.



Omdat ik voornamelijk op ORNL onderzoek aan het doen was en niet bij de universiteit in het nabij gelegen Knoxville, heb ik het Amerikaanse studentenleven niet kunnen beleven. Wel ben ik lid geworden van de lokale hackerspace, KnoxMakers. Een hackerspace is nog een vrij nieuw begrip. Het is een groep mensen die gezamenlijk een ruimte afhuurt, apparatuur deelt, voor alle leeftijden cursussen organiseert en gezamenlijk aan allerlei elektronica en bouwprojecten werkt. Geen misdadige computerhackers dus, maar een groep mensen die het leuk vindt om gezamenlijk dingen te maken en vrijuit informatie met elkaar uitwisselt. KnoxMakers heeft het voordeel dat leden vaak bij ORNL werken. Er staat daarom naast het standaard gereedschap zoals soldeerapparatuur, 3D-printers en

een lasersnijder ook een supercomputer. Toevallig een onderdeel van de voorheen snelste supercomputer ter wereld, Jaguar.

Mocht je ooit een poosje in het buitenland komen te wonen en hou je van techniek, dan kan ik je aanraden om in contact te komen met de lokale hackerspace het is een eenvoudige manier om veel gelijkdenkende mensen te ontmoeten en een sociaal leven op te bouwen. De mensen die ik bij Knox-Makers heb leren kennen hebben veel moeite gedaan om mij van een complete “Amerika ervaring” te voorzien. In Tennessee hoort daar natuurlijk een reisje naar de gun-range bij. Sommige dingen in Tennessee wennen snel, zoals overal de auto voor moeten gebruiken en met de lunch over american football praten bijvoorbeeld, maar dat kogels “gewoon” in de super-

markt te koop zijn blijft toch vreemd.

Als natuurkundige is het natuurlijk bijzonder om stage gelopen te hebben in een laboratorium dat zoveel geschiedenis kent, maar behalve een paar museumstukken en de Y-12 faciliteit is er van dat tijdperk niet veel meer over. Oak Ridge mag dan wel een nationaal lab zijn, maar het is heel internationaal. Dit is op ORNL nog duidelijker omdat alle buitenlanders fel rode naam kaartjes dragen. De sfeer op het lab is dan ook niet zo verschillende als in

“Dat kogels ‘gewoon’ in de supermarkt te koop zijn blijft toch vreemd.”

Nederland. Er wordt hard en enthousiast gewerkt en behalve de voertaal is er niet veel aanpassing vereist. Buiten het lab is alles toch iets anders. Nu ik de auto, het lijndansen en de country muziek achter mij laat wordt het weer tijd voor een inburgeringscursus •



Thales Nederland

Een interview met Tom Griffioen(links) en Hugo Anbeek(rechts)

Beiden werken bij Thales Nederland te Hengelo. Tom heeft elektrotechniek gestudeerd aan de Universiteit Twente en Hugo heeft technische natuurkunde aan de Universiteit Twente gestudeerd. Ze werken nu allebei ongeveer 4 jaar bij Thales en vertellen over hun dagelijkse werkzaamheden en andere ervaringen als Young Professional binnen Thales.



Wat doe je nu bij Thales?

Hugo: “In mijn dagelijkse werk houd ik mij bezig met het bepalen en analyseren van operationele radar performance. Met behulp van complexe modellen simuleren we wat de detectie-afstand van onze radarsystemen is tegen verschillende doelen (dreigingen)- onder verschillende atmosferische omstandigheden. Bij het ontwikkelen van modellen, het simuleren en analyseren van simulatieresultaten maak ik elke dag opnieuw gebruik van de kennis die ik tijdens mijn studie heb opgedaan.”

Tom: “Als system engineer is het belangrijk systeem performance en subsysteem performance op elkaar af te stemmen. Neem bijvoorbeeld een verzonden signaal. Een radar zendt, net als sonar, een signaal uit dat reflecteert op het doel en weer terug valt op de radar. Zonder verder diep op de details in te gaan heeft de kwaliteit van dit signaal (gegenereerd door de signaal generator op subsysteem niveau) invloed op de performance van de radar (systeem niveau).”

Wat gebruik je nog van je studie?

Hugo: “Netwerktheorie tot en met signaaltheorie en veel wiskunde. Dit kan je allemaal toepassen op de techniek. Bij

Thales kan je terecht met veel verschillende disciplines, van werktuigbouwkunde tot elektrotechniek tot IT.”

Tom: “Het leuke is dat ik zeker nog 50% gebruik van wat ik heb geleerd tijdens mijn studie. Je werkt hier aan complexe systemen en de optimalisatie gaat heel ver. Elke beslissing die je neemt kan verregaande gevolgen hebben voor het systeem.”

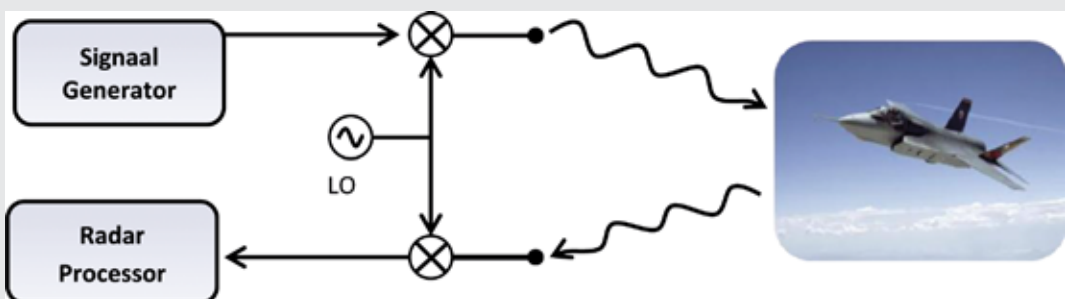
Hugo: “Het is echt High Tech, je moet op de hoogte blijven van de laatste stand van zaken omtrent de nieuwste technologische ontwikkelingen en de wetenschap.”

Tom: “Als voorbeeld heb je een radar die je nu ontwikkelt en pas over 7 jaar aflevert; in die 7 jaar gebeurt er heel veel in de techniek. Ook al maak je de radar daarna opnieuw, dan heb je te maken met nieuwe technieken en nieuwe mogelijkheden.”

Hugo: “We werken nauw samen met de TU’s, maar we ontwikkelen hier zelf veel nieuwe technologieën, verder doen we research waardoor de TU ook weer van onze kennis gebruik kan maken.”

Waarom heb je voor Thales gekozen?

Tom: “Mijn vader werkte bij Defensie als bouwkundig architect. Ik ging een keer mee naar de Marinedagen en het enige wat ik zag was een ronddraaiende radar. Jammer dat de



Phased-Array radars (Red: op alle vier de zijden zitten radar-antennes, zodat het systeem niet meer rond hoeft te draaien) niet meer draaien. Nu werk ik aan de SMART-L EWC (Red: lange afstand radar tegen ballistische raketten, zie foto Tom en Hugo), die draait weer wel.”

Hugo: “Mijn vader werkte vroeger bij Thales dus ik kende het bedrijf en de verhalen. Hiervoor heb ik bij de NAVO gewerkt. Ik was dus al bekend met de Defensiewereld en die wereld vond ik heel interessant.”

Wat is dan interessant?

Hugo: “De diversiteit in projecten. Je doet bij Thales geen alle-daagse dingen, je werkt aan High Tech systemen. Dat geeft een enorme kick.”

Tom: “Je opereert echt op wereldniveau en het is ‘grote jongens speelgoed’.”

Hoe ziet een gemiddelde werkdag eruit?

Tom: “Heel verschillend. De ene dag werk je aan een project en moet je heel veel overleggen om te kijken wat we willen en kunnen, terwijl ik de andere dag de hele dag aan het simuleren en modelleren ben.”

Hugo: “Nee je werkt nooit aan één project tegelijk. Soms werk je aan iets intern terwijl je de volgende keer met de klant zit en vragen moet stellen als; wat heb je nodig? Wat past bij jullie? Met welke dreiging hebben jullie te maken? Hier moet je dan weer analyses op loslaten en engineers opzetten.”

Aan wat voor projecten werken jullie nu?

Hugo: “Nu werk ik aan een paper voor een conferentie, dit doen we in nauwe samenwerking met TNO en daarnaast ook aan de gatekeeper en de goalkeeper.”

Tom: “SMART-L en het STARS project <http://starsproject.nl/>.”

Hoe zou je de cultuur bij Thales omschrijven?

Hugo: “Je hebt heel veel verschillende mensen die hier werken en het verschilt per afdeling. Daarnaast is het gemiddelde werk niveau heel hoog. Bijna alleen HBO en WO en dit is een leuke mix.”

Tom: “Er is een hoge gemiddelde leeftijd, maar van deze oudere mensen kan je als jong persoon heel veel leren. Dit bedrijf is juist dankzij de jarenlange ervaring en kennis wereld-leider geworden op het gebied van marine radarsystemen. Over het algemeen is er ruimte genoeg om je eigen ideeën in te brengen.”

Hugo: “In het begin moest ik even schakelen. Ik was jong en ambitieus en nam een sprint. Ik werd wel even afgeremd, maar dat kan niet anders. Bij Thales heb je één á twee jaar nodig om de wereld en de techniek erachter te begrijpen. Je hebt bepaalde ervaring en kennis nodig voordat ze je naar de klant laten gaan. Het is niet een alledaags product dat als je het niet aan de één kan verkopen, je naar de buurman kan gaan. Deze wereld is delicaat en potentiële klanten kan en mag je

Thales Nederland

Actief in de sectoren Aerospace, Defense en Security is Thales Nederland met 1.800 medewerkers de topanbieder van hightechbanen. Productinnovatie en snel inspelen op de nieuwste technologische mogelijkheden zijn onze drijfveren. Spraakmakende voorbeelden daarvan zijn radar-, communicatie- en command & controlsystemen voor marineschepen en communicatie-, beveiligings- en betaalsystemen voor het bedrijfsleven. Thales Nederland is onderdeel van de Thales Group met 70.000 medewerkers in ruim 50 landen, waarvan 22.000 werkzaam in R&D en daarmee is Thales een van Europa's grootste elektronica-bedrijven en heeft wereldwijd een uitermate sterke positie.

www.thalesgroup.com/nl

www.facebook.com/thalesnederland

wytiske.oijevaar@nl.thalesgroup.com

niet kwijtraken.”

Tom: “Wat verder leuk is dat als je hier werkt, je langzaamaan ook doorkrijgt dat je projecten/opdrachten naar je toe kunt trekken. Zo kan je je door de organisatie heen manoeuvreren. Je moet hier proactief zijn, anders wordt het niets.”

Waar ben je trots op?

Tom: “Ons hele productportfolio. Als je bijvoorbeeld naar een land in Zuid-Amerika gaat hebben ze onze sensoren op hun schepen staan. Onze aanwezigheid in de wereld is gigantisch.”

Hugo: “Daarnaast moeten we altijd opnieuw op technisch vlak blijven innoveren ten opzichte van de concurrent. Dat houd je scherp.”

Tom: “De complexiteit van de systemen en het proces. Je werkt met gemak met 100 mensen aan één project. Dat moet ook gecoördineerd worden. Zelfs universiteiten vragen ons wat we nodig hebben qua techniek en vragen ons om nieuwe technieken. Dat zie ik als een goede referentie en als uitdaging.”

Heb je nog laatste toevoegingen?

Tom: “Ja, je kan hier je hele leven blijven werken. Mijn vrouw denkt dan; ‘saai zeg’, maar er is hier zoveel te doen. Het is niet saai, het is gewoon echt interessant en divers werk. Wil je meer met mensen werken? Wil je meer alleen werken? Bespreek het en het behoort tot de mogelijkheden. Ik vind het wel jammer dat de man/ vrouwverhouding binnen Thales scheef is. Het lijkt me leuk als er meer vrouwen zouden werken.”

Hugo: “In het begin is het wel lastig en moet je even wennen, je moet jezelf de tijd gunnen om alles te leren en je de systemen eigen te maken maar na twee jaar ben je echt op stoom.”

Tom: “Ja, dat merk je en je ziet ook dat de mensen die hier werken echt gepassioneerd zijn voor het vak. Dat kan ook niet anders, maar iedereen gaat er voor de volle 100% voor. Ik hoorde van de 34 WO-ers die hier de afgelopen drie jaar zijn aangenomen, er in totaal maar drie zijn weg gegaan.”

Bevingen in Groningen

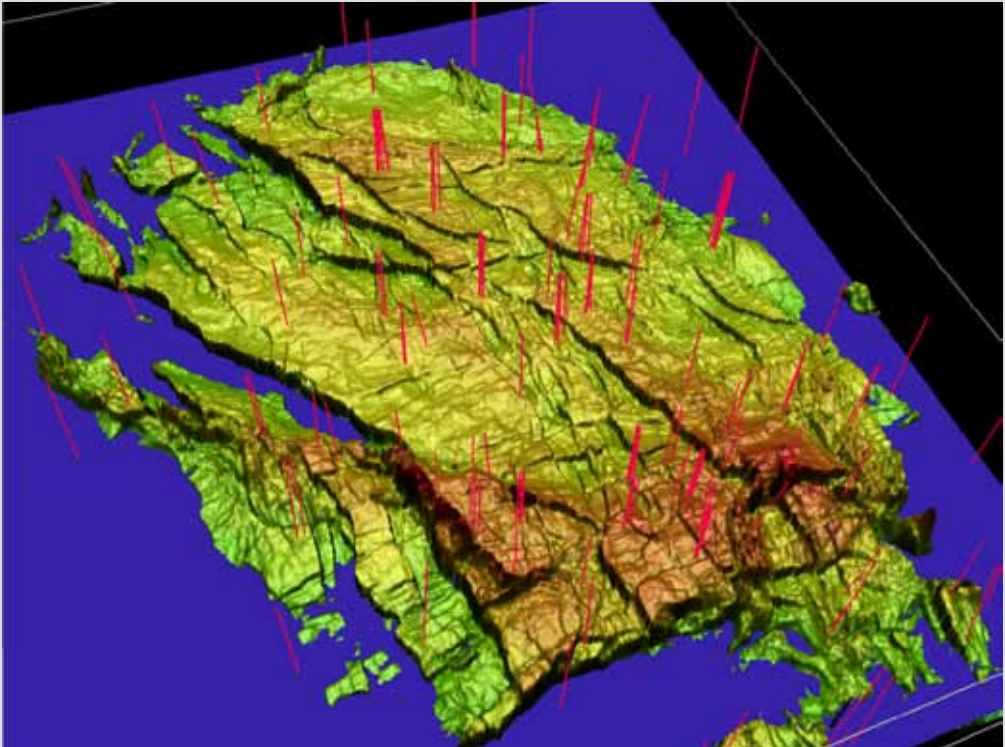
Hoe zit dat nu?

DOOR RIEN HERBER

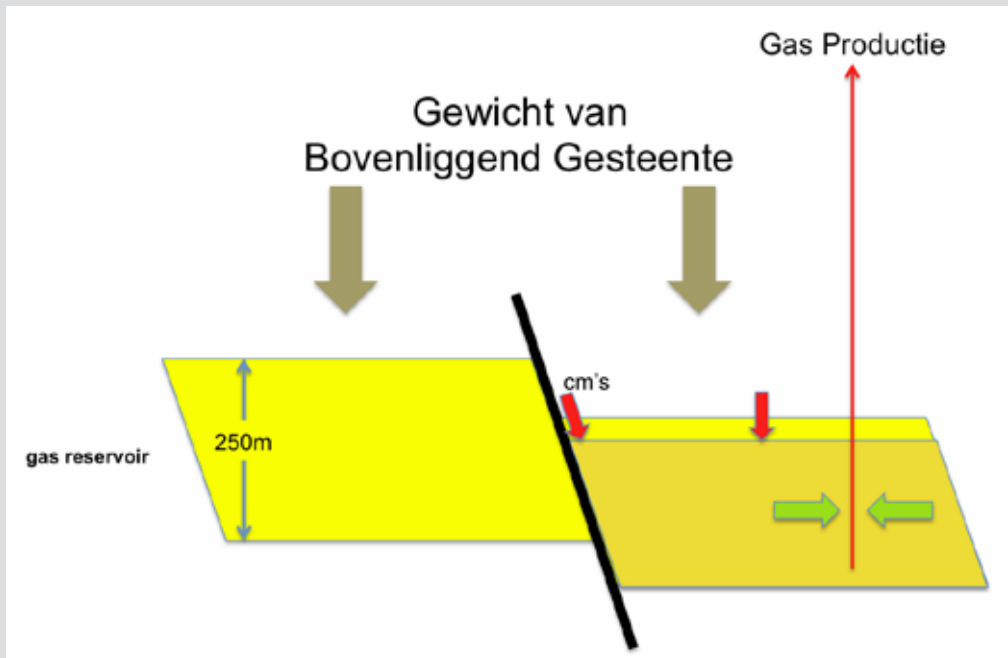
Het zal niemand ontgaan zijn dat er de laatste maanden nogal wat beroering is ontstaan over het optreden van bevingen in Noord-Oost Groningen. Deze bevingen hangen nauw samen met de gaswinning uit het grote Slochteren gasveld. Met name de beving bij het dorpje Huizinge, vorig jaar augustus, heeft met een magnitude van 3,6 op de schaal van Richter de bevolking doen opschrikken.

Ekwamen veel schademeldingen en de vraag wat de maximale magnitude zou kunnen worden in de toekomst drong zich op. Is er een maximum? En wanneer kunnen we dat dan verwachten? Lopen we ook meer gevaar dan alleen scheuren in de muur van ons huis? De Inspecteur van het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) publiceerde een rapport in januari

dit jaar waarbij op statistische basis werd gesteld dat er een redelijke kans is op grotere bevingen, tot magnitude 5. De minister werd gevraagd de gasproductie onmiddellijk te verminderen om zo grotere bevingen te voorkomen. De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM), beheerder van het Slochteren veld, was het hier vooralsnog niet mee eens en ondernam, gesteund



FIGUUR 1 Reliëfkaart van de top van het slochteren reservoir. Productieputten aangegeven in rood (bron: NAM).



FIGUUR 2 Schematische voorstelling van differentiële compactie van het reservoir aan weerszijden van een geologische brek.

door het KNMI, een aantal studies om een betere grip op de kansberekening te krijgen. De minister van Economische Zaken heeft het mandaat om een beslissing tot mindering te nemen. Dit heeft echter ook grote gevolgen voor de schatkist, aangezien de gasbaten jaarlijks zo'n 12 tot 14 miljard euro bedragen.

Geen makkelijke keuze dus in deze tijden van crisis! De minister heeft derhalve een 11-tal onderzoeken gelast naar zowel de geologische, economische en schadeaspecten die met een besluit samenhangen. Resultaten worden verwacht in december dit jaar. In de recente discussies over de "gasbevingen" bleek regelmatig dat er in de samenleving veel onbekendheid is met de processen in de ondergrond. Reden dus om daar in dit stuk wat dieper op in te gaan.

Het Slochteren gasveld werd ontdekt in 1959 en binnen een aantal jaren werd vastgesteld dat het hier om een "giant field" ging, op dat moment het grootste gasveld ter wereld. De reserves waren initieel

“Het is nodig om de drukverschillen binnen het veld te reduceren.”

$2875 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ gas en het veld strekt zich uit over een oppervlak van 860 km^2 . Het reservoir wordt gevormd door een zandsteenlaag van zo'n 250 m dikte op een diepte van rond de 3 km, met daaroverheen een dikke zoutlaag waardoor het gas niet naar het aardoppervlak kan ontsnappen. Deze zandsteen is zo'n 250 miljoen jaar geleden ontstaan, toen Nederland net boven de evenaar lag en onderdeel was van een woestijn die zich uitstrekte van Zuid Engeland tot Polen. Het zand werd afgezet in de vorm van duinen, zoals we die nu in de Sahara kunnen waarnemen. Tussen de korrels bevinden zich poriën waarin het gas zich later gedurende miljoenen jaren heeft opgehoopt. Het begrip "Slochteren Gasbel" is dus misleidend: er is geen grote holte in de aardbodem waar het gas in zit, maar een aaneengesloten netwerk van poriën, elk op micrometer schaal.

De druk van het gas in de poriën is hydrostatisch, dus op een diepte van 3 km zo'n 300 bar. Inmiddels is er sinds 1963 al heel wat gas geproduceerd uit het veld:

op dit moment ongeveer $2000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, er is dus nog 1/3 over van het oorspronkelijke volume. In samenhang daarmee is de druk ook gedaald naar ongeveer 90 bar. Dit heeft tot gevolg dat de poriën enigszins worden dichtgedrukt: het reservoir wordt dus dunner door compactie. Momenteel bedraagt die compactie in het centrum van het veld ongeveer 28 cm; dit kunnen we meten aan het aardoppervlak en is beter bekend als bodemdaling.

Middels geo-mechanische modellering kunnen we ook voorspellen wat de bodemdaling zal zijn wanneer het gasveld leeg is. Voor Slochteren zal dit rond de 40 cm zijn in het centrum van het veld. Nu is het zandsteen reservoir geen aaneengesloten, ongestoorde laag. Het veld is opgebroken langs meer dan 1700 breuklijnen, die het reservoir in compartimenten verdelen (Fig. 1).

Die breuklijnen zijn niet zo permeabel als het gesteente zelf vanwege mineralisatie langs het breukvlak. Gemeenten over miljoenen jaren staan alle compartimenten druksgewijs wel met elkaar in verbinding, maar gedu-

rende de productietijd, van zo'n 50 jaar geleden tot nu toe, treden er tussen de verschillende compartimenten drukverschillen op tot zo'n 40 bar. Dit hangt namelijk af van het feit dat niet in elk breukblok een productieput is gezet. Neem het geval van twee compartimenten, gescheiden door een breuk (Fig. 2). Als er slechts uit één van beide blokken wordt geproduceerd, zal dit blok dus aan compactie onderhevig zijn en het andere niet. Langs het breukvlak treedt dus een verschuiving op van enkele centimeters.

Die verschuiving gaat in de meeste gevallen geleidelijk, maar langs sommige breuken gaat deze schoksgewijs wanneer de spanning, vanwege de frictie aan het breukvlak, gedurende een bepaalde periode is opgelopen. Bij de beving van Huizinge was die verschuiving ongeveer 5 cm over een lengte van enkele kilometers langs de breuk.

Er zijn zo'n 300 producerende putten in het Slochteren veld. Sommige compartimenten zijn door meerdere putten aangeboord, andere door geen enkele. Om in de toekomst het aardbevingsrisico te vermin-

Intensiteit	Versnelling (cm/s ²)	Effect	Beschrijving
I	< 1	Niet gevoeld	Wordt door niemand gevoeld; alleen seismografische registratie
II	1 - 2	Zelden gevoeld	Wordt alleen gevoeld door sommige mensen in rust binnenshuis; meestal op bovenverdiepingen van gebouwen
III	2 - 3	Zwak	Wordt gevoeld door beperkt aantal mensen als een licht zwaaiend of bevende beweging; waarneembaar schudden van voorwerpen
IV	3 - 6	Alom waargenomen	De beving wordt binnenshuis door velen waargenomen, buitenshuis slechts door enkelen; Sommigen worden gewekt uit hun slaap; Het trillingsniveau kan beangstigend zijn; Ramen, deuren en vaatwerk rammelen; Hangende voorwerpen beginnen te zwaaien; Geen schade aan gebouwen
V	6 - 15	Sterk	De beving wordt binnenshuis door de meeste mensen gevoeld, buitenshuis door velen; Velen worden gewekt uit hun slaap; sommigen rennen naar buiten; Delen van gebouwen trillen; de meeste voorwerpen staan/hangen aanzienlijk te zwaaien; Vaatwerk en glaswerk rammelen; de vibraties zijn sterk; Topzware voorwerpen vallen om; deuren en ramen zwaaien open en dicht
VI	15 - 30	Lichte Schade	Wordt door iedereen zowel binnen- als buitenshuis gevoeld; meeste mensen binnenshuis worden bang en rennen naar buiten; voorwerpen vallen van de wand; Lichte schade aan gebouwen bv scheuren in pleisterwerk
VII	30 - 60	Schade	Meeste mensen rennen naar buiten; meubels verschuiven en voorwerpen vallen van stellingen; vele gebouwen hebben lichte tot aanzienlijke schade; scheuren in muren en omvallende schoorstenen.
VIII	60 - 160	Vernielend	Algemene schade aan gebouwen; zwakke bouwwerken gedeeltelijk vernield
IX	160 - 300	Verwoestend	Vele gebouwen zwaar beschadigd; algemene schade aan funderingen; ondergrondse pijpleidingen breken

TABEL 1 De Mercalli schaal.

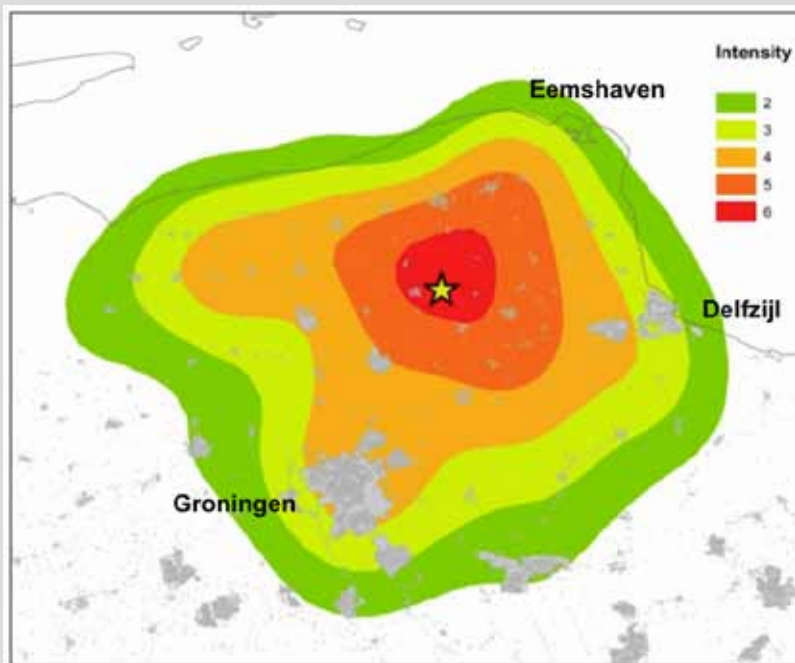
deren is het dus nodig om de drukverschillen binnen het veld te reduceren, dus eigenlijk het veld beter te “tunen”. Dit kan gebeuren door extra putten bij te boren en stroomsnelheden bij te stellen in bestaande putten.

Om dit op een verantwoorde manier te doen is het nodig om een geo-mechanisch model van het veld te maken, voorzien van de juiste gesteenteparameters zoals frictiecoëfficiënten langs breuken, porositeit en permeabiliteit van het reservoir. Dit maakt het mogelijk om deterministisch te werken in plaats van statistisch zoals tot nu toe: door verschillende drukprofielen te simuleren kan dan worden getracht het toekomstig breukgedrag te voorspellen bij een set van productie-scenario's. Ik gebruik het woord “trachten” omdat lang niet alle gesteenteparameters overal in het veld bekend zijn. Hier moet dus onderzoek naar worden gedaan, voornamelijk via boorkernmetingen en labexperimenten.

Een aardbeving wordt gekenmerkt door zijn magnitude die een functie is van de vrijkomende energie in het hypocentrum, dat is de locatie van de verschuiving in de ondergrond. In de aardbevingswetenschap zijn de laatste decennia vele relaties tussen magnitude en energie experimenteel vastgesteld. Een van de bekendste is die van Gutenberg & Richter (1956):

$$\log E = 4.8 + 1.5 M \quad (1)$$

hierbij is E de energie in Joules en M de magnitude op de schaal van Richter. Bij een beving met magnitude 4 hoort dus een energie van zo'n 10^{11} Joule. Magnitude 5 komt overeen met iets meer dan 10^{12} Joule.



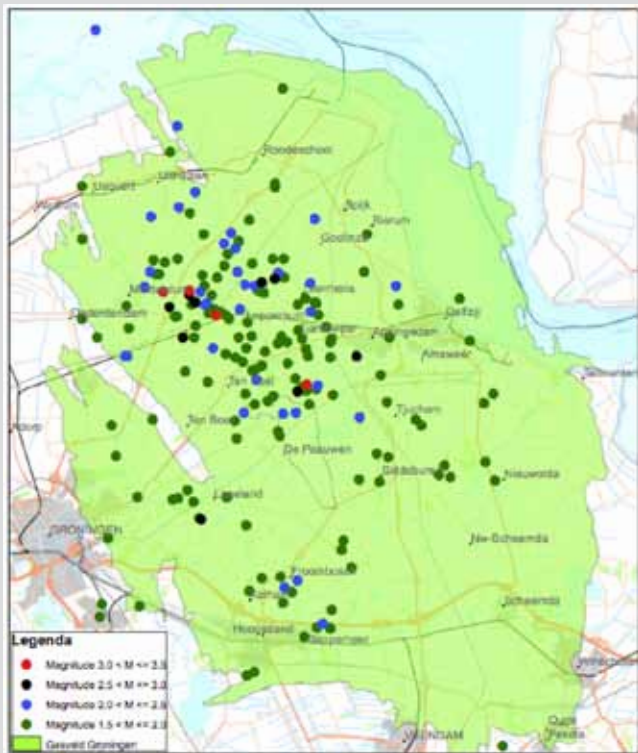
FIGUUR 3 Huizinge beving (aug. 2012) - Intensiteitscontouren (bron KNMI).

De impact van een aardbeving wordt echter niet alleen door de magnitude bepaald. Eventuele schade aan gebouwen wordt bepaald door de versnelling van de beweging aan het aardoppervlak. Deze versnelling (cm/s^2) wordt via een empirische relatie vertaald in een Intensiteit (Schaal van Mercalli) die de mate van schade weergeeft:

$$I = 3 \log a + 1.5 \quad (2)$$

hierbij is I de intensiteit en a de versnelling van de beweging in cm/s^2 . De Mercalli schaal loopt van I tot XII, aangegeven in Romeinse cijfers om verwarring met de Schaal van Richter te voorkomen. In de tabel hiernaast (tabel 1) staan de intensiteiten en bijbehorende verschijnselen samengevat.

De intensiteit van een beving neemt af met de afstand



FIGUUR 4 Locaties van bevingen in Groningen in de periode 1992 - 2012 (bron: KNMI).

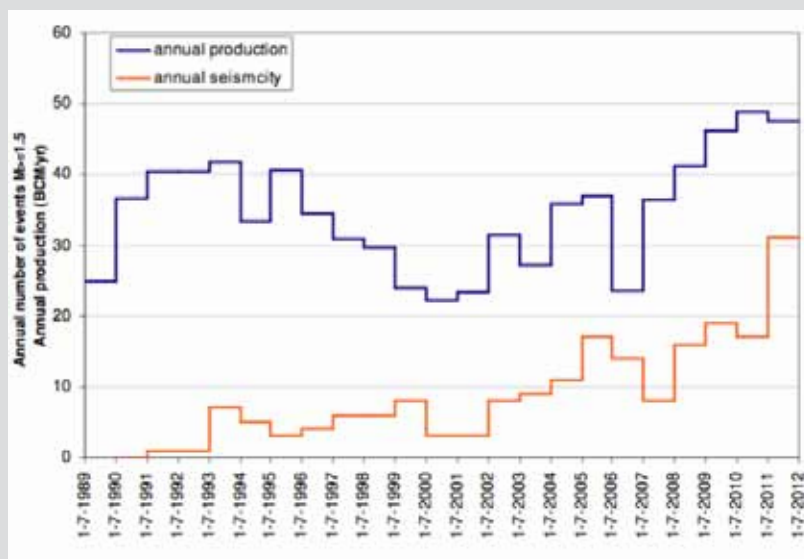
tot het epicentrum, maar wordt tevens bepaald door factoren aan het oppervlak zoals de samenstelling van de bodem tot op zo'n 25 m diepte. Variaties in klei- en zandgehalte resulteren in een beeld waarbij het intensiteitspatroon niet circulair uniform is. Dit is duidelijk te zien aan het patroon rond het epicentrum van de Huizinge beving, gemeten met accelerometers van het KNMI (Fig. 3). Bewoners hebben dit ook bevestigd, hun beleving van de effecten van die beving varieert sterk en het verdient aanbeveling om dit in kaart te brengen en te correleren met de samenstelling van de bodem ter plekke.

Sinds het begin van de metingen van het KNMI in 1990 zijn er zo'n 200 bevingen met een

magnitude groter dan 1,5 waargenomen (Fig. 4). De meeste bevingen zijn geconcentreerd in het centrum van het gasveld rond Loppersum. Dit is tevens het gebied waar zich een concentratie van breuken met verschillende richtingen bevindt. Wanneer we het aantal bevingen per jaar uitzetten tegen de tijd, dan zien we een toename in de laatste 10 jaar (Fig. 5). Tevens lijkt er een correlatie te bestaan tussen de jaarlijkse gasproductie en het aantal bevingen in die periode. Dit was de reden dat het SodM het advies aan de minister gaf om de productie te reduceren om een verdere toename van de bevingen te voorkomen. Het is echter de vraag of dit effect zal hebben omdat de drijvende kracht, de differentiële compactie van het reservoir, nog steeds aanwezig is. Bevingen zullen dus nog steeds optreden, alleen zal de periode langer duren. De oplossing moet dus meer gezocht worden in het "tunen" van de productie van het gasveld, zoals hierboven beschreven.

Dit vergt echter heel wat research en het wachten is dus op de uitkomsten van de onderzoeken die in december dit jaar afgerond zullen worden! •

FIGUUR 5 Correlatie van het aantal bevingen per jaar met de jaarlijkse gasproductie van Groningen (bron: SoDM).



Van de Secretaris

DOOR DARIN ZWAAN

In de vorige Periodiek hebben jullie allemaal een mooi stukje van de voorzitter gelezen. Hierin werd ook uitgelegd dat in elke volgende uitgave een stukje van een ander bestuurslid te vinden zou zijn. Ditmaal valt mij, de secretaris, de eer ten dele.

Voor de mensen die mij niet kennen, zal ik mij kort voorstellen. Mijn naam is Darin Zwaan en ik zit in het derde jaar van mijn bachelorstudie Technische Natuurkunde. Ik ben geboren in Culemborg, maar heb daarna op zoveel plaatsen gewoond, dat ik me niet verbonden genoeg voel tot een plek om te zeggen: "Hier kom ik vandaan."

Sinds 25 september jongstleden ben ik onderdeel van het 54ste bestuur der FMF, waarin ik de functie van zowel secretaris als vicevoorzitter bekleed, met de focus op de eerste functie. Het voelt alsof wij net begonnen zijn, maar we zijn al zo ver op weg dat wij als bestuur moeten gaan denken aan onze opvolgers. Volgens mij spreek ik voor iedereen als ik zeg dat de tijd snel gaat als je jezelf een jaar lang op een bestuursfunctie stort. Het leek mij leuk om het daar even over te hebben. Een bestuursjaar is namelijk alles wat je ervan verwacht en alles wat je niet verwacht, beter dan dat kan ik het niet omschrijven. Het is een geweldige kans om dingen te leren en een hele leuke ervaring naast je studie, iets wat ik van tevoren bedacht had toen ik solliciteerde. Er zitten echter zoveel méér kanten aan, die ik niet allemaal kan uitleggen. Ik zou zo een paar van mijn verantwoordelijkheden kunnen noemen, maar nooit alle. Ik zou kunnen vertellen wat wij de komende tijd in de planning hebben, maar



die planning zou volgende week best anders kunnen zijn. Ik word dagelijks nog verrast door de dingen die op mijn pad komen en dat is één van de dingen die ervoor zorgen dat ik het prima naar mijn zin heb als bestuurslid.

Uiteraard zijn er dingen die niet meer veranderen als ze eenmaal worden opgepakt. Zo zijn wij hard bezig om een nieuwe huisstijl te laten ontwikkelen en wordt er een plan opgesteld om de NSFV nog mooier te maken dan hij nu is. Voor mij persoonlijk is het opschonen van het ledenbestand één van de grote taken van dit jaar.

Daarnaast houd ik me als

secretaris natuurlijk bezig met de post, zowel digitaal als analoog, en zorg ik dat alle vergaderingen netjes worden genotuleerd.

Ik probeer naast mijn bestuurstaken bezig te blijven met mijn studie, maar die staat inmiddels op een laag pitje. Meer dan één vak per periode volgen, moet je niet willen in een bestuursjaar. De ervaringen die het met zich meebrengt, wegen echter zwaarder dan de vertraging die ik heb opgelopen. Ik zal aan het einde van dit jaar dan ook met een goed gevoel achterom kijken naar een goed besteed jaar. Tot die tijd kunnen jullie mij op de activiteiten van de FMF en in de NSFV vinden, waar ik jullie ook vaak hoop te zien •

Wiskunde als Waarheid

Is wiskunde waar?

DOOR BART MARINISSEN

Het woord wiskunde betekent de kunst van het gewisse. De naam vertelt dat we zeker van wiskunde kunnen zijn, maar kunnen we ook zeker zijn dat wiskunde waar is? Wiskunde is anders dan de andere wetenschappen. Wiskunde is niet empirisch en heeft dus geen directe link met de werkelijkheid. Hierdoor is haar eventuele waarheid absoluut, waar empirische waarheid altijd onzekerheid heeft. Daarom wordt er wel gezegd dat alleen rigoureuze wiskunde echt 'waar' genoemd mag worden.

Een verdedigbaar standpunt, zolang wiskunde daadwerkelijk waar is. Er kan ook gezegd worden dat deze ontkoppeling van de werkelijkheid de relevantie van de wiskunde als slachtoffer eist, zo niet haar waarheid. Deze kwestie is niet nieuw en er zijn al vele ideeën over ontwikkeld. In dit stuk zullen we een aantal van de meest ontvankelijke ideeën bekijken. Daarvoor moeten we echter eerst een basis leggen.

Je zou misschien denken dat een deel van deze basis een definitie van waarheid is. Hier gaan we ons echter niet mee bezig houden. Dit deels omdat we anders nooit aan onze eigen vraag toekomen en deels omdat

“Wiskundigen hebben bijna altijd gelijk als ze zeggen dat een stelling waar is, maar hoe kan dat?”

de te behandelen ideeën op een ander concept van waarheid berusten. Wel belangrijk voor onze basis is waar we precies aan twijfelen. Willen we beweren dat $1+1=3$? Uiteraard niet. Nee, de vraag is hier juist of een



FIGUUR 1 Wij, gevangen in de werkelijkheid, kunnen alleen een schaduw van de ideeënwereld zien.

wiskundige stelling zoals $1+1=2$, überhaupt waar *kan* zijn. Belangrijk hier is de kwestie van het ‘bestaan’ van wiskundige objecten.

Platonisme

Het eerste idee dat we behandelen is ook het oudste idee, het platonisme. Platonisme stelt dat wiskundige objecten, zoals de getallen, verzamelingen en het optellen, bestaan. Bovendien bestaan deze objecten onafhankelijk van ‘de geest’, in de ideeënwereld. Deze wereld is onafhankelijk van onze eigen wereld. Objecten in de ideeënwereld zijn ‘universelen’. Dit zijn eigenschappen die gedeeld worden door meerdere objecten. Een voorbeeld is het concept fruit. Dit bestaat in de ideeënwereld en omvat welke eigenschappen iets moet hebben om fruit te zijn. Het tegenovergestelde concept is dat van een ‘bepaalde’.

Zo is een banaan in de winkel als ‘bepaalde’ onder andere een fruit. Andere universelen die deze banaan kunnen omvatten zijn bijvoorbeeld: ‘zoet’, ‘geel’ of ‘groen’. Uiteraard wordt deze banaan ook omvat door het universeel ‘banaan’. Waarheid is in het platonisme een eigenschap van deze wiskundige objecten en de interacties daartussen. Platonisme zegt dus dat wiskunde waar is, en dat wiskundige objecten echt bestaan.

Het probleem van platonisme is het verklaren van interacties. Wiskundigen hebben bijna altijd gelijk als ze zeggen dat een stelling waar is, maar hoe kan dat? Het lijkt nodig te zijn dat wiskundigen kunnen interacteren met de wereld waarin deze objecten bestaan. Tegelijkertijd bestaat deze wereld onafhankelijk van de onze ook in de ideeënwereld onveranderlijk. Hierdoor kunnen er in deze wereld geen interacties bestaan met de ‘echte’ wereld. Dit maakt het moeilijk tot onmogelijk om te verklaren hoe wiskundigen zo betrouwbaar waarheden kunnen vertellen over deze wereld. Immers kunnen ze er niet mee interacteren.

Dit probleem kent geen bevredigend antwoord. Een van de betere pogingen is het zogeheten ‘ultimate ensemble’. Hierin wordt gesteld dat alle structuren die wiskundig bestaan ook echt bestaan. Hierdoor kan de wiskundige via interactie met de ‘echte’ wereld ook bij de wiskunde in de ideeënwereld. Dit heeft enorme complicaties en is een erg omslachtige manier om platonisme kloppend te maken. Het vangt wel een fundamenteel idee, zoals we later zullen zien.

Fictionalisme

Het tweede idee dat we behandelen is het *fictionalimse*. Fictionalisme begint met de stelling dat wiskundige objecten (zoals de getallen 1 en 2) niet echt bestaan. In plaats daarvan zijn het objecten in een verhaaltje. Wiskundige stellingen zijn de verhaaltjes waarin deze objecten voorkomen. Hiermee wordt de wiskunde gereduceerd tot fictie. Met andere woorden: wiskunde is niet waar omdat het gaat over dingen die niet echt bestaan. Uiteraard is wiskunde niet zomaar fictie, het is nuttige fictie. Net zoals sprookjes niet waar zijn maar ons wel iets leren, zo is wiskunde een verhaaltje dat niet waar is, maar ons wel iets leert. $1+1=2$ Is hier een andere manier om het (fruit)verhaal: ‘jantje doet een banaan in een lege doos en een peer in dezelfde doos, nu zitten er twee stuks fruit in de doos,’ te vertellen.

Toch zijn er wat problemen met het fictionalisme. Een groot probleem ligt in de conclusie. Immers heeft de onwaarheid van wiskunde grote consequenties. Dit wordt duidelijk gemaakt door het onmisbaarheidsargument. Dit stelt dat wiskunde, omdat het onmisbaar is gebleken voor onze successen in de wetenschap, wel waar moet zijn. Was zij dat niet, dan zouden onze grootste successen gebaseerd zijn op iets dat niet waar is, waardoor het erg moeilijk wordt om uit te leggen waarom ze zo succesvol zijn. Er ligt ook een probleem bij de vergelijking wiskunde en verhaal. Terugvallend op het sprookjesvoorbeeld, een sprookje is misschien niet waar, maar de achterliggende moraal is dat

*“Wiskunde is niet waar
omdat het gaat over dingen
die niet echt bestaan.”*

wel. Zo is wiskunde bijvoorbeeld de achterliggende structuur van het fruitverhaal. Of het verhaal waar is weten we niet, maar de achterliggende structuur klopt in ieder geval.

Formalisme

Het laatste idee is formalisme. Formalisme stelt dat wiskunde enkel gaat over zogeheten ‘formele systemen’. Dit zijn systemen met een aantal beginformules (axiomas) die gegeven zijn en een aantal manieren om een formule om te schrijven (afleidingsregels). Hierbij is een stelling waar, wanneer die te verkrijgen is door herhaaldelijke toepassing van de afleidingsregels op de axiomas. Het lijkt misschien alsof dit helemaal niet meer over wiskunde gaat. Echter is alle rigoureuze wiskunde, per definitie, te herleiden tot deze vorm. Het aantrekkelijke hiervan is dat wiskunde alleen over gevolgtrekkingen gaat. Hierdoor is wiskunde bijna tautologisch waar.

Dit behalen we echter wel ten koste de relevantie van de wiskunde. Niet alleen gaat wiskunde helemaal niet meer over de werkelijkheid, het heeft ook haar absolute karakter verloren. Immers hangt dat de waarheid van een stelling volledig af van de keuze van het formele systeem. Dit kan opgelost worden door bij elke wiskundige stelling te noemen over welk formeel systeem het gaat. Hier verliezen we wel het universele karakter van waarheid, aangezien er geen ‘universeel’ formeel systeem bestaat. Verder levert formalisme geen antwoord op de bestaanskwestie.

Keuze

We kiezen formalisme als beginpunt. Dit omdat het als enige idee probleemloos de waarheid van de wiskunde vast stelt. Voor het probleem van formalisme bestaat een oplossing, die deels gebaseerd is op wat we al gezien hebben. Het idee is als volgt: wiskundige structuren kunnen ook voorkomen in de werkelijkheid en worden op deze manier relevant. Als wij dit combineren met het inzicht: “Wiskunde gaat niet om verhaaltjes, maar juist de achterliggende structuur,” kunnen we formalisme relevant maken door het

volgende op te merken: formele systemen beschrijven een structuur. Sommige van deze structuren komen ook voor in de werkelijkheid. Het is zelfs zo dat de werkelijkheid zelf één grote structuur is. Met dit inzicht worden uitspraken over een formeel systeem (in sommige gevallen) uitspraken over de werkelijkheid. Belangrijker nog, hierdoor worden uitspraken over de werkelijkheid verifieerbaar door de achterliggende structuur wiskundig te beschrijven. Ook hebben we een antwoord op de bestaanskwestie. Een wiskundig object bestaat wanneer hij voorkomt als structuur in de werkelijkheid. Hij bestaat niet als object, maar

Structurele definitie van de getallen

Een mogelijke manier om de getallen te definiëren is via de verzamelingsleer. Het grootste deel van het werk is al gedaan in het vakgebied analyse. Wij hebben enkel de rationale getallen nodig met optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. We beginnen met de natuurlijke getallen. hiervoor nemen we de kardinaliteits- (of hoeveelheds-) operator die werkt op een verzameling: $\#$. het idee is dat de kardinaliteit aangeeft hoeveel elementen er in een verzameling zitten. Het probleem is dat we geen mogen getallen gebruiken.

Wat we wel mogen doen, is zeggen wanneer twee verzamelingen dezelfde kardinaliteit hebben (evenveel elementen bevatten). Hier gebruiken we het volgende: Wanneer verzamelingen A en B evenveel elementen hebben, kan je elk element van A naast een element van B leggen, zonder iets uit B alleen te laten of dubbel te gebruiken. Dit levert, vertaald naar wiskundige termen: de verzamelingen A en B hebben de zelfde kardinaliteit dan en slechts dan als er een één op één relatie tussen de elementen van A en B bestaat. Nu definiëren wij de natuurlijke getallen simpelweg als alle (eindige) kardinaliteiten.

Optellen van getallen a en b is nu gewoon de kardinaliteit nemen van de vereniging van twee disjuncte verzamelingen met kar-

als (emergente) eigenschap van een object/objecten. Op basis hiervan komen wij bij ons uiteindelijke idee.

Structuralisme

Het structuralisme stelt dat wiskunde gaat over structuren. Sommige van deze komen voor in de werkelijkheid. De structuren hebben een achterliggend formeel systeem waaruit waarheden betreffende deze structuren afgeleid kunnen worden. Verder bestaat een structuur wanneer hij voorkomt in de werkelijkheid. Een interessante mogelijke gevolg-

dinaliteiten a en b . In wiskundige termen: $\#A + \#B = \#(A \cup B)$.

Vermenigvuldigen wordt gedaan door dezelfde constructie, maar dan met het cartesiaans product X . Dit geeft ons: $\#A \cdot \#B = \#(A \times B)$. $A \times B$ geeft alle koppels met één lid uit A en één lid uit B . Een mooi voorbeeld is een spel kaarten. Neem als verzameling A alle type kaarten (Aas, 1, 2 etc.) en als verzameling B alle kleuren kaarten (schoppen, harten, klaveren en ruiten). Het cartesiaans product van A en B omvat dan een heel spel kaarten. Elke kaart heeft namelijk een type en een kleur. Zo zijn ook de vakken op een schaakbord het cartesiaans product van alle rijen (1 tot 8) en alle lijnen (A tot H).

De gehele getallen krijgen we door de identiteit en de inverse van alle getallen onder optellen, oftewel nul en de negatieve getallen, toe te voegen. Hiervan maken we de rationale getallen door van alle getallen de multiplicatieve inversen (de breuken) toe te voegen. Met andere woorden, we definiëren -4 als het enige 'ding' dat, opgeteld bij 4 nul wordt, en $1/3$ als het enige 'ding' dat vermenigvuldigd met 3 , 1 wordt. Nu hebben we de rationale getallen, het bewijs wordt aan de lezer over gelaten.

trekking is dat elke structuur waar een wiskundige over nadenkt bestaat. Deze structuur komt immers voor in zijn belevingswereld. Dit is waar in zoverre dat de belevingswereld van de wiskundige bestaat.

Als we hierin verder willen, kunnen we de basale wiskunde, zoals bijvoorbeeld het getallenstelsel, definiëren op basis van deze structuren die in de werkelijkheid voorkomen. Een probleem krijgen we dan met oneindige structuren (zoals de natuurlijke getallen). Mocht er namelijk maar een eindig aantal 'objecten' in het universum bestaan, dan is het onmogelijk om daarmee de onbegrensde natuurlijke te getallen definiëren (tenzij we, zo vaak als we willen, machtsverzamelingen mogen maken). Wat we wel kunnen is de achterliggende structuur veralgemeniseren door de begrenzing weg te halen. Wanneer we weer kijken naar de optelstructuur van fruit in dozen leggen, hoeven we enkel de regel: 'er kan niet meer fruit in de doos zitten dan er fruit bestaat' weg te halen en oneindig is mogelijk. Nadeel is wel dat dit een laag abstractie tussen de structuur en de werkelijkheid plaatst. Structuralisme zou dus sterker zijn als er een onbegrensd aantal 'objecten' in de wereld bestaan. Op deze manier gaat de wiskunde niet alleen over de werkelijkheid, ze is er zelfs op gebaseerd.

Conclusie

Na al deze ideeën gezien te hebben, geeft structuralisme het beste antwoord. Wiskunde is waar en relevant omdat het structuren, welke vaak in de werkelijkheid voorkomen, beschrijft. Platonisme loopt spaak omdat het te ver doorschiet in het doel om de wiskunde absoluut te maken. Fictionalisme schiet tekort als een te sterke reactie op het platonisme wanneer het stelt dat wiskundige objecten helemaal niet bestaan. Als laatste strandt het Formalisme als een mooie tussenweg van platonisme en fictionalisme dat te veel relevantie moet opgeven. Er moet wel gezegd worden dat we hier een groot aantal belangrijke details volledig hebben overgeslagen en dat het gebruik van de hiergenoemde namen niet helemaal correct is. Het is dus zeker aan te raden om na aanleiding van dit artikel verder te zoeken •

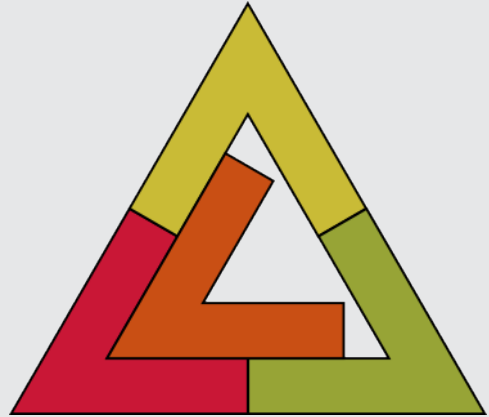
Vorig Breinwerk

Beschrijft het holografisch principe de wereld?

DOOR DE REDACTIE



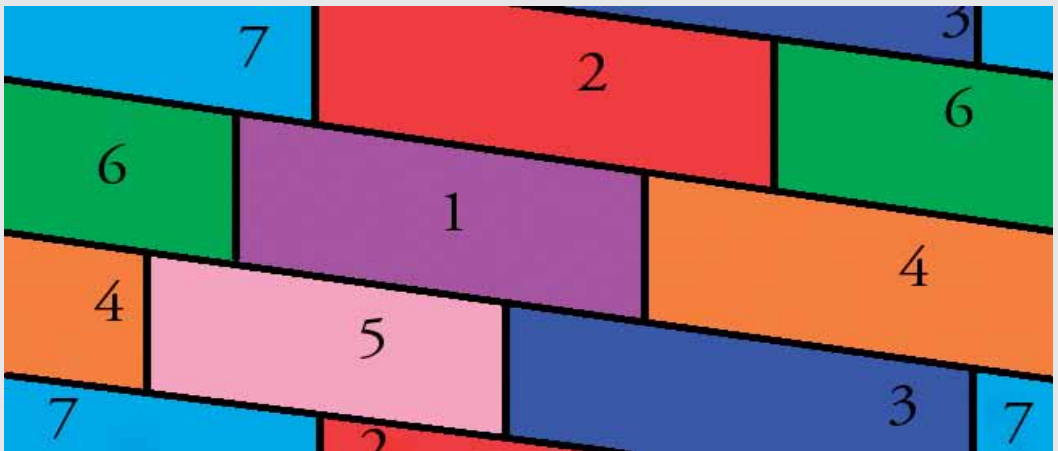
FIGUUR 1 Oplossing als één punt
buren aan elkaar koppelt



FIGUUR 2 De Winnende oplossing

Anneroos Everts wint het vorige breinwerk, haar oplossing is te zien in figuur 2. Zij wint daarom de prachtige wereldkaart op groot formaat! Een eervolle vermelding voor Jan Kazemier is zeker ook terecht omdat hij een

oplossing heeft gevonden op een torus (donut), zie figuur 3. Daarnaast heeft hij ook een oplossing gevonden voor als je toelaat dat 1 punt buren aanelkaar koppelt, zie figuur 1 •



FIGUUR 3 Oplossing op een torus. Om hier een torus van te maken plak je de randen die tegenoverelkaar staan aan elkaar vast.

Nieuw Breinwerk

Meer of minder

DOOR DE REDACTIE

Meer of Minder. De laatste tijd horen we geluiden van een referendum, want in het Verenigd Koninkrijk houden ze er blijkbaar één over “meer of minder Europa”. Wij bèta’s houden ook wel van meer of minder, maar niet van een referendum. Daarom heeft de redactie deze puzzel bedacht zodat we onder één van inzenders van de goede oplossingen het

spel Mathable (scrabble met getallen) verloten. De bedoeling is om alle vakjes zó in te vullen dat aan alle ongelijkheden wordt voldaan. De eerste ongelijkheid betekent dat in 1 horizontaal (1H) minder is dan de som van 7 verticaal (7V) en 15 horizontaal (15H). Stuur je oplossing op voor 29 mei 2013 naar perio@fmf.nl •

Puzzel

Horizontaal (H)

1. Minder dan (7V + 15H)
3. Minder dan (9H + 14V)
5. Meer dan (18H × 9)
7. Minder dan (2V × 12V)
9. Minder dan (16V ÷ 2)
10. Minder dan (9H)
11. Minder dan (7H)
15. Meer dan (1V + 3H)
17. Meer dan (8V × 9)
18. Minder dan (7V - 3H)

Verticaal (V)

1. Meer dan (9H × 9)
2. Meer dan (15H)
3. Minder dan (13V)
4. Minder dan (1V × 2)
6. Minder dan (11H)
7. Minder dan (8V × 2)
8. Minder dan (3V ÷ 9H)
12. Minder dan (13V ÷ 9H)
13. Minder dan (18H)
14. Meer dan (4V)
16. Minder dan (4V ÷ 3)

1		2		3		4
		5	6			
	7				8	
9					10	
	11	12		13		
14		15				16
17				18		

Bakken met Bassie

Crème brûlée uit Frankrijk

DOOR BASTIAN YIP

Moeilijkheid:



Aantal personen:

2

Bereidingstijd:

+/- 20 min voorbereiding

+/- 35 min bakken

+/- 3 uur koelen



Binnen drie kwartier kun je crème brûlée maken. Het gros van de tijd gaat in het afkoelen zitten. Het afkoelen is wel aan te raden voordat je het serveert. Als je crème brûlée dezelfde avond wilt serveren, is het verstandig om het alvast in de middag (of eerder) te maken. Crème brûlée blijft daarnaast een aantal dagen goed in de koelkast. Crème brûlée is een geweldig eenvoudig te maken doch een zeer complex en chique uitziend dessert.

Materiaal

- Ramekins (Crème brûlée kopjes)
- Crème brûlée brander
- Ovenschaal
- Twee kommen
- Sauspan

Ingredienten

- 3 eieren (alleen eigeel)
- 250 ml slagroom (bij voorkeur room met een vetgehalte tussen de 40-45% alhoewel de meeste supermarkten alleen 35% in hun schappen hebben, wat ook prima is.)
- Een halve vanilleboon of een theelepel vanille-extract
- 4 eetlepels suiker
- Een snufje zout
- Basterdsuiker (of gewoon rietsuiker)

Bereiding

- Zet de oven op 150-160 graden, afhankelijk van de oven. Laat ook alvast wat water koken. De hoeveelheid water is afhankelijk van je ovenschaal, deze moet met zoveel water gevuld worden, dat de ramekin voor de helft kan worden ondergedompeld, wat in feite een au bain-marie is.
- Verhit een sauspantje en doe daar de slagroom in. Voeg daar twee eetlepels suiker en een snufje zout aan toe.
- Snijd de vanilleboon doormidden en schraap de zaadjes eruit. Doe vervolgens deze zaadjes in de pan met slagroom (je kunt de boon er ook bij in gooien). Een alternatief voor de vanilleboon is een theelepel vanille-extract.
- Zorg ervoor dat de slagroom niet gaat koken maar wel aardig op temperatuur komt en roer het zo nu en dan.
- Doe het eigeel in een schaal, en voeg daar twee eetlepels suiker aan toe. Om het eigeel van

Achtergrond informatie

De afkomst is niet echt bekend, het zou uit Frankrijk, Engeland of zelfs uit Spanje afkomstig kunnen zijn. Ook al doet de naam vermoeden dat het waarschijnlijk uit Frankrijk komt.

Wel concluderen historici dat het al sinds de middeleeuwen zeer populair is geweest. Tot op de dag van vandaag wordt het nog steeds geserveerd als dessert, zowel in restaurants als thuis.

het eiwit te scheiden kun je het ei geel een aantal keer overgieten tussen de twee helften van de schaal zodat al het eiwit eruit loopt.

- Roer (zonder te kloppen) met een garde het ei geel. Zorg ervoor dat er zo weinig mogelijk lucht door het ei geel komt.
- Wanneer de slagroom warm is, giet dit dan bij het ei geel. Doe dit geportioneerd. Giet er eerst een scheutje slagroom erbij, roer en giet er vervolgens opnieuw wat slagroom bij. Herhaal dit totdat alle slagroom is overgebracht. Ook hier is het belangrijk dat er zo min mogelijk lucht bij het mengsel komt.
- Nadat het geheel is gemengd, giet het dan door een zeef in een maatbeker of een andere schaal. Hierbij verwijder je de grove delen van de vanilleboon.
- Vul de ramekins voor 90% met het mengsel. Indien er bubbels ontstaan aan de bovenkant van de ramekins kun je deze gemakkelijk weg branden met een crème brûlée brander.
- Doe de ramekins in een ovenschaal en vul deze ovenschaal tot de helft van de hoogte van de ramekins met heet water.
- Zet de schaal vervolgens in de oven en laat deze 25 minuten staan.
- Haal hierna de schaal uit de oven. Als het goed is wiebelt de crème brûlée net als pudding.
- Is het nog niet helemaal gestold, laat het dan nog 5 minuten in de oven staan. Als je merkt dat het redelijk gestold is, maar eigenlijk niet langer in de oven kan, laat het dan op het aanrecht afkoelen in het warme waterbad van je ovenschaal. De residuwarmte kookt het nog even door. Wanneer het wel

goed gestold is, haal deze dan direct uit het warme water om zo het kookproces te stoppen.

- Laat het geheel 30 minuten afkoelen op kamertemperatuur.
- Doe de crème brûlée vervolgens in de koelkast en laat deze ten minste drie uur staan.

Serveren

Strooi een laagje basterdsuiker over de crème brûlée, bedek het hele oppervlak egaal.

Karameliseer voorzichtig de suiker met de brander en laat deze nog even afkoelen.

(Voor extra crunch kun je nog een keer een laagje suiker erop sprenkelen en deze weer karameliseren)

Na een aantal minuten is de crème brûlée klaar om geserveerd te worden

Variatietips

Je kunt de crème brûlée garneren met aarbeien of ander fruit dat goed contrasteert met de gele kleur van de crème brûlée. Chocola kan natuurlijk ook, zij het chocoladesaus of chocoladeschaafsel. Dit maakt alles nog oogstrelender •

“Eet smakelijk!”

