

# Francken Vrij



Jaargang 15, editie 3



Symmetrie

CAN YOU  
READ THE  
TEXT ON  
THIS SCREEN

WHILST  
SIMULTANEOUSLY  
LOOKING  
AT THIS ONE

IN ADDITION TO  
KEEPING  
AN EYE ON  
THIS SCREEN

AND WATCHING  
THIS ONE  
AS WELL?

WE ARE SCOUTING FOR **BRILLIANT** MINDS ONLY  
START YOUR CAREER IN **TRADING** → APPLY AT [WWW.OPTIVER.COM](http://WWW.OPTIVER.COM)

# Inhoudsopgave

|                              |           |                                    |
|------------------------------|-----------|------------------------------------|
|                              | <b>4</b>  | Redactioneel en colofon            |
| <i>Van de voorzitter</i>     | <b>5</b>  | Een laatste                        |
|                              | <b>6</b>  | Verenigingsnieuws                  |
|                              | <b>8</b>  | Het nieuwe bestuur                 |
| <i>Onder de loep</i>         | <b>11</b> | De teerling is geworpen            |
| <i>Het leven na Francken</i> | <b>15</b> | Wonen en werken in Seoul           |
| <i>De theoreet</i>           | <b>18</b> | Is de natuur oneindig symmetrisch? |
|                              | <b>24</b> | Puzzel                             |
| <i>In het buitenland</i>     | <b>27</b> | Parijs, Frankrijk                  |
| <i>Exclusief</i>             | <b>30</b> | Symmetrie en schoonheid            |
| <i>Exclusief</i>             | <b>32</b> | Franckeninvariant                  |

## Het nieuwe bestuur

Pagina 8



## De teerling is geworpen

Pagina 11



## Franckeninvariant

Pagina 32



## Colofon

De Francken Vrij is het periodiek verenigingsorgaan van de Technische Fysische Vereniging 'Professor Francken' en wordt verspreid onder haar leden, sponsors en andere geïnteresseerden.

Jaargang: 15, 2010/2011  
Nummer: Juni 2011  
Oplage: 600  
Volgend thema: Weerstand  
Deadline: N.N.B.  
Hoofdredacteur: Arjan Boerma  
Redactie: Wopke Hellinga  
Thijs Huijskes  
Irina Versteeg  
Guus Winter  
Eindredacteur: Jasper Bosch  
Drukkerij: Scholma Druk, Bedum

## Redactie-adres:

T.F.V. 'Professor Francken'  
t.a.v. Francken Vrij  
Nijenborgh 4  
9747 AG Groningen  
Telefoon: 050 363 4978  
E-mail: [franckenvrij@professorfrancken.nl](mailto:franckenvrij@professorfrancken.nl)

## Met dank aan:

prof.dr. J.Th.M. De Hosson, dr. T.A. Nutma, ir. J.J. van den Berg,  
drs. G. Bakker, Jasper Bosch, Marion Dam, Victor Haverkort,  
Thijs Huijskes, Marten Hutten, Edwin de Jong, Maurits de Jong,  
Tobias Van Damme en Irina Versteeg.

## Adverteerders:

ASML, Bosch, Café Karakter, KEMA, Optiver, Schut Geometrische Meettechniek

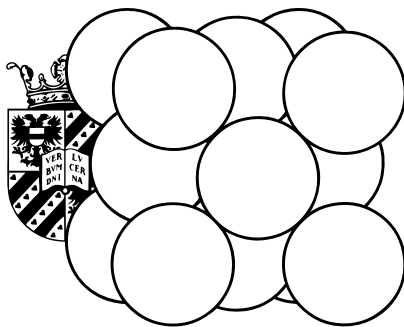
Om te adverteren in de Francken Vrij kunt u contact opnemen met de bedrijvencommissaris van T.F.V. 'Professor Francken', via [bedrijvencommissaris@professorfrancken.nl](mailto:bedrijvencommissaris@professorfrancken.nl)

# Redactioneel

Het redactioneel commentaar in de laatste Francken Vrij van een collegejaar is altijd een beetje dezelfde formaliteit: ik bedank mijn redactie, de scribenten, adverteerders en ieder ander die op enige wijze aan deze jaargang heeft meegeholpen in prachtig proza en uiteindelijk leest niemand het.

Om met die traditie te breken, veronderstel ik dat eenieder wel weet dat zijn of haar bijdrage gewaardeerd wordt en vul ik de rest aan met aanvultekst, zoals zo: sedi beruptat maiori sequisqui ius denis et que nitatem faccum quissen emquam et illorum eatis volupta voluptaque cus, coreproria conecab orioribus.

Us dolorrunt lam sim et qui beaquae solumquis ad mos ducipsunt alicaeprecte lab idit, quost, quae consecusti coresto odit esciist, ilitis eum fugitas adit ipsanda ea sector at a everum velest laute ni con re omnihit, alis digenim poriam velest, sime volupti none plab ipit. Een goede vakantie.



# Van de voorzitter

## Een laatsten

Jasper Bosch



**A**ls er iets is dat ik dit jaar vaak gehoord heb, al dan niet uit mijn eigen mond, is het wel: "Kom op, nog een laatsten bier." Op zulke momenten vaak een uiterst goede en over het algemeen gemakkelijke beslissing, doch de volgende ochtend iets minder prettig.

Zo tegen het einde van mei, het moment waarop ik dit stuk schrijf, zit ons bestuursjaar er bijna op. Er zijn dan momenteel ook een hoop dingen waarvan je er nog een laatsten doet. Een laatste bedrijfsexcursie, een laatste ALV, een laatste constitutieborrel en dan is het alweer tijd om het braspak aan de spreekwoordelijke wilgen te hangen, het minstens zo spreekwoordelijke stokje door te geven en het iets minder spreekwoordelijke stof van de studieboeken te blazen.

Het is een cliché dat waarschijnlijk iedere voorzitter voor mij heeft gebruikt, maar dat weerhoudt mij er uiteraard niet van om het nog maar eens te zeggen: wat gaat zo'n bestuursjaar toch snel. Dat begrip je eigenlijk pas als je het zelf hebt meegemaakt.



Het is een beetje alsof je in een achtbaan zit: in de inwerkperiode word je langzaam omhoog getakeld, bij de overdracht word je losgelaten en begin je steeds meer snelheid te ontwikkelen. Uiteindelijk raas je als een dolle door het jaar heen en voor je er erg in hebt is het voorbij en moet je uit-

stappen. Nog een beetje wankelend, maar vol enthousiasme, verlaat je het wagentje, terwijl je ziet hoe de volgende groep over de baan racet.

Omdat ik nu eenmaal niet alle hoogtepunten van het afgelopen jaar op deze ene pagina kan opnoemen - daarvoor verwijs ik je naar het jaarverslag - wil ik deze gelegenheid graag aangrijpen om alle leden te bedanken voor dit schitterende jaar. Zonder jullie inzet waren we

bijvoorbeeld niet anderhalve week op reis geweest, waren er geen symposia en waren de borrels niet zo gezellig geweest. Verder wil ik onze opvolgers veel succes, maar vooral heel veel plezier wensen met het besturen van onze mooie vereniging.

Boven alles wil ik de rest van mijn bestuur bedanken voor een onvergetelijk jaar. Horen, bedankt!





# Verenigingsnieuws

## Een afspiegeling van verdraaide activiteiten

Marten Hutten

### BBD

22 en 23 maart waren dit jaar de dagen van de Bèta Bedrijvendagen. Om het congres op te leuken was op 22 maart de knapste studente van Nederland uitgenodigd, en 23 maart werd voorgezeten door Harry Pie-kema (van de Albert Heijn-reclames). Met bijna 400 bezoekers over twee dagen was het de best bezochte BBD ooit. Bedrijfs-presentaties van onder andere McKinsey, Teijin en TNO, workshops van onder meer Sogeti en ExxonMobil en bijna vijftig individuele gesprekken hebben hier zeker aan bijgedragen.

### Oefensessies

Voor de eerstejaarsvakken mechanica & relativiteit 2 en calculus 2 zijn er respectievelijk een en twee oefensessies geweest. Vooral de tweede oefensessie calculus 2 was erg populair. De expertise van vele masterstudenten en promovendi zal dan ook ongetwijfeld een heleboel eerstejaars geholpen hebben bij hun tentamens.

### Minisymposium

Ter oriëntatie op het bacheloronderzoek is ook dit jaar een minisymposium over technische natuurkunde georganiseerd. Tijdens dit symposium gaven de technische vakgroepen korte presentaties over het onderzoek waar ze zich mee bezig houden. De dertig aanwezige studenten luisterden

aandachtig en maakten uitgebreid gebruik van de mogelijkheid om vragen te stellen en na te borrelen met de sprekers.

### Buitenlandse excursie

De buitenlandse excursie ging dit jaar naar Praag, Boedapest en Wenen. Met onze groep van 27 man hebben we menig trein en stad onveilig gemaakt, is er goed cultuur gesnoven en zijn er natuurlijk leuke wetenschappelijke uitstapjes gemaakt. Voor een uitgebreid verslag verwijs ik u graag door naar het naverslag, dat binnenkort in de Franckenkamer te bewonderen is.

### Binnenlandse excursies

Naast de buitenlandse excursie zijn er ook nog een tweetal binnenlandse excursies geweest. Zo hebben we een inhousedag van Optiver in Amsterdam gehad, waarbij we eerst een rekentest kregen (waar men overigens wisselend op scoorde), daarna een casestudie in de vorm van een spel en uiteindelijk mochten we ook een kijkje nemen op de handelsvloer. Uiteraard was de pizza achteraf ook een hoogtepunt van de dag.

Samen met de FMF zijn we naar Thales in Hengelo geweest. Op het programma stonden een inleidend praatje in een bioscoopachtige zaal en een rondleiding over het terrein waar alle radarsystemen getest worden. 'Busje 1' heeft de dag helemaal in

stijl afgesloten met een mini-buitenlandse excursie door Duitsland.

### **Borrels en feesten**

Natuurlijk hebben we ook nog een aantal borrels en feestjes georganiseerd. Onder andere het eerstejaarsfeest, volledig georganiseerd door een groep enthousiaste eerstejaars, was een groot succes. Ook de filmavonden 'Zombieland' en 'The invention of lying' waren erg gezellig, en vormden het debuut van de nieuwe beamer. Het FacFeest in de vernieuwde Blauwe Engel bleek een blauwdruk voor een goed feestje. Het thema was 'wat je vroeger later wilde worden' en dit werd op de meest uiteenlopende manieren geïnterpreteerd. De barbecue van het lustrumfeest van Basic was ook erg goed bezocht en tijdens het optreden van de Spotrockers ging het dak van Kaap Hoorn er compleet af.

Overigens ook dank aan de Foxxie voor de organisatie van het jaarlijkse paasontbijt. Dit jaar iets verlaat vanwege de buisie, maar nog steeds goed bezocht. Er liepen de hele ochtend mensen in en uit de Franckenkamer voor een gebakken eitje of een glaasje jus d'orange.

### **Vakantie**

Rest mij nog iedereen een fijne zomervakantie toe te wensen. Succes met tentamens en eventuele herkansingen; wij hopen iedereen weer terug te zien in het nieuwe collegejaar!





# Het nieuwe bestuur

Vooruit: **supermooi met de geit!**

Edwin, Maurits, Marion en Tobias

**H**allo, mijn naam is Edwin. De afgelopen jaren heb ik een flink aantal activiteiten van Francken aangedaan, duizenden foto's gemaakt, gefungeerd als invalfries en hier en daar nog wat random dingen georganiseerd. Om dat rijtje af te maken dacht ik: bestuur, dat lijkt me wel wat. Zodoende heb ik een poging gewaagd tot solliciteren en ben ik zowaar kandidaat-voorzitter der T.F.V. 'Professor Francken'. Kneiters.

Mijn gemiddelde dag is heerlijk standaard. Beetje studeren, beetje gamen, beetje chillen en 's avonds lekker films en series kijken en borrelen (herhaal vaak). Combineer dat met nog een klein beetje muziek en mijn beschrijving is aardig compleet. Mijn studie begon in 2007 en ik heb het afgelopen jaar mijn bachelor afgerond. Of ik nu masterstudent ben, geen flauw idee; DUO wil het in ieder geval niet bevestigen. Wat ik wel weet is dat de studie een jaar op een laag pitje gezet wordt, want ik ga mijn best doen er samen met mijn drie geweldige bestuursgenoten een geweldig jaar van te maken.



**I**k ben Maurits de Jong. Aangezien ik opval door frequent en met regelmaat te struikelen over mijn eigen voeten, of mijn eigen koffie erover gooi, etc. weten de meesten wel wie ik ben. Dit jaar hoop ik mijn bachelor te halen, waarna ik volgend jaar, naast het bestuur, een begin kan gaan maken met mijn master technische natuurkunde. Naast dat ik veel tijd doorbreng op de Franckenkamer, vermaak ik mij in mijn vrije tijd met sporten, lezen en rondhangen met vrienden.

Op het moment van schrijven ben ik kandidaat-secretaris van het 27<sup>e</sup> bestuur der T.F.V. 'Professor Francken' en hoop ik volgend jaar de taken van Marten over te nemen. Afgelopen jaar ben ik begonnen als actief lid door het Franckensymposium te organiseren, waarna ik over twee weken de overstap maak naar het bestuur. Ondanks het gebrek aan ervaring, zal ik mijn beste beentje voor zetten om, samen met mijn bestuursgenoten, Francken weer een fantastisch jaar te bezorgen.





**V**ooruit, laat ik beginnen met een standaard openingzin: hoi, ik ben Marion Dam. Ik kom uit het bruisende Drentse Odoorn en woon sinds twee jaar gelukkig in Groningen. Net zoveel jaar studeer ik wiskunde. Ik hoop dat mijn voorliefde voor getallen mij een goede opvolger van Sjoerd maakt. Voor het eerst sinds lange tijd is de pinpas weer in handen van een vrouw, maar vrees niet: het gat in mijn hand is niet heel groot.

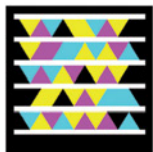
Ik heb de afgelopen jaren veel moois gezien bij Francken: mooie symposia, gave activiteiten, gezellige borrels en natuurlijk de geweldige buixie dit jaar. Ik kan me dan ook geen betere vereniging bedenken om bestuur van te willen doen en hoop dat het volgend jaar minstens zo fantastisch wordt als de afgelopen jaren. Ik wil echter niet teveel op de zaken vooruit lopen. Ik kan in ieder geval wel zeggen: ik ben blij om deel uit te mogen maken van het 27<sup>e</sup> bestuur. Met Edwin, Tobias en Maurits naast me zie ik het wel goed komen.



**I**n de Franckenkamer kennen velen mij als de Belg, Toby of gewoon Tobias. Op het moment van schrijven ben ik de kandidaat-opvolger van Hilbert als bedrijvencommissaris van T.F.V. 'Professor Francken'.

Als vierdejaarsstudent technische natuurkunde ga ik eind juni mijn bachelor halen. Voordat ik aan mijn master ga beginnen, heb ik besloten om een jaar te besturen bij deze prachtige vereniging. In mijn vier jaar aan deze universiteit ben ik ondertussen een vaste gast van de Franckenkamer. Ik doe graag mee aan de gezellige momenten en als wederdienst heb ik mij voor de vereniging ingezet als voorzitter van de buixie 2011 en als bedrijvencommissaris van het ingenieurssymposium. Dit heeft mij de nodige ervaring bezorgd die ik voor een bestuursjaar zeker kan gebruiken. Hetgeen ik op dit moment met zekerheid kan zeggen, is dat ik er heel veel zin in heb en dat ik er trots op ben om lid te mogen worden van het 27<sup>e</sup> bestuur der T.F.V. 'Professor Francken'.





**Timo Totté (25)**

Product Engineer - Bosch Transmission Technology



**BOSCH**

Technologie voor het leven

## “Veel ruimte voor persoonlijke ontwikkeling”

Tijdens mijn studie HTS Werktuigbouwkunde voelde ik me al aangetrokken tot de automotive sector. Nadat ik me verdiepte in het bedrijf en de competenties was ik erop gebrand om hier en nergens anders aan de slag te gaan. Met circa 130 locaties in 25 landen is Bosch de belangrijkste automobielleverancier ter wereld. Dat is wel iets om trots op te zijn.

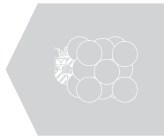
Als Product Engineer kan ik mijn hart ophalen aan de ontwikkeling van nieuwe transmissie-concepten en het uitbouwen van dat succes. Bosch geeft je veel ruimte voor persoonlijke ontwikkeling. Voor elk wat wils, dat is de kracht van Bosch. Realiseer jouw ambities.

Kijk op **[www.bosch.nl](http://www.bosch.nl)** of scan de tag.

# Onder de loep

## De teerling is geworpen

prof.dr. J.Th.M. De Hosson



**D**e titel van dit verhaaltje is een vertaling van *alea iacta est* en betekent in overdrachtelijke zin dat de kogel door de kerk is; de beslissing is gevallen. De woorden worden toegedicht aan Caesar toen hij met zijn leger vanuit het noorden de Rubicon, de grensrivier tussen Gallia Cisalpina en de gedemilitariseerde zone in Italië, overstak. NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek) heeft tegenwoordig ook een Rubiconprogramma dat recent gepromoveerde wetenschappers de mogelijkheid biedt ervaring op te doen aan een buitenlands topinstituut. Men had wellicht een wat minder dramatische titel moeten bedenken voor dit fraaie initiatief, want het overschrijden van de Rubicon in zuidwaartse richting ontketende in de klassieke oudheid immers een bloedige burgeroorlog.

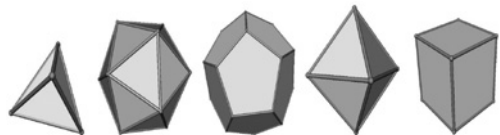
De Romeinse wet gebod dat iedere veldheer zijn legioen voor hij de Rubicon overstak moest ontbinden en Caesars stap hield een oorlogsverklaring aan de Senaat in. Hij kon niet meer terug, het lot was beslist zoals bij een gokker die de dobbelsteen heeft gegooit. Een teerling is een dobbelsteen en de uitdrukking is afgeleid uit het Grieks, waarin zelfs het woord kubus te ontdekken is in 'Ἀνερίφθω κύβος'. Boze tongen beweren dat Caesar het sein voor de oversteek in het Grieks heeft geroepen. Voor

de fijnproevers: ons aller Desiderius Erasmus Roterodamus gebruikte *alea iacta sit* wat een tikje anders is (let op het conjunctief). Een teerling, dobbelsteen of kubus is toch een prachtig staaltje van symmetrie, het thema van deze Francken Vrij.

### Symmetrie

Een kubus behoort zelfs tot een van de vijf platonische lichamen en heeft 24 puntgroepsymmetrie-elementen, dat wil zeggen 24 operaties die de kubus invariant laten: behalve de eenheidsoperatie, acht drietalige, negen tweetallige en zes viertallige rotaties, waarbij een  $n$ -tallige rotatie de kubus invariant laat onder een  $2\pi/n$ -rotatie. Iets bijzonders dus. Plato zat er eigenlijk mee in zijn maag, want drie van zijn andere Platonische lichamen (tetraëder, octaëder, en icoesaëder) konden herleid worden tot dezelfde gelijkzijdige driehoek (Figuur 1). Zij stelden vuur, lucht en water voor, want die konden immers onderling in elkaar overgezet worden met de gelijkzijdige driehoek als bouwsteen. Eigenlijk hoort de kubus niet in het rijtje thuis (de dodecaëder evenmin) en stelt daarom aarde voor.

Figuur 1. De vijf platonische figuren.



Maar wat betekenen invariantie en gelijk blijven onder symmetrieoperaties? Bij de universiteit van Göttingen, één van de zusteruniversiteiten van de RUG, liggen twee heuvels die *die Gleichen* worden genoemd (Figuur 2) omdat ze op elkaar zouden lijken. Volgens de overlevering placht de grote wiskundige Hilbert (jazeke, die van de Hilbertruimte met zijn fascinerende wiskunde over het omsluiten van oneindige ruimtes in lagere dimensies door eindige ruimtes in hogere dimensies) zijn studenten te ondervragen waarom de twee heuvels *Die Gleichen* werden genoemd. Antwoorden als "ze lijken op elkaar" of "de heuvels hebben gelijke hoogte" bevredigden hem maar matig, want hij hield van exacte definities. Het antwoord gaf hij tenslotte maar zelf: "Omdat zij op gelijke afstand van elkaar liggen!" Maar is gelijke afstand wel onafhankelijk van de afmetingen en de dimensie?

Symmetrie en symmetrieoperaties spelen een belangrijke rol in de natuurkunde en

natuurkundige waarnemingen. We hebben als lekkermakertje zelfs een apart college *symmetry in physics* in de natuurkunde-opleiding voor dit onderwerp gereserveerd. De speciale relativiteitsleer probeert verschillende symmetrische relaties in het vierdimensionale ruimte-tijdcontinuüm te handhaven en de wereld van de elementaire deeltjes laat een tsunami aan symmetrierelaties zien. Paul Dirac voorspelde antideeltjes en we babbelen tegenwoordig lustig (alsof we het begrepen hebben) over antimaterie. Alles schijnt zijn eigen spiegelbeeld te hebben. Invariantie bij ruimtelijke omkering impliceert het behoud van linksomdraaiend of rechtoomdraaiend (behoud van schroeforiëntatie). Bewegingswetten en Maxwellvergelijkingen gelden nog steeds als je heden en verleden verwisselt en de tijd omkeert. De bewegingsrichting verandert wel, maar niet de bewegingswet. Je kunt je afvragen of we van al die symmetrierelaties wel zoveel leren, want als je om je heen kijkt in de grottemensenwereld is volmaakte symmetrie volstrekt onbekend en (bijna) volledig afwezig.

Figuur 2. Kopergravure van Matthaus Merian (1650). In het midden de Alte Gleichen en rechts de Neue Gleichen.



Levende wezens zoals Franckenleden en andere vormen van studentikoos gedrag kenmerken zich door asymmetrie, niet door symmetrie en dat is maar goed ook. In de biologische wereld zijn zowel voorbeelden te vinden waar de asymmetrie het heeft gewonnen (er bestaan bijvoorbeeld geen twee chiraliteiten in de eiwitmoleculen, maar alleen linksdraaiende) als waar de symmetrie heeft gezegevierd (bijvoorbeeld hemoglobine, vier molecuulketens met drie loodrecht op elkaar staande symmetrieassen). Het is niet zo gemakkelijk te begrijpen waarom beide verschijningsvormen van symmetrie en asymmetrie nog steeds bestaan. Uiteraard zal alleen die variant het winnen – het lijkt op een verkiezingsstrijd – die in ieder geval een voordeel oplevert in Gibbs-energie.

Je zou geneigd zijn te denken dat alles asymmetrisch wordt omdat er nu eenmaal meer mogelijkheden zijn om asymmetrische moleculen asymmetrisch aan elkaar te knopen. De kans dat er iets symmetrisch wordt gegenereerd is dan toch wel bijzonder klein. Mijn vermoeden is dat bestaande symmetrische structuren op deze aardkluit het alleen (misschien wel voorlopig?) gewonnen hebben omdat de energiewinst van symmetrie zich eveneens vertaald heeft in een veel grotere groeisnelheid. De symmetrie heeft het gered omdat die nu eenmaal sneller uitgegroeid was tot een groter geheel dan de asymmetrische variant. We zouden voorzichtigjes kunnen concluderen dat de symmetrische vormen worden bepaald door de kinetiek en de asymmetrie blijft louter over door eerlijk te blijven dobbelen. Of is dobbelen niet eerlijk?



*Figuur 3. De som van het aantal punten op tegenover elkaar gelegen zijvlakken is constant. Het zwaartepunt ligt niet precies in het centrum van een dobbelsteen.*

### **Gott würfelt nicht**

Een beroemde uitspraak van Albert Einstein is "Gott würfelt nicht" en de dobbelsteen slaat op een gedachte, die geponeerd wordt in de kwantummechanica, dat een aantal natuurkundige grootheden tot op zekere hoogte onbepaald is. Einstein bedoelde met zijn uitspraak dat het gedrag vanuit de (kwantum)mechanica volkomen eenduidig bepaald moet zijn, maar tegenwoordig overheerst de mening dat Einstein zich even vergiste.

Over dobbelen bestaan sowieso onder natuurkundigen allerlei verschillende meningen. Bij een 'eerlijke dobbelsteen' zouden alle zes uitkomsten gelijke kansen hebben. De symmetrie van de dobbelsteen speelt hierbij een duidelijke rol (natuurlijk weten we wel dat door de ongelijke punten op ieder zijvlak van de kubus ook het zwaartepunt niet precies in het midden zit). Het idee is dat tijdens de val van de dobbelsteen de verschillende vlakken elkaar snel opvolgen en wel zo dat ieder vlak eenzelfde van de tijd boven ligt en eenzelfde keer in alle

Tegenwoordig overheerst de mening dat Einstein zich even vergiste.

worpen. Dat lijkt allemaal erg betrouwbaar. Edoch, je zou alleen kunnen verwachten dat gemiddeld over heel veel worpen gedurende eenzesde van de tijd een bepaald zijvlak boven ligt, maar dat is natuurlijk niet hetzelfde als één bepaald zijvlak in eenzesde van alle worpen. Het blijft dus raadselachtig

waarom we denken dat met een enkele worp het er wel zo fair aan toe gaat. Sinds de klassieke oudheid wordt er al gedobbeld in de overtuiging dat het een eerlijk en eenvoudig kansspel is; blijkbaar had men

nog geen kaas gegeten van de statistische fysica.

Er is nog een andere manier om de symmetrie van dit 'eerlijke' gedobbel te breken en dat is om systematisch een bepaalde begintoestand te introduceren, bijvoorbeeld door de dobbelsteen telkens vanuit dezelfde uitgangspositie en uitgangsconfiguratie te werpen. Neem bij voorkeur altijd twee specifieke vlakken (de som van tegenover elkaar liggende vlakken is normaliter het getal zeven) tussen je duim en wijsvinger en gooi altijd met dezelfde flair en met halfdichtgeknepen ogen. De begintoestand heeft daarmee invloed op de uitkomst en het 'gelijk blijven van de kansen', zoals we zouden verwachten bij dobbelen, is vrijwel uitgesloten. Eerlijk dobbelen bestaat dus niet.

De uitspraak *de teerling is geworpen*, het lot heeft beslist zoals bij een gokker die de

dobbelsteen heeft gegooid, is na deze analyse uitermate discutabel geworden. *Gott würfelt nicht* kunnen we wel doorstrepen vanwege de invloed van onbekende begincondities en Caesar klinkt nogal wanhopig met zijn *alea iacta est*. Misschien is een combinatie van Einstein en Caesar *Gott segne den Griff* als Hollandisme in het Duits te gebruiken. Succes!



#### Referenties

M. Eigen & R. Winkler: *Das Spiel. Naturgesetze steuern den Zufall*. Piper, München (1975).  
F. Takens, N. van Kampen et al. *Commentaar op Waanwetenschap*. Epsilon, Utrecht (2003).



# Het leven na Francken

## Werken en wonen in Seoul

drs. G. Bakker



**G**isteren hebben we de knoop doorgehakt. Op één oktober gaat het contract in en zullen Meyke en ik voor de duur van een jaar in Seoul gaan wonen. Bij ASML Korea gaat het team flink uitbreiden en de huidige manager heeft niet genoeg geschikte mensen om die allemaal aan te sturen. "Misschien is dat iets voor jou, Gerbert?", suggereerde m'n afdelingshoofd toen ik eens informeerde naar de mogelijkheden om voor ASML uitgezonden te worden.

Klinkt goed. Samsung is onze grootste klant. Al onze nieuwste hightech vondsten gaan als eerste daar heen, de dynamiek is ongekend, de belangen groot. En dan in Korea, een land dat niet slaapt, zo'n andere cultuur, dat moet een mooi avontuur worden!

Het is sowieso iets wat Meyke en ik al heel lang wilden: samen naar het buitenland. Nu zij haar doctorstitel binnen heeft, zijn we vrij om te gaan wonen en werken in Seoul. Aan ons appartementje in Eindhoven zijn we toch niet erg gehecht.

Aan het samenwonen daarentegen inmiddels wel. Tot een jaar geleden was samenwonen nog een mooie belofte. Meyke promoveerde in Enschede, ik werkte eerst in Zeeland voor Accenture en daarna in Veldhoven bij ASML (inmiddels alweer vier jaar). Ook al is tweeënhalf uur rijden een enorme verbetering ten opzichte van de drieënhalf uur naar Vlissingen, je blijft er



### Wie is Gerbert?

*Gerbert was in 2004–2005 voorzitter van Francken. Na zijn afstuderen is hij werkzaam geweest bij Accenture als analyst. In 2007 is hij bij ASML in Veldhoven begonnen als application engineer.*

een weekendrelatie door houden. Werk doordeweeks, in het weekend reizen in het teken van elkaar. Samenwonen geeft erg veel rust kan ik je vertellen.

Maar vanuit die rust kun je ook alles weer overhoop halen! Door je inboedel in de opslag te gooien en te gaan wonen in het land van gefermenteerde kool (*kimchi*), uitsluitend zwarte en witte auto's, kinder-attractieparken met een schietbaan en de ongebreidelde werklust!

Niet dat ik me momenteel loop te vervelen. De NXT is de lithografiemachine die op dit moment bij ons het meeste omzet genereert. Sinds begin dit jaar ben ik verantwoordelijk voor het project binnen *customer support* dat klanten moet helpen zoveel mogelijk een goed product te maken.







*Bekenden van Francken zijn nu  
mijn collega's en bekenden van  
Francken zijn mijn beste vrienden.*

Waar ik eerst klanten technisch inhoudelijk adviseerde over het gebruik van onze machine vanuit m'n specifieke expertise, stuur ik nu een team aan dat dat op alle vlakken moet kunnen. En daarmee krijg je opeens met een volgend niveau aan managers te maken tegenover wie je je moet gaan bewijzen. Laten we zeggen dat ik nog een hoop ga leren de komende tijd!

In een notendop is dit m'n leven na Francken. Al klinkt dat een beetje raar, want Francken is door de jaren nooit ver weg geweest. Nog steeds zie ik veel van de mensen die ik heb leren kennen bij Fran-

cken regelmatig. Menig bestuursweekend ben ik nog van de partij geweest en alumniactiviteiten mag ik altijd graag bezoeken. Bekenden van Francken zijn nu mijn collega's en bekenden van Francken zijn mijn beste vrienden. Dát heb ik toch allemaal aan Francken te danken.



# Morgen kunnen we 10-nm-chips maken. Vandaag mag jij bedenken hoe.

Bij de chipproductie werd tot nog toe Deep UV-licht gebruikt (193 nm). Om kleinere chips mogelijk te maken, werkt ASML nu aan de toepassing van Extreem UV-licht (13.5 nm).

In het vacuüm zijn vluchtige koolwaterstofmoleculen aanwezig. EUV-fotonen slaan deze organische moleculen uiteen.

Door het neerslaan van vrije koolstof-atomen (0.5 nm) op de spiegels in het vacuüm-systeem wordt de reflectie verminderd.

Een systeem van magnetisch gestuurde spiegels in een vacuüm 'kneedt' het EUV tot een constante bundel, sterk genoeg om het silicium te belichten, voor de chipproductie van 10-nm-structuren.

ASML zoekt naar oplossingen om het spiegelsysteem schoon te houden. Schoonvegen behoort niet tot de mogelijkheden.

## Voor engineers die vooruitdenken

Profiel: Wereldwijd marktleider in chip-lithografiesystemen | Marktaandeel: 65% | R&D-budget: 500 miljoen euro | Kansen voor: Fysici, Chemici, Software Engineers, Elektrotechnici, Mechatronici en Werktuigbouwkundigen | Ontdek: [ASML.com/careers](http://ASML.com/careers)



**ASML**

# De theoreet

## Is de natuur oneindig symmetrisch?

dr. T.A. Nutma

**Z**onder dat we het wellicht doorhebben, speelt symmetrie een belangrijke rol in ons bestaan. In het dagelijks leven gebruiken we vele vormen van symmetrie: van simpele ronde banden op onze fiets, tot ingewikkelde foutcorrectieprotocollen op internet. Op een dieper niveau worden de natuurwetten door symmetrie beschreven, zowel op de allerkleinste als de allergrootste schaal. In een poging deze schalen samen te beschrijven, duikt een onverwachte symmetrie op: een oneindige.

### Wie is Teake?

*Teake Nutma studeerde theoretische natuurkunde aan de Rijksuniversiteit Groningen. Daar verrichte hij ook zijn promotieonderzoek bij Eric Bergshoeff, en behaalde in september 2010 de doctorstitel voor het proefschrift Kac-Moody symmetries and gauged supergravity, dat natuurlijk ook in de Franckenkamer in de boekenkast staat. Momenteel is hij werkzaam als post-doc bij het Albert Einstein Instituut in Potsdam.*

*Dit artikel verscheen eerder in het Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde en leverde Teake tijdens Fysica 2011 de derde prijs op in de PhD-artikelwedstrijd van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging.*



De natuurwetten van de subatomaire deeltjes worden beschreven in het zogenaamde standaardmodel. Deze theorie beslaat alle elementaire deeltjes en de manier waarop ze interactie met elkaar hebben: via de sterke en de zwakke kernkracht, en het elektromagnetisme. De vierde kracht, de zwaartekracht, zit niet in het standaardmodel, maar wordt apart beschreven in de algemene relativiteitstheorie van Einstein. Voor beide theorieën geldt dat ze tot op zekere hoogte bepaald zijn door symmetrie. Zo leidde Einstein zijn algemene relativiteitstheorie af door te veronderstellen dat de wetten van de natuur hetzelfde zijn voor alle waarnemers, ongeacht of ze nou rechtop staan of ondersteboven hangen, stilstaan of juist versnellen, en een van de grondslagen van het standaardmodel is dat de subatomaire deeltjes onderling verbonden zijn door een symmetrie met de wiskundige naam  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ .

### Symmetrie in de natuurkunde

Wat houdt symmetrie in de natuurkunde precies in? Een goed voorbeeld om mee te beginnen is tijdsinversie, het omkeren van de tijdsrichting. Een theorie beschikt over deze symmetrie als hij er niet door verandert. In Figuur 1 gooit persoon 1 een bal naar persoon 2, een proces dat beschreven kan worden met de wetten van Newton. Als we de tijd omdraaien, veranderen we



*De aandacht die de lezer  
heeft voor inhoud is ongeveer  
omgekeerd evenredig met  
het aantal mooie plaatjes.*







Figuur 1. Tijdsinversie als symmetrie in de Newtoniaanse mechanica. Persoon 1 gooit een bal naar persoon 2 (a), of omgekeerd als we de tijd omdraaien (b). Beide processen zijn toegestaan.

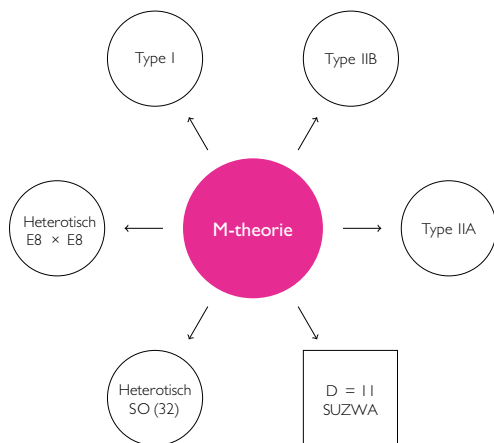
het proces: het is nu persoon 2 die een bal gooit naar persoon 1. Aangezien het omgekeerde proces ook is toegestaan in de Newtoniaanse mechanica, kunnen we stellen dat tijdsinversie een symmetrie is. Niet alle processen beschikken over deze symmetrie. Het kapot laten vallen van een theekopje kan bijvoorbeeld niet omgekeerd worden. Dit komt doordat de entropie – de mate van wanorde – bij elk statistisch proces toeneemt. In de statische mechanica is tijdsinversie dan ook geen symmetrie.

Als er wel sprake is van een symmetrie, dan bepaalt deze voor een deel de structuur van een theorie. Hoe meer symmetrie er is, des te minder ruimte er is om dingen te veranderen zonder de symmetrie te breken. Zo liggen het standaardmodel en de algemene relativiteitstheorie in grote mate vast door hun symmetrieën.

Het is juist dit principe dat kan worden gebruikt om de twee samen te beschrijven. Tot op heden is het namelijk nog niet gelukt om de algemene relativiteitstheorie en het standaardmodel te combineren. Deze gecombineerde theorie zou idealiter alle vier krachten in de natuur unificeren; ze samenbrengen onder één noemer.

### Snaartheorie en M-theorie

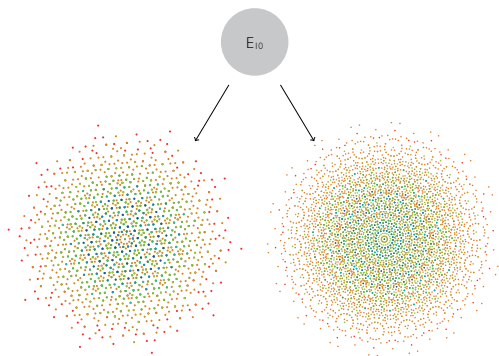
Een van de meest veelbelovende kandidaten voor unificatie is de snaartheorie. Het uitgangspunt van de snaartheorie is om de puntdeeltjes van het standaardmodel te



Figuur 2. De vijf snaartheorieën als limieten van M-theorie. De limieten zijn bekend, in tegenstelling tot M-theorie zelf. De superzwaartekracht (SUZWA) is een lage energielimiet, de overige zijn limieten van 11 naar 10 dimensies.

vervangen door eendimensionale objecten, de zogenaamde snaren. Het idee is dat alle bekende elementaire deeltjes overeen komen met verschillende vibraties van de snaren. De kracht van de snaartheorie is dat een van deze vibraties het zwaartekrachtsdeeltje is. De zwaartekracht komt dus op natuurlijke wijze voort uit de snaartheorie. Men zou misschien verwachten dat er slechts één enkele unieke theorie is die alle vier krachten van de natuur tegelijk beschrijft. Helaas zijn er maar liefst vijf verschillende versies van de snaartheorie. Ze hebben allemaal een zekere mate van supersymmetrie (een symmetrie tussen krachtdeeltjes en materie), en 'leven' allemaal in tien ruimtetijd-dimensies. Dit was een domper voor de snaartheorie, totdat de ontdekking werd gedaan dat de vijf verschillende versies onderling verbonden zijn<sup>1</sup>. Deze onderlinge verbindingen worden ook wel dualiteitssymmetrieën genoemd.

Daarnaast werd het vermoeden geopperd dat de vijf snaartheorieën een gemeenschappelijke oorsprong hebben<sup>2</sup>. Deze oorsprong zou een tot nu toe onbekende theorie zijn in elf dimensies, één dimensie hoger. Omdat er vrij weinig over deze theorie bekend is, wordt hij voorlopig 'M-theorie' genoemd. De M heeft opzettelijk geen betekenis en is voor meerdere interpretaties vatbaar, zoals 'matrix', 'membraan', of 'mysterie'. Een van de weinige dingen die we wel weten is de beschrijving van M-theorie bij lage energieën. Dit is namelijk de unieke su-



Figuur 5.  $E_{10}$  opgehaakt in stukjes die overeenkomen met verschillende snaartheorieën.

persymmetrische variant van de algemene relativiteitstheorie (superzwaartekracht) in elf dimensies. In dat aantal dimensies is supersymmetrie zo restrictief, dat er slechts één enkele superzwaartekrachtstheorie mogelijk is.

Net als de theorie zelf zijn de mogelijke symmetrieën van M-theorie een raadsel, maar als ze bekend zouden zijn, dan zouden ze kunnen helpen in de zoektocht naar een duidelijke omschrijving van M-theorie. Een van de eisen is dat ze op zijn minst de dualiteitssymmetrie tussen de vijf verschillende snaartheorieën moeten bevatten. Een andere aanwijzing komt van superzwaartekracht, die in de buurt van zwarte gaten een oneindige symmetrie laat zien<sup>3</sup>.

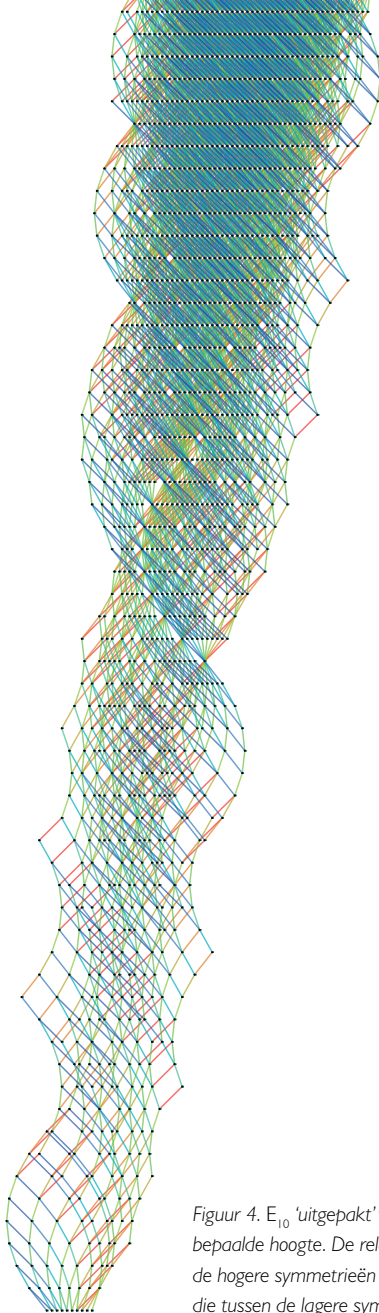
### **$E_{10}$ -symmetrie**

Deze oneindige symmetrie wordt  $E_{10}$  genoemd, en valt wiskundig gezien onder het kopje 'hyperbolische Kac-Moody-algebras'.

1: C. M. Hull & P. K. Townsend, "Unity of superstring dualities". *Nucl. Phys. B* **438** 109–137 (1995)

2: P. Horava & E. Witten, "Heterotic and type I string dynamics from eleven dimensions". *Nucl. Phys. B* **460** 506–524 (1996)

3: T. Damour, M. Henneaux & H. Nicolai, " $E_{10}$  and a 'small tension expansion' of M Theory". *Phys. Rev. Lett.* **89** (22) 221601.1–4.



Figuur 4.  $E_{10}$  'uitgepakt' tot een bepaalde hoogte. De relaties tussen de hogere symmetrieën volgen uit die tussen de lagere symmetrieën.



Figuur 3. De blauwdruk van  $E_{10}$  bevat alleen de relaties (de gekleurde lijnen) tussen de laagste 10 symmetrieën (de zwarte punten).

Het is een bijzondere symmetrie, omdat het in die categorie de grootst mogelijke is. Hij is zelfs zo groot, dat we eigenlijk niet weten hoe  $E_{10}$  er precies uitziet. Wat we wel weten, is hoe we het vanaf de grond af aan op moeten bouwen. De bouwtekening is namelijk heel simpel: een  $10 \times 10$ -matrix (vandaar  $E_{10}$ ). Deze matrix bevat de relaties tussen de 'laagste' symmetrieën in  $E_{10}$ . De relaties tussen de hoger gelegen symmetrieën in  $E_{10}$  kunnen recursief worden afgeleid uit de lagere symmetrieën (zie Figuur 3 en 4). Dit proces is enigszins gelijk aan het uitpakken van een zip-bestand op de computer. De matrix is het ingepakte bestand, en de volledige  $E_{10}$ -structuur het uitgepakte bestand. De vergelijking loopt alleen wel scheef doordat  $E_{10}$  daadwerkelijk oneindig is en op geen enkele harde schijf zou passen, terwijl de beginmatrix ruim genoeg heeft aan een enkele kilobyte.

Alhoewel het goed begrepen wordt hoe het 'uitpakken' van  $E_{10}$  in zijn werk gaat, is de procedure omslachtig en in de praktijk niet tot in het oneindige door te voeren. Bovendien geeft het weinig inzicht in de volledige structuur van  $E_{10}$ , die tot op heden dan ook in nevelen gehuld is. Het beste dat we op dit moment kunnen doen is een klein deel van het oneindige object construeren, en dat vervolgens in stukjes hakken die we wel begrijpen. Je kunt dit ongeveer vergelijken



met hoe je een vierdimensionale hyperkubus kan beschrijven in termen van driedimensionale kubussen, net zoals je de kubus op zijn beurt kan beschrijven met een aantal vierkanten.  $E_{10}$  kan vele op verschillende manieren in stukjes worden gehakt, maar het interessantst zijn de gevallen waarin de resulterende stukjes overeenkomen met structuren die ook voorkomen in de vijf verschillende snaartheorieën (zie Figuur 5). Hieruit blijkt dat  $E_{10}$  de dualiteitssymmetrieën bevat die de snaartheorieën aan elkaar knopen.

### Is de natuur oneindig symmetrisch?

Dat  $E_{10}$  de dualiteitssymmetrieën bevat is een belangrijke voorwaarde om de symmetrie van M-theorie te zijn. Toch zijn er ook veel vragen die we op dit moment niet kunnen beantwoorden. Zo bevat  $E_{10}$  oneindig veel symmetrie, maar slechts een klein deel hiervan correspondeert met symmetrieën zoals we die kennen uit de snaartheorie. Hoe kunnen we de rest van de symmetrieën interpreteren? Kunnen we een theorie opschrijven die de volledige  $E_{10}$ -structuur als symmetrie heeft, en die ook nog eens de natuur beschrijft? Kunnen we überhaupt de volledige  $E_{10}$ -structuur begrijpen?

Kortom, het blijft tot op heden dus maar zeer de vraag of  $E_{10}$  daadwerkelijk in de natuur voorkomt. Wel biedt  $E_{10}$  ons een kleine, maar fascinerende ingang naar de M-theorie. En wie weet, misschien zelfs naar een theorie die de vier krachten samen beschrijft.



### Symmetrieën en groepen

*Wiskundig gezien kan symmetrie geformuleerd worden als een actie op een object waarna het object onveranderd is. Dit klinkt een beetje abstract, maar als we als object de gelijkbenige driehoek nemen wordt het misschien wat duidelijker. De gelijkbenige driehoek heeft niet minder dan zes verschillende symmetrieën, namelijk twee rotaties over 120 en 240 graden, drie reflecties in de verschillende hoogtelijnen, en tenslotte de actie die niets doet (de zogenaamde identiteit). De laatste actie is een wellicht een beetje flauw. Waarom zou je de identiteit meenemen? Het antwoord is dat de overige acties samen met de identiteit een mooie wiskundige structuur vormen: die van een groep. Een van eigenschappen van een groep is dat de combinatie van twee acties altijd een derde oplevert. Met de identiteit erbij klopt het precies. Een rotatie over 120 graden gevolgd door een rotatie over 240 graden geeft namelijk een rotatie over 360 graden, wat gelijk staat aan de identiteit.*

*De cirkel is een ander voorbeeld van een object dat symmetrisch is. In tegenstelling tot de driehoek blijft de cirkel hetzelfde onder rotatie over welke hoek dan ook. Dit betekent dat de cirkel een oneindige hoeveelheid symmetrie heeft. Net als bij de driehoek is het wiskundig object dat deze symmetrieën beschrijft nog steeds een groep, maar waar er bij de driehoek gaten tussen de rotaties zaten (bijvoorbeeld tussen 120 en 240 graden), is dat bij de cirkel niet meer het geval. De symmetriegroep van de driehoek is discreet, en die van de cirkel continu. De dimensie van continue groepen (ook wel Lie-groepen genaamd) wordt gegeven door de hoeveelheid parameters die je nodig hebt om al de symmetrie te beschrijven. In het geval van de rotatiegroep van de cirkel is het slechts één: de hoek waarover geroteerd wordt.*

$E_{10}$  is een oneindige symmetrie in de zin dat zijn dimensie oneindig is.  $E_{10}$  bevat dus een oneindig aantal oneindige symmetrieën.



# Prijspuzzel

Geen grappen over symmetrie hier

Arjan Boerma

**D**e nevenstaande hints zijn cryptische of gewoon belabberde omschrijvingen van de antwoorden van de prijspuzzel op de volgende pagina. Om je een beetje op weg te helpen, staat in een aantal vakjes een cijfer: waar hetzelfde cijfer staat, moet ook dezelfde letter staan. Als je alles goed of geluk hebt, dan komt in de dikomlijnde kolom een natuurkundig vakgebied te staan. E-mail je antwoorden voor 30 september naar [franckenvrij@professorfrancken.nl](mailto:franckenvrij@professorfrancken.nl) en maak kans op het boek *Fearful Symmetry* van Anthony Zee.

1. Meteorologisch kraampje. 2. Part-time gids. 3. Aangeschoten in een Wilsonvat. 4. Opnieuw een Friese sport. 5. Kernachtig en ioniserend. 6. Portemonnee van de penningmeester. 7. Tijd voor aansporing. 8. Nobel inclusief paling. 9. Gebruikelijke aandoening. 10. Overleg met de universiteit. 11. SGP'er met potentiaalfunctie. 12. Winst voor de linkse partijen. 13. Commentaar op de fasescheiding. 14. Straling, geleiding en ... 15. Webontwikkelaar uit de kwantummechanica. 16. Bloederige toestand. 17. Topplaats.

## THEMASTRIP

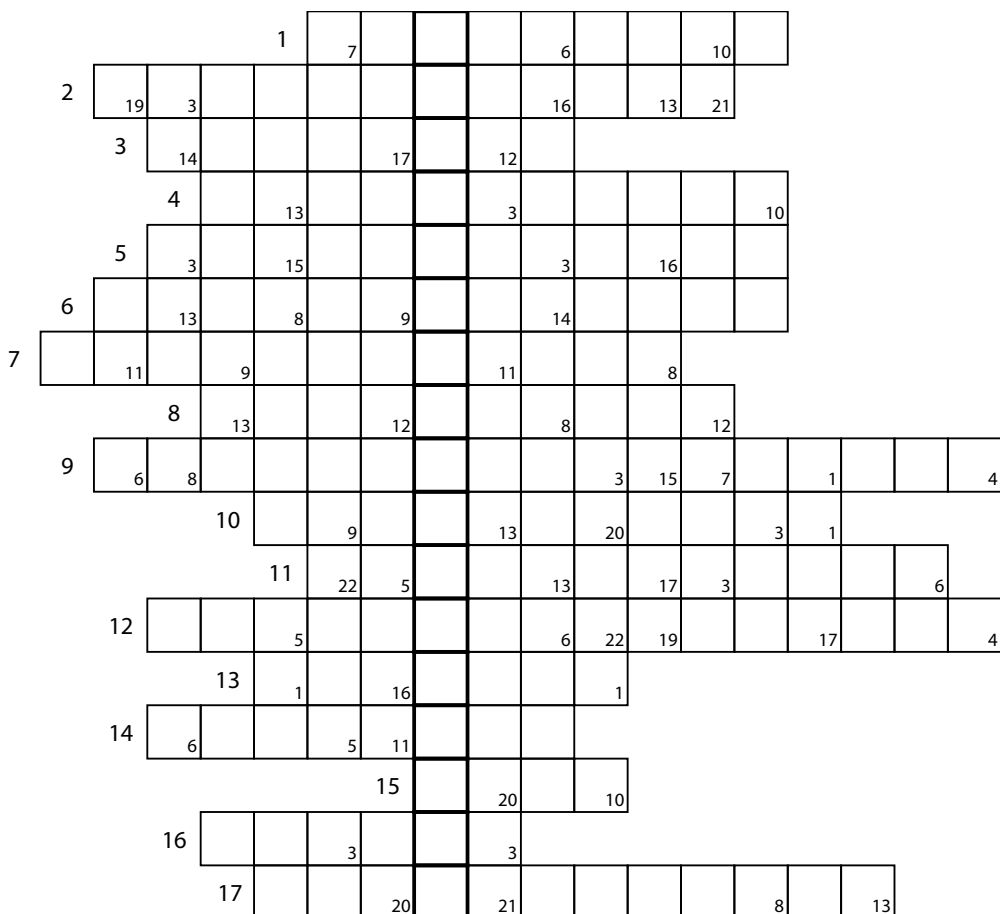
Jasper van den Berg

### "Symmetrie"

Arend het  
asymmetrisch  
konijn had  
een streepje  
voor op zijn  
soortgenoten  
in tijden van droogte.



De rest van  
het jaar liep  
hij gewoon rond  
met een grote  
waterkraan op  
zijn hoofd.



### Oplossing vorige puzzel

*Als je in de vorige puzzel de woorden vervallen, Laplaciaan, fietsenmaker, constante, eigenwaarde, GaAs, snaartheorie, dipool, golffront, ruimtetijd, ballen, dislocatie, geheel, magneet, evenwicht, ingenieur, structuur en ontaard invulde, viel verticaal de oplossing te lezen: vastestofmechanica. We hebben onder de goede inzendingen het boek The Trouble with Physics van Lee Smolin verloot. Peter Jacobse is hierbij als winnaar uit de bus gekomen. Gefeliciteerd Peter, je prijs ligt in de Franckenkamer voor je klaar!*





# AFGESTUDEERD? VIER HET OP KARAKTER!

*Café Karakter is de ideale locatie voor:*

- (Afstudeer) borrels of (verjaardags) feesten
- Activiteiten en/of borrels van je (studie) vereniging
- bedrijfsfeesten en -borrels

KIJK VOOR MEER INFORMATIE OP: **WWW.CAFEKARAKTER.NL**

C A F E  
**KARAKTER**

WWW.CAFEKARAKTER.NL

KLEINE PELSTERSTRAAT 6  
GRONINGEN

T: 050-3187566

# In het buitenland

## Parijs, Frankrijk

Victor Haverkort



**T**oen mijn pasgemaakte vrienden uit Parijs aan het eind van de middag aan het bijkomen waren van een zware dag rondlopen door de stad, besloot ik me even af te zonderen en een begin te maken aan dit stuk voor de *Francken Vrij*. Ik bestelde een koffie op een klein terrasje in het centrum van de stad met uitzicht op een prachtig middeleeuws château. Dat wil zeggen: in Edinburgh, Schotland. Want leden van Dispuut Gaan, die gaan.

Gelukkig regende het niet en kon ik mooi werken aan een inleiding over Edinburgh. Laat ik niet teveel uitwijden over deze stad, maar de volgende inspirerende anekdote wil ik nog wel even kwijt. Zoals u misschien weet zijn de Schotten niet altijd even goede vrienden geweest met Engeland, om maar een understatement te gebruiken. Vroeger waren het twee aparte landen met elk een eigen koning. Vanaf de negende eeuw zijn Schotse koningen altijd zittend op een bijzondere steen, de *Stone of Destiny*, gekroond. Verder is deze steen vooral een steen, weegt hij ongeveer 150 kg en heeft hij twee ijzeren ringen om het ding te kunnen verplaatsen. Rond 1300 kwamen de Schotten onder leiding van koning Balliol in opstand tegen de Engelsen. De Engelse koning Edward I was toen wel klaar met de Schotten, hij had koning Balliol nota bene aan de macht geholpen. Hij versloeg de

Schotten en het leek hem een goed idee de *Stone of Destiny* mee te nemen naar de Westminster Abbey in Londen, waar hij de steen in een troon liet verwerken. Sinds die tijd zijn alle vorsten van Groot-Brittannië gekroond op deze troon, zelfs tot nu toe. Tot zover deze geschiedenis, nu komt het interessante gedeelte. In 1950 waren er vier Schotse studenten met een geniaal plan. Op kerstavond, waarschijnlijk tijdens een Schotse variant van het spel 'Wie is de gekste', besloten ze in de auto te stappen en het ding te gaan halen. Zonder betrapt te worden lukte het hen om de eeuwenoude steen mee te krijgen in de auto. Het ging niet helemaal vlekkeloos, de steen brak bijvoorbeeld in tweeën, maar uiteindelijk is het ze gelukt en het schijnt dat de steen een tijd lang pronkstuk was op Schotse studentenfeesten. Brassen voor gevorderden, hulde. De steen is ondertussen hersteld en bevindt zich in Edinburgh Castle.

De avond voordat ik dit verhaal hoorde van de Schot die ons de stad liet zien, hebben we het nachtleven van Edinburgh verkend. We kwamen wat laat aan, want onze vlucht was vertraagd. Slecht weer in Schotland. Terwijl wij nog nuchter waren was de situatie in Edinburgh rond 1 uur 's nachts als volgt: ongeveer de hele stad fungeerde als openbaar toilet, net iets te dikke vrouwen van rond de dertig die zich net iets te schaars kleden werden 'versierd' door





onverstaanbare stomdronken rugbyspelers en ik moest over iemand heen stappen die *knock-out* op de grond lag (hij stond een minuut later gewoon weer op en dronk verder). We sloten de avond af met *fish & chips* overladen met *brown sauce*. Wat een verschil met verfijnd Parijs. Wel leuk trouwens.

Parijs is dus verfijnder. Alles heeft stijl, lomp is niet aan de hand. De hele stad is fantas-

tisch om te zien. Niet alleen de vele highlights of de parken, maar gewoon rondlopen is al genieten. De stad puilt uit van de kunst, zelfs straatmuzikanten maken goede muziek, in de metro is iedereen verdiept

in een boek. Mensen gaan goed gekleed, hoewel ze naast mij wel wat verbleken als ik rondloop in mijn Franckenchillbroek. Het uitgaansleven werkt ook net even anders, je hebt er de meest chique clubs, waar je er niet van op hoeft te kijken als je bijvoorbeeld zomaar de zusjes Olsen tegenkomt. Je betaalt er ook voor. Als je in dezelfde toestand terecht wil komen als ik beschreef voor Edinburgh, dan durf ik te stellen dat je snel door je Erasmusbeurs heen bent.

Gelukkig hoeft het niet altijd subtiel en chic, soms hebben Parijzenaren ook gewoon een uitlaadklep nodig. Bijvoorbeeld in de Catacombes, vlakbij waar ik woon, worden (semi-legale) feesten gegeven tus-

sen duizenden eeuwenoude skeletten, met *underground*-djs, waar de iets alternatievere Parijzenaren los gaan. Minder luguber is een van mijn favoriete plekken in Parijs, *Le Miro*, zelfs onbekend voor de *locals*. Je zou er zo langslopen, maar na een smal steegje kom je bij een plek waar muzikanten en andere vrije figuren op een binnenplaats zelf een bar hebben neergezet en op zondagavond hele vette jazz, funk en Franse hiphop wordt gemaakt.

Toen ik daar de eerste keer was, had ik het zo naar mijn zin dat ik daar niet weg wilde. De volgende ochtend had de professor dat op een gegeven moment ook in de gaten, toen ik tijdens de climax van een berekening van een 2-loop-correctie op *electron-scattering* in een extern elektromagnetisch veld in slaap viel: "OK, we are going to have a break now, you obviously need a coffee. It's the humane thing to do". Op maandagochtend heb ik met vier anderen vier uur achter elkaar hetzelfde college met misschien een pauze van tien minuten.

Misschien is het goed om even uit te leggen wat ik hier doe. Ik zit voor een semester in Parijs als Erasmusstudent. Ik volg hier een aantal vakken voor mijn master theoretische natuurkunde. Volgens Franse traditie is er uiteraard een aantal revoluties geweest in het onderwijssysteem. Tot 1970 stond de universiteit van Parijs bekend onder de naam Sorbonne (opgericht in de dertiende

*Deux pains  
du stoque,  
s'il vous plaît!*



eeuw). In dat jaar werd deze universiteit opgesplitst in dertien universiteiten. De universiteiten samen met de *Grand Écoles* vallen onder de Academie van Parijs. Eén van de meest prestigieuze *Grand Écoles* is de *École Normale Supérieure*, thuisbasis van twaalf Nobelprijswinnaars waarvan zeven voor natuurkunde. Hier volg ik mijn colleges. De school staat in het *quartier Latin*, in het vijfde arrondissement. Dit is een typische studentenwijk: 's middags loopt het vol met studenten die aan het lunchen zijn, en aan het eind van de dag verplaatst deze groep zich naar de terrasjes of de kroeg. Veel studenten houden pauze op het plein voor het Pantheon, dat ze dus ook in Parijs hebben, of pakken een chillstoel in *jardin du Luxembourg*.

Ik volg hier twee vakken. De eerste is *particle physics II*, dat vrij diep ingaat op kwantumelektrodynamica en prima aansluit op het vak kwantumveldentheorie in Groningen. Het andere vak is *théorie des cordes*, oftewel snaartheorie. Dit vak wordt al een aantal jaren niet gegeven in Groningen, terwijl er binnen de vakgroep *high energy physics* ondertussen wel een afdeling voor bestaat, *String Cosmology*. Kleine adder onder het gras: het vak wordt gegeven in het Frans. En ik ben er wel achter gekomen dat je met je middelbareschoolfrans, wat in mijn geval ongeveer neerkomt op "deux pains du stoque, s'il vous plaît", niet heel

ver komt. Ik ben de enige van de dertig studenten die het Frans niet begrijpt. De professor heeft voor mij college in het Engels gegeven, maar binnen de groep kwamen er klachten en uiteindelijk is het toch Frans gebleven. Wel goed voor je Frans, maar ik ben bang dat ik op deze manier vooral het natuurkundedialect meekrijg. Ik heb wel zo'n vermoeden van wie de klachten zijn gekomen. Altijd pal vooraan zitten twee stugge fransozen van een jaar of vijftig in een dappere poging zonder voorkennis er iets van te maken. En ze houden het goed vol, ik heb begrepen dat ze dit al een jaar of zeven achtereenvolgend doen. Het is ook wel een interessant vak, moet ik toegeven. Voor de geïnteresseerden: ik heb begrepen dat Teake in de *Francken Vrij* iets schrijft over supersymmetrie en M-theorie in de altijd ijzersterke katern *De theoreet*.

Na een geslaagd maar zwaar weekendje soggen in Edinburgh stap ik uit bij metrohalte *Cité Universitaire* en loop ik *Abreu de Grancher*, the *Cuban house*, binnen. Eindelijk weer thuis.



# Symmetrie en schoonheid

Realiteit? Zolang het maar mooi is.

Irina Versteeg en Jasper Bosch

**D**e natuur houdt van symmetrie. Uitenlopende dingen als sneeuwvlokken, bloemen en het strepenpatroon van zebra's vertonen allemaal een duidelijke vorm van symmetrie. In het geval van bloemen gaat het zelfs zo ver dat honingbijen de voorkeur geven aan bloemen die symmetrisch zijn<sup>1</sup>. Ook mensen vinden symmetrie prettig; over het algemeen wordt een symmetrisch gezicht ervaren als mooier dan een niet-symmetrisch gezicht. Deels kan dit verklaard worden doordat onze hersenen door de betere voorstelbaarheid minder werk hoeven te doen om een gezicht te herkennen. Grotendeels veroorzaakt doordat symmetrie door veel diersoorten wordt gezien als teken van goede genen en dus een betere paringspartner<sup>2</sup>.

1: A.E. Wignall, A.M. Heiling, K. Cheng & M.E. Herberstein, "Flower Symmetry Preferences In Honeybees and Their Crab Spider Predators". *Ethology* **112** (5) 510–518 (2006)  
2: A.C. Little & B.C. Jones, "Evidence against Perceptual Bias Views for Symmetry Preferences in Human Faces". *Proc.R.Soc.B, Biological Sciences* **270** (1526) 1759–1764 (2003)

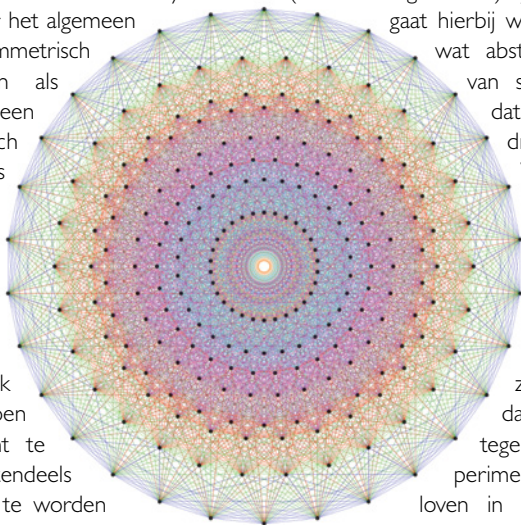
Maar niet alleen op alledaags niveau speelt symmetrie een grote rol in de natuur. Als je theoreten moet geloven dan is de natuur ook op veel fundamenteelere niveaus zeer symmetrisch. De afgelopen decennia zijn er vele Nobelprijzen uitgereikt voor belangrijke vondsten op het gebied van (al dan niet gebroken) symmetrieën. Het

gaat hierbij weliswaar om een wat abstractere definitie van symmetrie, maar dat mag de pret niet drukken.

Veel natuurkundigen zijn zo gecharmeerd van de schitterende eenvoud die onder andere symmetrie met zich meebrengt, dat ze ondanks tegensprekende experimenten blijven geloven in mooie theorieën.

Een voorbeeld hiervan is Einstein, wiens speciale relativiteitstheorie in 1922 door experimenten van Miller in twijfel werd getrokken<sup>3</sup>. Op den duur was Einstein de hele discussie zo zat dat hij begin 1926 een reactie stuurde naar de *Vossische*

3: D.C. Miller, "Ether-drift experiments at Mount Wilson Solar Observatory". *Physical Review* **19** (4) 407–408 (1922)



*Zeitung*<sup>4</sup>. Hierin stelt hij dat de afwijkingen in de resultaten van Miller vermoedelijk veroorzaakt worden door nog onontdekte onnauwkeurigheden in zijn experimenten. Daarnaast raadde Einstein de lezers aan om, als ze hun geld op dit geschil wilden inzetten, op hemzelf in te zetten, aangezien hij dat zelf ook met een gerust hart zou doen.

Uiteindelijk bleken de resultaten van Miller inderdaad niet te kloppen omdat hij geen rekening had gehouden met de invloed van een aantal omgevingseffecten. Over Einsteins gokinkomsten als gevolg van deze onenigheid is niets bekend.

In sommige gevallen kan een kleine asymmetrie het geheel echter mooier maken. In 1957 stuitten Richard Feynman en Murray Gell-Mann op veel onbegrip als ze in tegenstelling tot de resultaten van zeven experimenten beweren dat de zwakke kernkracht de pariteitssymmetrie schendt<sup>5</sup>. Ondanks felle tegenstand bleven ze toch vasthouden aan hun bewering. De theoretische gevolgen waren namelijk veelbelovend en suggereerden een vereniging van de zwakke en elektromagnetische interacties. De wiskunde was zo elegant en mooi dat het haast wel moest kloppen. Of om het in Feynmans eigen woorden te zeggen: "The goddamn thing was gleaming".

Tegen alle verwachtingen in werd van alle experimenten stuk voor stuk aangetoond dat er iets aan mankeerde. Feynman en Gell-Mann kregen gelijk en wederom bleek de mooiste beschrijving uiteindelijk de juis-

te te zijn.

Nog steeds zoeken wetenschappers naar elegante beschrijvingen van de werkelijkheid. Een mooi voorbeeld hiervan is Garrett Lisi, een theoretisch natuurkundige en fervent surfer die met z'n vriendin in een omgebouwd busje woont op Maui<sup>6</sup>. Lisi is vooral bekend door zijn werk *An Exceptionally Simple Theory of Everything*<sup>7</sup>. Hierin beschrijft hij aan de hand van de  $E_8$ -Liesymmetriegroep (zie *De theoreet* en de verhelderende figuur op de pagina hiernaast) een theorie die de algemene relativiteitstheorie verenigt met het standaardmodel. Daarnaast voorspelt zijn theorie in totaal 248 fundamentele deeltjes, wat betekent dat er naast de 226 reeds bekende deeltjes nog 22 onontdekte exemplaren moeten zijn. Eén daarvan is het Higgsboson waarvan momenteel geprobeerd wordt het bestaan aan te tonen met behulp van de LHC.

Of ook deze elegante theorie uiteindelijk de juiste beschrijving van de werkelijkheid blijkt te zijn is momenteel nog voer voor discussie in de wetenschappelijke wereld. Wat wel zeker is, is dat natuurkundigen ervan houden om weddenschappen aan te gaan over hun gelijk in een onenigheid. Lisi heeft bijvoorbeeld een openbare weddenschap staan met Frank Wilczek dat *superparticles* niet voor juli 2015 worden gedetecteerd. We zullen zien.



4: Albert Einstein, "Meine Theorie und Millers Versuche". (*Vossische Zeitung* (1926)

5: A.I. Miller, "A Thing of Beauty". *New Scientist* 189 (2537) 50–52 (2006)

6: A.G. Lisi. TED, [http://www.ted.com/index.php/talks/garrett\\_lisi\\_on\\_his\\_theory\\_of\\_everything.html](http://www.ted.com/index.php/talks/garrett_lisi_on_his_theory_of_everything.html) (2008)

7: A.G. Lisi, "An Exceptionally Simple Theory of Everything". *arXiv*: 0711.0770 (2007)



# Franckeninvariant

## Over de zoektocht naar een nieuwe symmetrie

Thijs Huijskes

**I**n de natuurkunde worden een hoop vormen van symmetrie toegepast en gebruikt. Voorbeelden zijn translatiesymmetrie, draaisymmetrie, spiegelsymmetrie, etc. etc. In de praktijk betekent symmetrie zo iets als: invariant onder operatie, onveranderd bij toepassing van een specifieke transformatie. Hoe vind je symmetrieën?

Neem een operatie, en kijk of het systeem er onveranderd onder blijft. Nu is dit in onze wereld al vrij goed uitgewerkt.

Wiskunde zoals groepentheorie is daar het resultaat van, en omgekeerd zijn symmetrieën het resultaat van groepentheorie (wat je zou kunnen beschouwen als een symmetrische situatie). Interessant is dat er nog steeds stukken wetenschap zijn die nog ondoorggrond zijn. Groepentheorie heeft voor enorme ontwikkelingen in de hoge-energiefysica gezorgd; door het toepassen van groepen en het onderzoeken van symmetrieën zijn er bijvoorbeeld nieuwe deeltjes voorspeld. Toch zijn er symmetrieën te

*Figuur 1. Onbefranckend.*





benoemen die nog niet onderzocht zijn. Dit is misschien omdat ze voor de fysica irrelevant lijken. Niets is minder waar voor de symmetrie die ik wil uitpluizen, althans voor een selecte groep van de fysica en degenen die het praktiseren. Ik zal hier een nieuwe groep onderzoeken, die invariant blijft onder de operatie 'doe Francken' ( $F$ ). In de literatuur wordt er nog over gediscussieerd of dit in zekere mate te unificeren valt met de 'rodedraakoperator'.

Men neme een open verzameling objecten waarop de operatie  $F$  uitgevoerd kan worden, en ga na of het onveranderd blijft na 'doe Francken'. Als voorbeeld kan een huiskamer worden genomen: neem een huiskamer, laat  $F$  er op werken en je vindt de kamer in een andere staat weer terug.  $F$  lijkt zich niet te houden aan (tijds)omkeerbare situaties. Bij de huiskamer is het misschien niet per se duidelijk, maar neem bijvoorbeeld een barbecue. Vul een barbecue met vlees, laat  $F$  er op werken en hup, het directe resultaat is een situatie die niet in de tijd omgekeerd kan worden, los van de randverschijnselen die de operatie met zich mee brengt, want bij een barbecue komt geluid, joligheid, rotzooi en drankverspilling kijken.

Zou je de barbecue op zichzelf willen bekijken ('virtual barbecue'), en kijken of je een tijdsomkeerbare situatie kunt krijgen, dan heb je een aantal trucjes nodig. Bij een (geleegde) barbecue en de operatie 'Francken' kun je niet simpel de tijd omkeren en dan kijken wat er uit komt; er is op dit moment niet eens duidelijk of  $F$ (barbecue) wel een tijdsafhankelijke situatie is. Immers, om een beruchte fysicus binnen de interesse-

groep te citeren: "het is altijd barbecuetijd". Tijdsomdraaiing kan dus niet zomaar.

Zijn er andere trucs beschikbaar om het onomkeerbaarheidsprincipe van 'Francken' vast te leggen? We zouden de compleet inverse van de Franckenoperator  $F$  kunnen nemen,  $F^\dagger$ , de compleet inverse van 'Francken', en die op de 'lege' barbecue laten werken. Hoewel iets als een  $F^\dagger$  fysisch nonsens lijkt, nemen we aan dat iets dergelijks bestaat. Om de onomkeerbare situatie van

*Neem een huiskamer, laat  
Francken er op werken en  
je vindt de kamer in een  
andere staat weer terug.*

de barbecue op te kunnen vangen laten we  $F^\dagger$  de barbecue weer vullen met (gebraden) vlees. Maar in het geval van de huiskamer zal  $F^\dagger$  niet de omgekeerde situatie genereren, mits de huiskamer niet (volledig) gevuld was met vlees. Om een kort punt lang te maken: invulling geven aan  $F^\dagger$  laat ons niet op een oplossing komen. Alhoewel  $F^\dagger$  voor onze vereniging een fantastische uitvinding zou zijn, laat ik het hier rusten.

Terug bij af.  $F$  valt dus in eerste instantie niet als een nieuwe vorm van de al bestaande pariteiten (zie C, P, T) te beschouwen. Dit schrijvende op de laatste pagina van mijn kladblok, kan ik alvast verklappen dat ik het voor elkaar heb gekregen enkele objecten te vinden die symmetrisch zijn on-

der  $\mathbb{F}$ . Ik heb gekeken naar objecten en de uitkomsten uitgeschreven. Er is gekeken of er onderlinge verbanden of beschrijvingen bestaan tussen de objecten die niet onder Franckensymmetrie vallen, deze konden helaas niet gevonden worden. Wel moet opgemerkt worden dat er toch vaak beschrijvingen terug kwamen als 'onherstelbaar', 'op', 'kapot', 'geschokt' of 'uitgeput'. Ondanks de vele uren uitschrijfwerk, bordbekalkingen en het feit dat mijn kladblok nu echt vol is (en mijn derde pen bijna leeg), moet ik helaas mededelen dat die ene wiskundige, coherente beschrijving niet gevonden is. Vaak kwamen zijwegen uit op compleet divergerende reeksen, complexe beschrijvingen gaven geïsoleerde singulariteiten, omschrijven naar poolcoördinaten

biedt geen uitweg. Dit leidt tot de situatie dat velen Francken vaak onbeschrijfelijk noemen.

### Conclusie

Om tot de resultaten te komen die positief zijn voor Franckeninvariantie, zal ik de lijst kort opsommen. Het bewijs laat ik als een oefening voor de lezer. Een wiskundige beschrijving of meer oplossingen blijven uit. Voor inhoudelijke vragen verwijs ik u naar de corresponding author. Objecten die na uitvoering van de Franckenoperator  $\mathbb{F}$  Franckeninvariant blijken, zijn: alcoholvrij bier en Chuck Norris. Het laatste schijnt een neutraal element voor elke operatie te zijn, maar daar kunnen we later nog wel een katern aan wijden.



*Figuur 2. Befranckend.*





# It's time to rethink the fundamentals

As if the world of energy has ever been a simple one – we are now in a complex era, one in which the demand for energy will exceed the supply within the next decade. It is essential that we improve energy efficiency while managing existing sources and developing new ones. Organizations are seeking ways to adapt to rapid change, discovering that a sustainable energy system plus sound performance and certified standards can provide the flexibility needed to meet the challenges of this century. KEMA is a global authority in energy consulting and testing & certification, active throughout the entire energy value-chain. We understand and recognize the technical consequences of a business decision, as well as the business consequences of a technical decision. Innovative technology has been our starting point for more than 80 years. *That* is experience you can trust. [www.kema.com](http://www.kema.com)

- > Business & technical consulting
- > Technical & operational services
- > Inspections & assessments
- > Testing & certification
- > Research & innovation



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

Schut Geometrische Meettechniek is een bedrijf dat mensen met ideeën en initiatief waardeert. De bedrijfsstructuur is overzichtelijk en de sfeer is informeel met een "no nonsense" karakter.

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

Voor dergelijke functies zijn ook stageplaatsen beschikbaar, die eventueel uitzicht bieden op een baan.

Indien je geïnteresseerd bent, kun je altijd contact opnemen om een afspraak te maken voor een oriënterend gesprek op onze hoofdvestiging.

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

Voor meer informatie kijk op [www.Schut.com](http://www.Schut.com) en [Vacatures.Schut.com](http://Vacatures.Schut.com), of stuur een e-mail naar [Sollicitatie@Schut.com](mailto:Sollicitatie@Schut.com).

