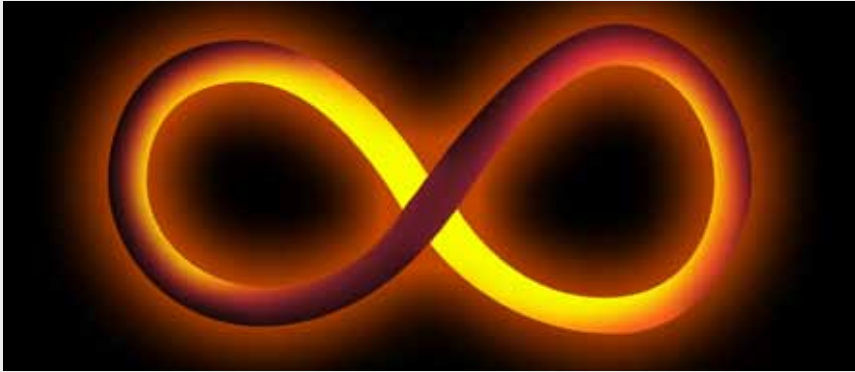


perio*diek

op regelmatige tijden terugkerend jaargang 2014 nummer 1



Inhoud



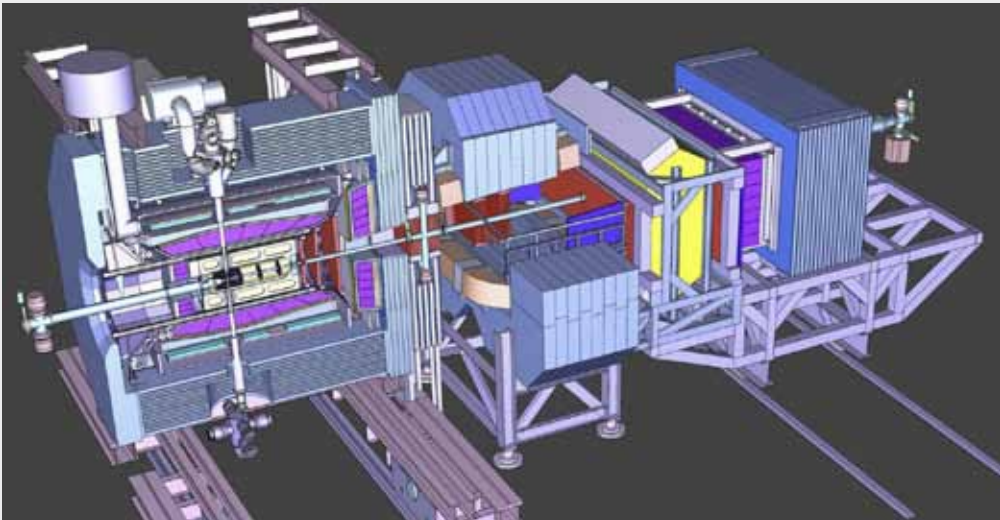
18 Cantors diagonaal

Ga samen met Bart en het diagonaalargument van Cantor het begrip 'oneindig' te lijf.



28 Nan

Wat voor
eigenlijk r



6 Klein, kleiner, kleinst

Ga mee met Marcel en PANDA op jacht naar de exotische materie uit het heelal.



ne Huiges

werk doet deze FMF-ouwe lul nu
na zijn studie.

In deze Periodiek

- 4 In het nieuws
- 6 Klein, kleiner, kleinst
- 11 SIHB: Living the American dream
- 14 Luchtligers Meshen
- 18 Cantors diagonaal
- 22 Van de Penningmeester
- 24 Koken: Death by Chocolate
- 26 Breinwerk
- 28 Nanne Huiges

Redactie Armin Palavra,
Derk Rouwhorst, Steven
van der Veeke, Douwe
Visser, Bart Marinissen,
Oscar Heslinga, Maïke Jas-
pers, Joyce Popping.

Scribenten Marcel
Tiemens, Bart Visser,
Maïke Jaspers, Bart
Marinissen, Lianne van
Timmeren, Douwe
Visser, Nanne Huiges.

Adverteerder Talent&Pro
(p. 10), ASML (p. 23), Phi-
lips (p. 31), Schut (p. 32).

Ook adverteren? Neem con-
tact op via bestuur@fmf.nl.

Oplage 1100 stuks

Druk Scholma

ISSN 1875-4546

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

Van de redactie

Net zoals een nieuwjaar
nieuwe kansen, uitdagin-
gen en hoop biedt, biedt
de Periodiek dat ook altijd. Nieu-
we kansen en uitdagingen voor de
redactie om nog mooiere exempla-
ren neer te zetten en hoop omdat
we weten dat we dit kunnen! Ook
deze Periodiek is weer een hoop-
vol nummer met veel interessante
stukken. Een periodiek waar de
redactie zelfs tijdens de kerstvak-
antie voor heeft gezwogen!

Het resultaat van deze periodiek
mag er dan ook wel wezen. Om

een beetje af te kicken van al het
lekkere eten van de afgelopen
feestdagen, staat er een recept voor
een overheerlijk dessert in deze Pe-
riodiek. Een dessert waar zowel
mannen als vrouwen verliefd op
kunnen worden! Natuurlijk staat
er in deze Periodiek traditiege-
trouw weer een breinwerk, dit
keer met een behoorlijk wiskundig
tintje. Dus had jij deze vakantie de
kerstpuzzel al binnen een dag af?
Probeer dan het breinwerk maar
eens! •

— *Douwe Visser*

In het nieuws

Schoolresultaten meer beïnvloed door genen dan omgeving

Individuele verschillen in schoolresultaten worden meer beïnvloed door de genetische aanleg van scholieren dan door hun omgeving. Dat zou blijken uit nieuw wetenschappelijk onderzoek.

Verschillen in examenresultaten van scholieren in Groot-Brittannië zijn voor ongeveer 58 procent te verklaren door hun genetische aanleg. De school en de familie waarin kinderen opgroeien, beïnvloeden het verschil tussen hun cijfers voor naar schatting 36 procent.

De wetenschappers van het King's College in Londen kwamen tot hun bevindingen door de examenresultaten van duizenden eeneiige en twee-eiige tweelingen te vergelijken. Op basis van die analyse konden ze de invloed van de genetische aanleg op de prestaties tot op zekere hoogte scheiden van de omgevingsfactoren.

Als twee scholieren die samen een identieke tweeling vormen bijvoorbeeld verschillende examenresultaten halen, moet het verschil wel worden veroorzaakt door de omgeving, omdat er geen verschil zit in hun genetische aanleg.

Uit het onderzoek bleek dat vooral verschillen in resultaten bij natuurwetenschappen, zoals wiskunde en natuurkunde grotendeels door genen worden beïnvloed (58 procent). De invloed van genetische aanleg op talen en muziek was minder groot (42 procent).

NU

Shaken, not stirred: impotente dronkaard James Bond kan zijn drankjes niet eens roeren

Wetenschappers hebben het drinkgedrag van de wereldberoemde spion James Bond onder de loep genomen en komen met schokkende cijfers. Hij drinkt gemiddeld 92 eenheden alcoholische drank per week. "We vermoeden dat de beroemde slogan 'Shaken, not stirred' wel eens voort kan komen uit het feit dat zijn handen door toedoen van de alcohol bevoren," aldus de onderzoekers.

De onderzoekers lazen alle veertien boeken die over James Bond geschreven zijn en noteerden alle drankjes die de held naar binnen werkte. "Nadat we de dagen waarop Bond niet in staat was om te drinken (bijvoorbeeld omdat hij gevangen zat, red.) hadden uitgesloten, kwamen we uit op een wekelijkse alcoholconsumptie van 92 eenheden, meer dan vier keer de aanbevolen hoeveelheid," zo schrijven de onderzoekers in de kerstuitgave van het British Medical Journal. "Zijn maximale dagelijkse consumptie was 49,8 eenheden." Van de 87,5 dagen waarop hij in staat was om te drinken liet hij slechts 12,5 dagen de alcohol staan.

Scientas



Eerste neutrino's uit 'diepe kosmos' gemeten

Voor het eerst denken wetenschappers dat ze neutrino's hebben gezien die afkomstig zijn van buiten ons zonnestelsel. Tussen mei 2010 en mei 2012 detecteerde het IceCube Neutrino-observatorium 28 neutrino's met zulke hoge energieën dat het onwaarschijnlijk is dat ze van de zon of uit onze atmosfeer afkomstig zijn.

De wetenschappers achter het reusachtige IceCube Neutrino-observatorium op Antarctica maakten afgelopen februari al bekend dat ze twee neutrino's (liefsgezind Bert en Ernie genaamd) op het spoor waren met wel heel erg hoge energieën.

Nu weten ze het zeker: de afgelopen jaren raakten 28 van deze extreem moeilijk te vatten deeltjes het ijs van het continent met zoveel energie dat de wetenschappers denken dat ze alleen afkomstig kunnen zijn uit gewelddadige gebeurtenissen in de buurt van zwarte gaten, pulsars of supernova's. De onderzoekers publiceerden hun resultaten eind november in het wetenschappelijke tijdschrift Science.

Kennislink

Nederlandse scholieren plekje omhoog in wiskunderanglijst

Nederlandse scholieren deden het afgelopen jaar iets beter in vergelijking met andere landen. Dat blijkt uit de nieuwste cijfers van de internationale onderwijs-

graadmeter PISA, die onlangs verschenen. Nederland stijgt op het gebied van wiskunde één plaatsje, van de elfde naar de tiende plek. Toch is er reden voor zorg, want onze score is lager dan drie jaar terug.

De resultaten zeggen dus niet dat de leerlingen per se beter zijn gaan rekenen. Toch is Nederland geste- gen, doordat andere landen nog verder omlaag gingen. Dit jaar lag de focus van het PISA-onderzoek op wiskunde. Omdat steeds meer onderzoek laat zien dat rekenprestaties voorspellen hoe succesvol iemand later wordt, is het interessant om te weten hoe elk land het op dat gebied doet.

Kennislink



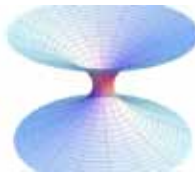
Waar deeltjes verstrengeld zijn, is een wormgat te vinden

Kwantumverstrengeling is één van de meest fascinerende verschijnselen binnen de fysica. Zelfs Einstein wist niet zo goed wat hij ermee moest en bestempelde ze als 'spookachtige acties op afstand'. En die acties zijn zojuist ietsje minder spookachtiger geworden nu fysici suggereren dat zodra deeltjes verstrengeld raken er een wormgat ontstaat.

Het is ingewikkelde materie en dus beginnen we even bij het begin. Verstrengeling. Hoe zit het

ook alweer? We spreken van kwantumverstrengeling als twee deeltjes hun gedrag op elkaar afstemmen. Als de toestand van het ene deeltje verandert, verandert de toestand van het andere deeltje ook. Het maakt daarbij niet uit hoe ver de deeltjes van elkaar verwijderd zijn: al zitten er lichtjaren tussen, ze passen zich tegelijkertijd aan. En dat is 'spookachtig'. Want hoe kunnen die deeltjes over zo'n grote afstand – en schijnbaar sneller dan het licht – met elkaar communiceren? Eerder dit jaar stelden onderzoekers al vast dat het gedrag van verstrengelde deeltjes een beetje doet denken aan zwarte gaten die middels een – hypothetisch! – wormgat met elkaar verbonden zijn. Hoe groot de afstand tussen de zwarte gaten ook is: het wormgat verbindt ze.

Scientas



Deeltjesversneller past op je bureau

Een deeltjesversneller is onmisbaar als natuurkundigen de samenhang van het heelal willen begrijpen. Versnellers zijn meestal een paar honderd meter lang en de kosten ervan lopen in de miljarden. Maar nu hebben natuurkundigen van de University of Texas in de VS een miniversie van de versneller gebouwd, die met wat goede wil

op een bureau past. En ondanks zijn bescheiden afmetingen kan de nieuwe laser-plasmaversneller net zulke hoge energieniveaus en snelheden als de gangbare versnellers opwekken.

Het tafelmodel heeft zijn waarde al bewezen in proeven waarbij de wetenschappers over een traject van maar twee centimeter ongeveer een half miljard elektronen opjoegen tot een energie van twee gigaelektronvolt (GeV). Voor diezelfde prestatie was tot voor kort een deeltjesversneller nodig die ongeveer 10.000 keer zo groot was, of net zo lang als twee voetbalvelden.

Met het handige tafelmodel duurt het volgens de Amerikaanse onderzoekers niet lang meer of elk laboratorium heeft een deeltjesversneller. Scheikundigen, natuurkundigen en biologen, die vaak lang moesten reizen om toegang te krijgen tot een deeltjesversneller, kunnen hun proeven voortaan op hun eigen werkplek verrichten, waar ze met de extreem precieze en geconcentreerde röntgenstraal van het minimodel uiteenlopende materialen hun geheimen kunnen ontfuselen tot op het niveau waarop de atomen te zien zijn.

Wetenschap in beeld



Klein, kleiner, kleinst

Op jacht naar exotische materie met PANDA

DOOR MARCEL TIEMENS

Zoals de Griekse filosoof Leucippus al in de vijfde eeuw voor Christus voor- spelde, bestaat de wereld waarin we leven uit tal van kleine deeltjes. Wat het kleinste deeltje is, is de afgelopen decennia steeds veranderd. Ons lichaam, bijvoorbeeld, is opgebouwd uit cellen, die opgebouwd zijn uit moleculen, die opgebouwd zijn uit atomen. Leucippus noemde de deeltjes waar alles uit opgebouwd is overigens ook atomen.

Het bleek dat het hier niet mee ophield: de atomen bestaan uit een positief geladen, kleine kern (ongeveer 10 000 keer kleiner dan het atoom zelf), omringd door elektronen. De kern bestaat uit positief geladen protonen en elektrisch neutrale neutronen. Tot zover voor de meeste lezers nog niets nieuws. Echter zou de atoomkern zelf al enkele vragen op moeten roepen; daar zitten immers een (groot) aantal positief geladen deeltjes dicht op elkaar gepakt. De afstoting van de elektromagnetische kracht

zou de atoomkern uit elkaar moeten laten vallen. Gelukkig blijkt er nog een kracht te bestaan, genaamd de sterke kernkracht. Deze kracht heft de afstotende werking van de elektromagnetische kracht op, en bindt de protonen en neutronen in de kern.

In de jaren 50 en 60 werd een aantal deeltjes ontdekt, genaamd hyperonen, die veel lijken op protonen en neutronen. Gell-Mann bedacht een manier om deze deeltjes te beschrijven en in te delen, door



FIGUUR 1 Het toekomstige FAIR-complex dat gebouwd wordt naast het bestaande. GSI-complex

te postuleren dat ze opgebouwd waren uit kleinere deeltjes, die hij quarks noemde. Met zijn quarkmodel voorspelde Gell-Mann nog een extra soortgelijk deeltje, dat kort daarna gevonden werd. Met nieuwe, krachtigere deeltjesversnellers, waren wetenschappers in staat om binnen in de protonen en neutronen te kijken, en deze bleken uit drie puntvormige deeltjes te bestaan. Het bestaan van quarks was hiermee een feit. Nader onderzoek toonde aan dat er geen vrije, losse quarks bestaan; ze komen alleen in twee- of drietallen voor. Deeltjes bestaande uit quarks worden hadronen genoemd. Hadronen met twee quarks heten mesonen, en met drie quarks baryonen.

De fundamentele theorie die de interactie tussen quarks beschrijft, heet Quantum Chromodynamica (QCD). Deze sterke interactie tussen quarks wordt beschreven door de uitwisseling van “virtuele” gluonen. Via zo’n virtueel gluon kan de ene quark een kracht uitoefenen op een ander, zonder dat ze direct contact hoeven te maken. De gluonen worden “virtueel” genoemd, omdat ze alleen maar bestaan tijdens de uitwisseling, en dus in geen enkel experiment direct waargenomen kunnen worden. Bij de meer bekende elektromagnetische kracht wordt de interactie beschreven door de uitwisseling van virtuele lichtdeeltjes, fotonen. QCD vertelt op wat voor manier we quarks kunnen combineren om hadronen te maken. De regels hiervoor staan het toe om, naast de mesonen en baryonen, deeltjes te maken die bestaan uit meer dan drie quarks, die een gebonden (niet-virtueel) gluon bevatten, of alleen maar gluonen bevatten. Deeltjes met een gebonden gluon worden hybride mesonen genoemd, en met enkel gluonen glueballs. Dergelijke toestanden van materie zijn echter nog niet waargenomen.

De zoektocht naar de illustere deeltjes

Hoe zoeken we nu naar dergelijke deeltjes? Volgens QCD bevinden deze toestanden zich in het massabereik tussen de 1 en 15 GeV/c². In dit gebied kan storingsrekening niet worden toegepast, waardoor er geen exacte voorspellingen over deze deeltjes kunnen worden gedaan. Theoretici moeten zich daarom

In hoge-energiefysica worden massa’s in elektronvolt (eV) weergegeven, via $E = mc^2$. Op deze manier kan gemakkelijk vergeleken worden met de energie van een deeltje, en hebben we niet te maken met zeer lage machten van tien: $1 \text{ eV}/c^2 = 1,78 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$. Verder is $1 \text{ GeV} = 103 \text{ MeV} = 106 \text{ keV} = 109 \text{ eV}$.

wenden tot bijvoorbeeld effectieve-veldentheorieën of “brute force” berekeningen op een rooster van punten, om een benadering te krijgen voor de massa van de illustere deeltjes.

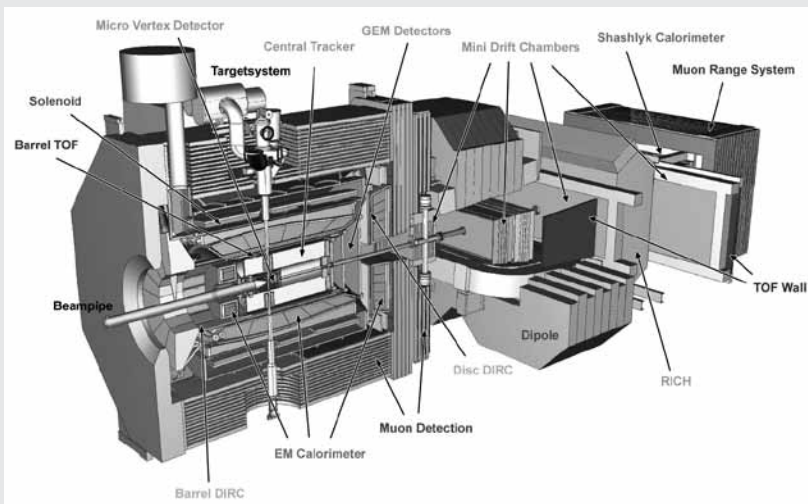
Er bestaan al enkele experimenten die in dit massabereik zoeken naar deze deeltjes, en in de afgelopen decennia zijn meerdere toestanden gevonden die niet passen binnen de voorspellingen, genaamd X-, Y- en Z-toestanden. Van deze deeltjes is het onduidelijk wat voor soort deeltjes het zijn. Eén van de grote internationale groepen die op zoek is naar onder andere deze deeltjes, is de BESIII-collaboratie, gehuisvest in Beijing, China. Dit jaar heeft deze groep nog enkele soortgelijke exotische toestanden van materie gevonden met behulp van een elektron-/positronversneller, welke kort daarna ook door andere experimenten gezien werden. Analyses geven duidelijke aanwijzingen dat het in dit geval om hadronen gaat bestaande uit tenminste vier quarks. Hoewel meer en meer van dit soort deeltjes waargenomen worden, blijven de hybride mesonen en glueballs nog verstopt. In een zoektocht naar deze deeltjes wordt een nieuw experiment gebouwd, genaamd PANDA (antiProton ANnihilations at DArmstadt). Dit experiment zal gehuisvest worden bij FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research), dat nu gebouwd wordt in Darmstadt, Duitsland. Middels botsingen tussen protonen en antiprotonen zal PANDA in staat zijn om de voorspelde exotische deeltjes rechtstreeks te maken, waardoor gemakkelijk grote hoeveelheden geproduceerd kunnen worden.

Eén van de grote technische uitdagingen waar PANDA voor staat, ligt verscholen in het feit dat dezelfde deeltjes ontstaan bij het verval van de exotische deeltjes, waar we naar op zoek zijn, als die bij andere, soortgelijke deeltjes, die al zeer veelvuldig waargenomen zijn (en daardoor minder interessant). Dit maakt het onmogelijk om de conventionele uitlezing te gebruiken, die bij vrijwel alle huidige deeltjesfysica-experimenten wordt gebruikt. Hierbij wordt door een van de subsystemen van de detector een startsein gegeven voor de uitlezing van de gehele detector, wanneer aan een bepaalde voorwaarde is voldaan. Hierbij kun je denken aan de vereiste dat er minimaal vier geladen deeltjes moeten zijn gedetecteerd. Dit is nodig om de hoeveelheid data die gegenereerd wordt te verminderen; naast het feit dat het fysiek onmogelijk is om de hoeveelheid data die gegenereerd zou worden op te slaan (enkele honderden GB per seconde), zou het gros van de data oninteressante achtergrondgebeurtenissen of ruis bevatten.

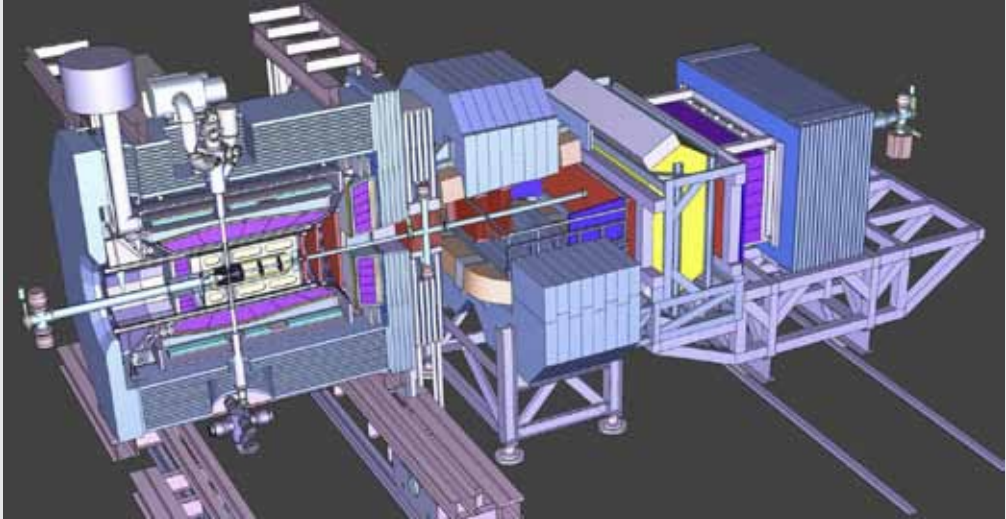
Bij PANDA is een dergelijke constructie om voornoemde reden niet mogelijk, waardoor het noodzakelijk was om een geheel nieuw concept te ontwikkelen voor de uitlezing van de detector. Dit concept draagt

de naam “trekkerloze uitlezing”. In het geval van de trekkerloze uitlezing probeert elk subsysteem van de detector de datastroom zelf zoveel mogelijk te verminderen door alleen fysisch relevante informatie op te slaan en beslissingen te nemen op basis van natuurkundige voorwaarden. Denk hierbij aan vereisten aan de (invariante) massa van het deeltje dat onderzocht wordt, die gevonden wordt uit de relativistische energievergelijking $E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$. De energie E en de impuls p worden gemeten, zodat de massa m berekend kan worden.

Om dit concept te illustreren, neem ik jullie mee door de uitlezing van één van de subsystemen van de detector, de zogeheten Elektromagnetische Calorimeter (EMC). Een calorimeter is een apparaat dat de energie van de deeltjes die erin gaan registreert. Doordat verschillende deeltjes verschillende interacties hebben met het materiaal van de calorimeter, kan de EMC alleen de energie van fotonen (lichtdeeltjes) en elektronen registreren. Hierom is het ook nodig om andere subsystemen in een detector te hebben die de andere deeltjes registreren. Wat gebeurt er nu als bijvoorbeeld een foton in de EMC terecht komt? Het foton deponereert al zijn energie door een zogenaamde elektro-



FIGUUR 2 De detector van PANDA.



magnetische regen te maken in het materiaal van de calorimeter. In zo'n regen splitst elk deeltje zich om de zoveel tijd op in twee anderen, tot de energie niet meer hoog genoeg is om meer te maken. Uiteindelijk blijft er alleen licht over, dat wordt opgevangen door een fotosensor. De fotosensor geeft een signaal in de vorm van een puls, dat digitaal wordt gemaakt voor de verwerking van het signaal. Vervolgens berekent een speciale computerchip de amplitude en tijd van dit signaal en geeft alleen deze informatie door aan de rest van de uitleesketen. De volgende fase combineert gegevens van meerdere delen van de calorimeter om de hoeveelheid data verder te verminderen. De laatste fase voordat de data wordt opgeslagen combineert de data van de calorimeter met die van andere subsystemen en probeert gebeurtenissen (bijvoorbeeld het verval van een deeltje) te reconstrueren. Op deze gebeurtenissen wordt vervolgens de gestelde voorwaarde toegepast, en alleen wanneer hier aan voldaan wordt, wordt de data op een harde schijf opgeslagen. Op deze manier wordt de hoeveelheid data die gegenereerd is verkleind tot een behapbare grootte, al zal er naar verwachting nog steeds bijna 200 MB/s weggeschreven worden.

Natuurlijk zijn er meer vragen die onderzocht zullen worden. Een gerelateerde vraag aan het voorgenoemde betreft de oorsprong van de massa van hadronen. Bij-

voorbeeld: de massa van een proton bedraagt ongeveer $1 \text{ GeV}/c^2$, en is opgebouwd uit drie quarks die elk ongeveer $3 \text{ MeV}/c^2$ aan massa hebben. Dat betekent dat de som van de delen maar 1% van het geheel is, wat massa betreft! De rest van de massa (99%) wordt gegenereerd door de sterke interactie. Om te begrijpen hoe dit gebeurt, zijn precisie-metingen nodig aan de eigenschappen van de deeltjes, zoals hun massa en levensduur, die PANDA zal kunnen doen.

De ontwikkeling van de technologieën die het experiment mogelijk maken is in volle gang, en de bouw van de complete detector zal volgens het schema in 2017 beginnen. In die tijd is de deeltjesversneller van FAIR ook bijna gereed; deze zal in de loop van 2018 in bedrijf genomen worden. De PANDA-collaboratie bestaat uit meer dan 500 wetenschappers uit 17 landen. Ook in Groningen, op het Kernfysisch Versneller Instituut (KVI), wordt sterk bijgedragen aan de ontwikkeling van dit project, voornamelijk van de Elektromagnetische Calorimeter. Er wordt in onze groep ook gewerkt aan de analyse van data van het eerder genoemde BESIII-experiment. Studenten die geïnteresseerd zijn in hoge-energiefysica, deeltjesfysica en/of hadronfysica, zijn welkom om een bachelor- of masterproject voor PANDA of BESIII te doen •



Jouw persoonlijke ontwikkeling staat centraal bij Talent&Pro.



“Bij Talent&Pro krijg ik de kans om mezelf continu te verbeteren.”

Mitchel Bouwmeester, Talent

Werken met cijfers: dát is wat je leuk vindt!

Formules uitpluizen en berekeningen maken. Je kunt met jouw bèta-achtergrond als onderzoeker of docent aan de slag, maar met jouw probleemoplossend vermogen kom je ook als geroepen voor de financiële sector.

Als actueel specialist van Talent&Pro los je complexe vraagstukken op voor grote financiële instellingen, zoals ASR, ABP of SNS Reaal. Je werkzaamheden variëren van het bepalen van premietarieven tot het analyseren van risico's.

Zo ontwikkel je jezelf snel van Talent tot Professional. De functie van actuaaris is niet voor niets al 4 jaar op rij tot 'beste baan van Nederland' gekozen door Elsevier en SEO Economisch Onderzoek!

Kies ook voor een goed begin van je carrière! Bekijk onze vacatures op talent-pro.com en solliciteer.

Living the American dream

DOOR BART VISSER

Na een vlucht van ruim acht en een half uur begint voor mij dan eindelijk het grote avontuur. De plaats van bestemming, Newark International Airport. Tijdens de landing zie ik de kenmerkende skyline van Manhattan aan me voorbij flitsen. Vanaf nu zal ik in de stad New Brunswick verblijven waar ik als *special visiting research student* aan Rutgers University verbonden ben. De reden van mijn verblijf is een industriële stage die ik voor mijn masteropleiding *Applied Physics* moet volbrengen. Ik was in principe vrij om te kiezen waar ik deze stage zou willen gaan doen. De keuze voor de Verenigde Staten was voor mij snel gemaakt. Eindelijk kon een lang gekoesterde wens van mij in vervulling gaan.

Het idee van stage in het buitenland is een ding, het daadwerkelijk uitvoeren ervan is een compleet ander verhaal. Al tijdens mijn masteronderzoek in Groningen ben ik begonnen met het leggen van de eerste contacten. Via mijn begeleider in Groningen, prof. Jeff de Hosson, ben ik in contact gekomen met prof. Thomas Tsakalakos van het Nanomaterials Laboratory. Prof. Tsakalakos was bereid om mij voor de periode van een half jaar onderdeel te laten uitmaken van zijn vakgroep. Na deze toezegging begon voor mij een lange tocht door de Amerikaanse

bureaucratie. Aangezien ik langer dan drie maanden in de Verenigde Staten wilde verblijven moest ik namelijk een visum aanvragen. Om een lang verhaal kort te maken, dit is makkelijker gezegd dan gedaan!

Tijdens de voorbereidingen voor deze stage had ik de gelegenheid om me iets meer te verdiepen in de geschiedenis van Rutgers. Rutgers, The State University of New Jersey (in de volksmond Rutgers University genoemd) is een Amerikaanse publieke onderzoeksuniversiteit. Opggericht als Queen's College in



1766 is het de op acht na oudste universiteit van de Verenigde Staten, daarnaast is het een van de negen universiteiten die gesticht zijn voor de Amerikaanse Revolutie. Nederland heeft ook een bijdrage geleverd aan het ontstaan van Rutgers; Rutgers was vroeger een private universiteit gelieerd aan de Nederlandse hervormde kerk.

De eerste kennismaking

Eenmaal aangekomen in New Brunswick vind ik een onderkomen in een van de *graduate apartments* op de Busch campus. Een appartement bestaat uit vier slaapkamers waarbij ik de keuken en badkamer moet delen. De mogelijkheid tot koken heb ik eigenlijk niet. Dit omdat ik over geen enkel keukengerei beschik. Daarnaast kost het eten buiten de deur grofweg hetzelfde als het doen van de boodschappen om zelf te koken. Van een land dat zich een van de grootste voedselproducenten ter wereld mag noemen had ik eerlijk gezegd wel iets anders verwacht. Tijdens mijn eerste bezoek aan de supermarkt blijkt het overigens een grote uitdaging om lekker brood en bijvoorbeeld yoghurt te vinden. Aan bijna alle voedingsmiddelen in de VS worden suikers en smaakstoffen toegevoegd, dit gaat ten koste van een pure smaak. Er zit niets anders op dan me aan te passen aan het eten hier, tenzij ik bereid

ben om de hoofdprijs te betalen voor producten die geheel uit natuurlijke producten bestaan.

Het is in het begin erg wennen aan het leven op de campus. Ik ben niet gewend om in een studentenwijk te wonen, het is dan ook even omschakelen als je op eens tussen enkel studenten woont.

Wat later, wanneer ik gewend ben geraakt aan de vele studenten, kan ik niets anders zeggen dan dat dit een ideale vorm van huisvesting is. Grote groepen studenten leven bij elkaar in *dorms* op de campus, dit zorgt ervoor dat de campus tijdens de semesters heel erg leeft. Er worden elke dag activiteiten georganiseerd en de sportfaciliteiten op de campus zijn een van de beste die ik ooit heb gezien. Probeer je eens een voetbalstadion voor te stellen op het Zernike terrein met een capaciteit van meer dan 50.000 man. Hier zit het *American Football* stadion bij elke thuiswedstrijd van de *Scarlet Knights* tot de nok toe vol met studenten die hun team naar de overwinning proberen te schreeuwen. Die passie en fanatisme voor sport zorgt dan ook voor een heus topsportklimaat binnen de universiteit.

Je kunt gerust zeggen dat een campus een kleine stad op zich is. Aan ruimte hebben ze in Amerika geen gebrek. Alles is dan ook erg ruim opgezet. Aan de bui-



tenkant zien de gebouwen op de campus er onderhouden uit. Het gebouw waar mijn kamer zich in bevindt is echter hopeloos verouderd. Daarnaast kun je echt je bedenkingen hebben bij de inrichting. Het lijkt net alsof elk kantoor is ingericht met de collectie van een willekeurige kringloopwinkel. In tegenstelling tot Nederland wordt er hier niet bijzonder veel geïnvesteerd in de inrichting van gebouwen of überhaupt aan de gebouwen zelf. De onderzoeksfaciliteiten zijn ook niet om over naar huis te schrijven. De meeste apparatuur is verouderd en staat vaak in een hoek stof te verzamelen. Tekenend is dan ook dat de gehele materiaalkundeafdeling één werkende elektronenmicroscopie moet zien te delen. Opruimen kunnen Amerikanen volgens mij ook niet, je ziet bijna overal afgedankte producten wegroesten in een ongebruikte hoek van de tuin.

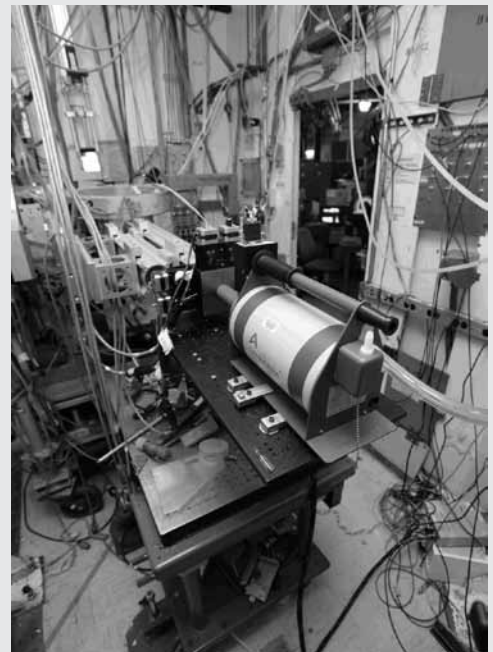
Leven naast het onderzoek

Naast mijn dagelijkse bezigheden op de universiteit heb ik natuurlijk goed kennis gemaakt met de Amerikaanse cultuur. Houthakken in het bos; off-road rijden met pick-up trucks; schieten met pistolen en geweren; de typische Amerikaanse nationale feestdagen. Ik heb het allemaal mogen meemaken. Met New York City om de hoek ben ik als toerist ook goed aan mijn trekken gekomen. Daarnaast ben ik hier als liefhebber van het 'outdoors' ook echt op mijn plek. Amerika is dan voor mij boven alles het land van de fantastische natuur en haar 'wildlife'.

Nu ik bijna aan het einde van mijn verblijf hier zit begint ook de tijd voor reflectie te komen. Persoonlijk heb ik het afgelopen halfjaar ervaren als een grote ontdekkingsreis, natuurlijk een reis door het onderzoek en de Amerikaanse cultuur, maar bovenal een reis ter ontdekking van mezelf. Je leert jezelf pas echt goed kennen als je ver weg van je vertrouwde omgeving er helemaal alleen voorstaat. Studeren in het buitenland levert indrukken en ervaringen op die ik voor geen goud zou hebben willen missen. Mijn advies is dan ook: mocht je ooit in de gelegenheid zijn om iets in het buitenland te gaan doen, pak die kans! •

Het onderzoek

Als onderdeel van het Nanomaterials Laboratory deed ik onderzoek naar de thermokinetische oorsprong van het verhogen van de dichtheid bij *boron carbide* terwijl het wordt blootgesteld aan zowel een thermisch als elektrisch veld. Dit wordt gedaan door het materiaal bloot te stellen aan hoog-energetische polychromatische röntgenstraling die wordt geproduceerd door een synchrotron. Het daadwerkelijke onderzoek vindt dan ook plaats bij het National Synchrotron Light Source, onderdeel van het Brookhaven National Laboratory, op Long Island in de staat New York. De gebruikte techniek, *Energy dispersive X-ray diffraction (EDXRD)* biedt de mogelijkheid om de evolutie van processen op atomaire schaal in de tijd te volgen. Het op deze manier uitlezen van een materiaal dat onderhevig is aan externe invloeden ('*in situ*'), is uniek in de hele wereld.



FIGUUR 1 Onze beamline bij de synchrotron van de National Synchrotron Light Source.

Luchtlagers Meshen

Een case bij Schut

DOOR MAIKE JASPERS

In grote machines zijn kleine onderdelen vaak net zo belangrijk als grote onderdelen. Wanneer men te maken heeft met meetapparaten, wil men dan ook dat de kleine verbindende onderdelen zo efficiënt mogelijk en zonder wrijving kunnen worden bewogen. Dit zodat de meetapparatuur zelf niet bijdraagt aan een hoge afwijking van de meetwaarden. Door luchtlagers te gebruiken wordt de wrijving tussen de ondergrond en de lager zo laag mogelijk; meetresultaten worden preciezer. Maar hoe zorgen we ervoor dat de stroming en druk van de lucht zo efficiënt mogelijk verspreid wordt en de stabiliteit van de luchtspleet zo groot mogelijk wordt?

Dit is een van de vragen die bij het bedrijf Schut Geometrische Meettechniek in Groningen spelen, zie bron 1. De luchtlagers van Schut zien er op dit moment uit zoals is weergegeven in figuur 1.

We bekijken een derde van deze luchtlager. Dit mag omdat er symmetrie is in de drukverdeling van de lucht en tevens de simulatie van een derde van de luchtlager kan worden doorgetrokken naar een simulatie van de gehele luchtlager. Zo krijgen we de afbeelding zoals is weergegeven in figuur 2.

In figuur 2 corresponderen de verschillende nummers met de volgende onderdelen:

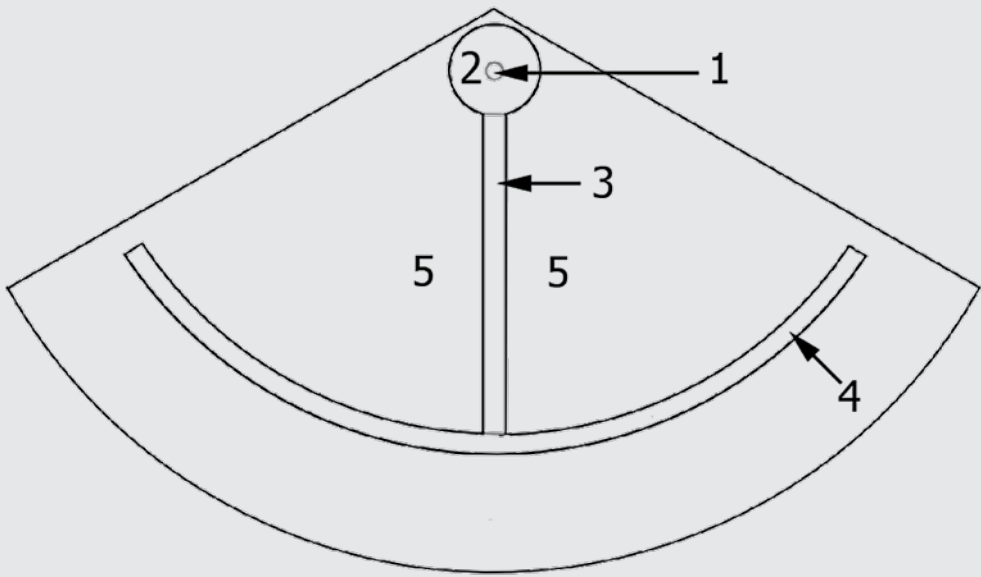
- | | | |
|-----------|------------|----------|
| 1. Inlet; | 2. Pocket; | 3. Duct; |
| 4. Arc; | 5. Gap. | |

De Inlet is een buis waardoor de lucht wordt aangevoerd. De lucht stroomt vervolgens door naar de Pocket en stroomt dan via de Duct naar de Arc. In de Arc wordt de lucht horizontaal verdeeld. Uiteindelijk komt de lucht terecht in de Gap, het gedeelte waar de belangrijkste drukval plaatsvindt. De Inlet is zoals eerder gezegd een buis, de Duct en de Arc zijn extra lagen bovenop de Gap. Onderdelen 2, 3 en 4 vormen samen het anker.



FIGUUR 1 Een luchtlager.

Er zijn tegenwoordig veel programma's waarmee de verspreiding van de druk en de stroming van lucht in een geometrie kunnen worden gesimuleerd. Eén daarvan is OpenFOAM. Om de verspreiding van de lucht in een geometrie te kunnen simuleren in OpenFOAM is er echter eerst een verdeling van de inhoud van de geometrie nodig. Het idee is om als het ware de geometrie op te delen in kleine delen, zodat voor elk klein deel de luchtstroom kan worden bepaald. De kleine delen samen bedekken de gehele geometrie. Deze manier van werken wordt 'meshen' genoemd. De exacte definitie van een mesh staat in bron 2.



FIGUUR 2 Een derde van de luchtlager, de verschillende onderdelen zijn aangegeven.

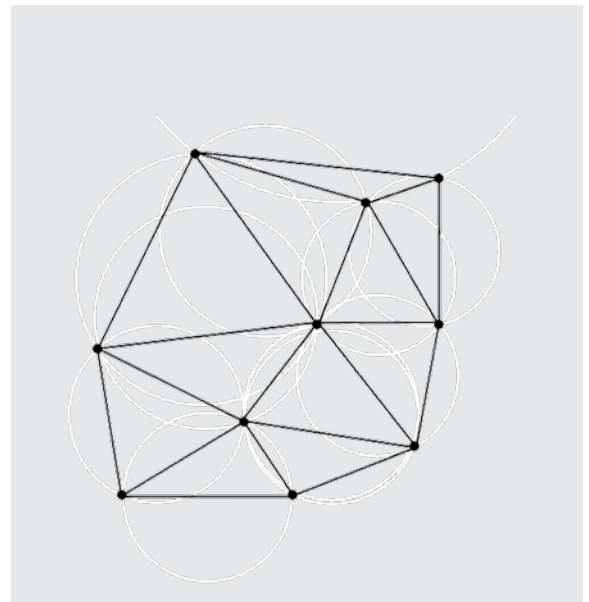
Er zijn verschillende manieren om een geometrie op te delen: de geometrie kan opgedeeld worden in volledig bedekkende cirkels, in vierkanten of in driehoeken. Vanwege de geometrie van de luchtlager, is het opdelen in driehoeken het nauwkeurigst. De mesh wordt dan ook wel een 'triangulatie' genoemd, zie bron 2 voor de exacte definitie van een triangulatie.

De meest bekende vorm van triangulatie is de Delauney-triangulatie. Deze triangulatie wordt gemaakt door een aantal punten in de geometrie te plaatsen (zoveel als men zelf wil, meer zorgt voor meer nauwkeurigheid maar meer rekentijd) en dan vervolgens op zo'n manier driehoeken van deze punten te maken dat geen enkele cirkel rond zo'n driehoek een ander punt van de geometrie bevat. Zie figuur 3 voor een voorbeeld van een Delauney-triangulatie, geen enkele cirkel rond een driehoek bevat een ander punt.

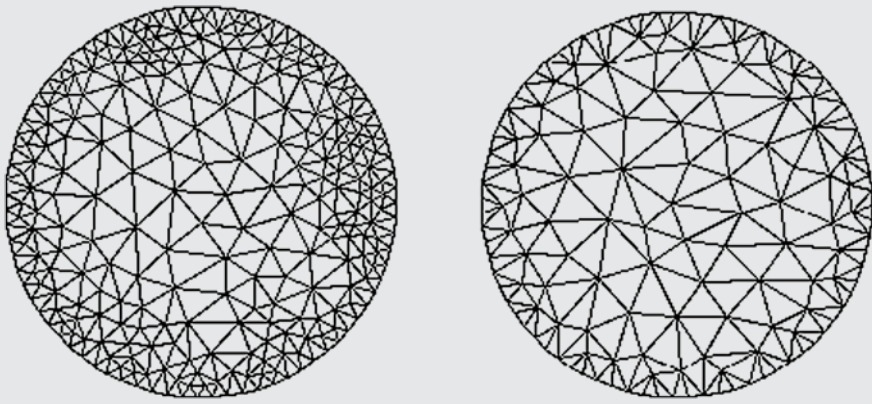
Om de luchtverdeling in een luchtlager te simuleren wordt de geometrie van de luchtlager eerst opgedeeld met behulp van een Delauney-triangulatie. Een luchtlager is 3-dimensionaal. Voor het maken van een Delauney-triangulatie in 3D zijn er genoeg scripts en programma's op het internet te vinden. Vanwege de aparte geometrie van de luchtlager (vooral de Arc) zijn deze programma's echter niet nauwkeurig genoeg. Een verstandiger plan van aanpak is dan ook om eerst de Delauney-triangulatie te maken voor de onderste laag in 2D en deze vervolgens met behulp van verschillende lagen op te bouwen naar 3D.

Voor het maken van Delauney-triangulaties voor 2-dimensionale objecten zijn op het internet ook genoeg programma's en scripten te vinden. Een daarvan, Triangle, is uitermate geschikt voor het meshen van de onderste laag van de luchtlager, zie bron 3.

Triangle is goed in het maken van een Delauney-triangulatie voor verschillende geometrieën, zoals cirkels, ringen, vierkanten en rechthoeken.



FIGUUR 3 Voorbeeld van een Delauney-triangulatie.



FIGUUR 4 Delauney-triangulatie voor een cirkel.

Een paar voorbeelden van een Delauney-triangulatie voor een cirkel zijn te zien in figuur 4, met steeds een andere hoeveelheid aan driehoeken en grootte van de driehoeken.

De manier waarop men de luchtlager in Triangle laat meshen is dan ook door de afzonderlijke delen van de luchtlager (zie figuur 2) apart te meshen en vervolgens samen te voegen tot een geheel (nog in hetzelfde script). De Pocket kan gezien worden als een ring (de Inlet is het gat), de Duct als een rechthoek, etc. Uiteindelijk ziet de Delauney-triangulatie er dan uit zoals is weergegeven in figuur 5. Voor de precieze implementatie in Triangle en het meshen van de afzonderlijke gedeelten, zie bron 2.

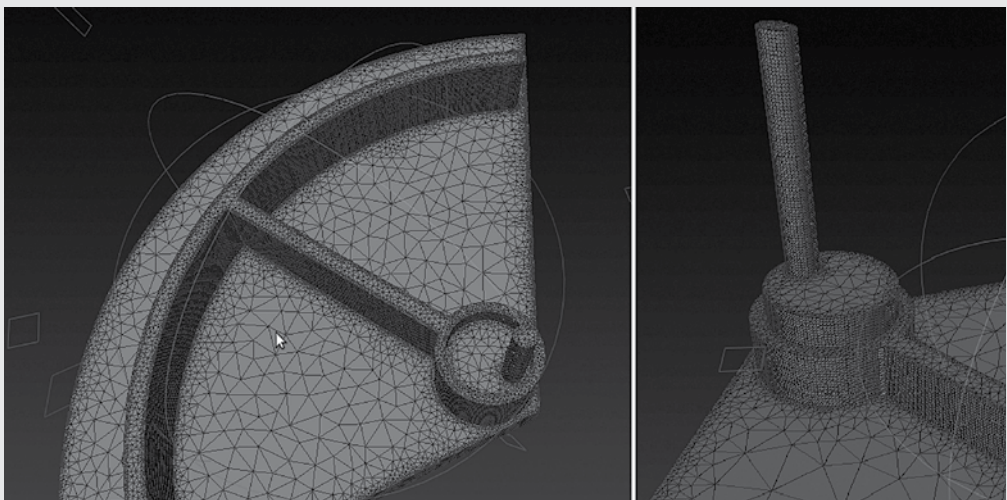
Met deze mesh kan vervolgens de 3D-mesh gemaakt

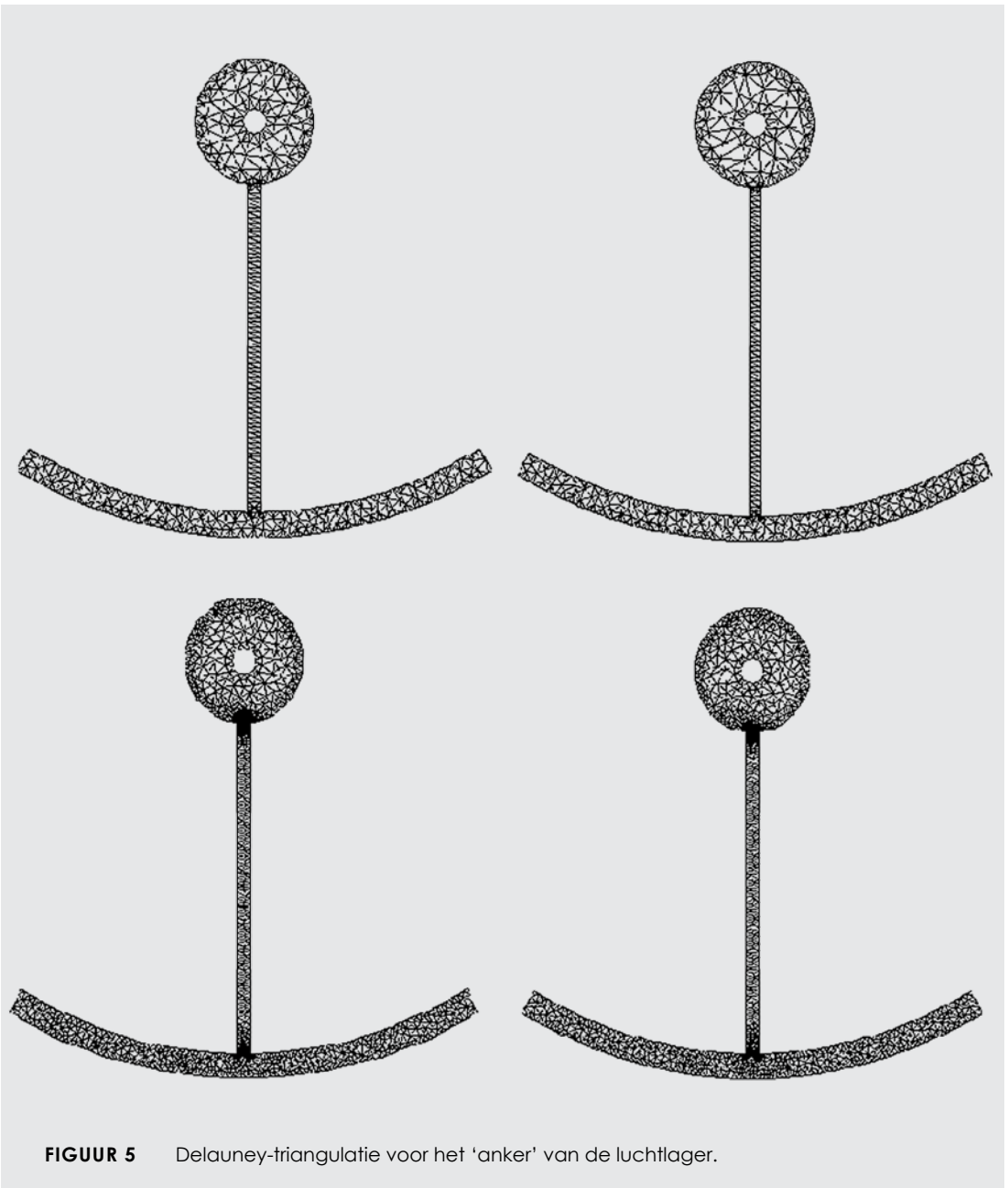
worden door de 2D-mesh op te bouwen in verschillende lagen naar 2D. In feite willen we nu aan elke laag een hoogte meegeven en daarop weer de volgende laag bouwen. Voor de specificatie hiervan heeft men de verschillende punten, verbindingen (edges) en cellen nodig. Bovendien moet men ook nog weten welke cellen buren zijn, zodat de uitstroom van lucht in de ene cel gelijk is aan de instroom van lucht in de buurcellen.

De verdere verwerking en afhandeling van deze onderdelen zijn helaas te lang voor dit artikel. Het belangrijkste is dan het eindresultaat: de gehele mesh van de luchtlager in 3D, dit wordt weergegeven in figuur 6.

Met behulp van deze mesh kan vervolgens in OpenFOAM de verspreiding van de druk en stroming van

FIGUUR 6 3D mesh van de luchtlager.





FIGUUR 5 Delauney-triangulatie voor het 'anker' van de luchtlager.

de lucht in de luchtlager worden gesimuleerd. Door vervolgens verschillende afmetingen van de onderdelen van de luchtlager te variëren en voor elk nieuw type luchtlager opnieuw de verspreiding van lucht te simuleren en deze met elkaar te vergelijken, kan de beste verhouding tussen afmetingen van onderdelen van de luchtlager worden bepaald •

Referenties

- [1] Schut Geometrische Meettechniek, Groningen, fmf@schut.com
- [2] Meshing Air Bearings, Jaspers M., augustus 2013, Honours College Bachelor Project and Case GBE.
- [3] Triangle, A Two-Dimensional Quality Mesh Generator and Delaunay Triangulator, Shewchuk, J.R., 2006, <http://www.cs.cmu.edu/quake/triangle.html>.

Cantors diagonaal

DOOR BART MARINISSEN

Cantor was de eerste wiskundige die zich echt bezighield met ‘oneindig’, een heerlijk wiskundig concept. Oneindig ontglipt vaak de intuïtie. Dit maakt het erg interessant, behoorlijk zelfs. Er ligt altijd wel weer een nieuwe verrassing om de hoek en deze kennis lokt ons steeds verder. Cantor was de eerste die de schoonheid hiervan inzag. Als keerzijde kan oneindig soms heel lang zijn geheimen verbergen. Het heeft Cantor dan ook bijna tot waanzin gedreven.

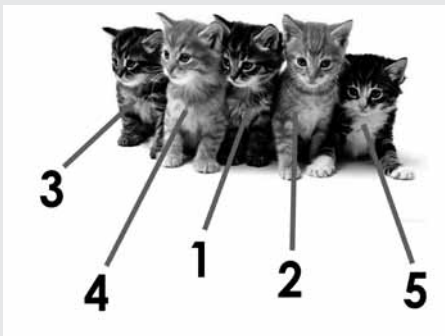
In dit stuk gaan we kijken naar een, op het eerste gezicht simpele, vraag. Hoeveel getallen zijn er op de getallenlijn? (Vanaf hier, *de reële getallen* genoemd.) Nou staat er hieronder nog heel veel tekst, maar het antwoord is toch duidelijk? Oneindig veel! Dit is waar. Echter, we negeren hiermee de nuances van oneindig en overschatten onze eigen intuïtie. Het zijn deze nuances die wij gaan bekijken en deze intuïtie die we gaan beproeven. Hiertoe kijken we eerst wat *evenveel* nou eigenlijk betekend. Daarna testen we onze intuïtie op een paar voorbeelden. Uiteindelijk gebruiken we Cantors grootste nalatenschap, zijn ‘diagonaalargument’ om onze vraag te beantwoorden. Zoals bij vele vragen zullen we zien dat dit antwoord alleen maar interessantere vragen oproept.

Evenveel

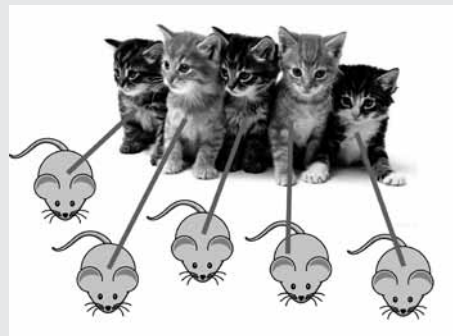
Als je zegt: “er zijn vijf kittens”, wat bedoel je dan precies? Dat we met de getallen 1 tot en met 5, elk kitten een uniek nummer kunnen geven, zie figuur 1. Stel nou dat iemand ook zegt: “er zijn vijf muizen”. We kunnen dan zeggen: “er zijn evenveel muizen als kittens”. Een interpretatie daarvan is dat het aantal muizen hetzelfde is als het aantal kittens. Nou werkt deze definitie nog als we het hebben over kittens, omdat er (in het echt) nooit oneindig veel kittens zijn. Als we het echter over oneindige dingen gaan hebben, dan wordt het begrip ‘aantal’ moeilijk. Gelukkig kan het ook anders (en eleganter).

Daarvoor gaan we terug naar wat ‘vijf kittens’ nou

“Oneindig kan soms heel lang zijn geheimen verbergen.”



FIGUUR 1 De vijf kittens, elk met een uniek nummer tussen 1 en 5.



FIGUUR 2 De vijf kittens, elk met een eigen muis.

eigenlijk betekent. Als we er goed overnadenken hebben we een soort relatie tussen de kittens en de getallen. Elk getal hoort bij precies één kitten, en elk kitten hoort bij precies één getal. Dit noemen we ook wel een *één-op-één relatie*. We hebben dus eigenlijk evenveel kittens, als getallen van 1 tot en met 5. We kunnen nu ook zeggen dat er een één-op-één relatie is tussen de vijf kittens en muizen. Elke kitten zou precies met één muis kunnen spelen, zie figuur 2. In het algemeen zeggen we dat er evenveel X 'en zijn als Y 'en, precies als er een één-op-één relatie bestaat tussen alle X en alle Y .

Voorbeelden

Met deze kennis kunnen we enkele voorbeelden beschouwen. Neem bijvoorbeeld de even getallen. In principe zijn er twee keer zoveel gehele getallen als even getallen vanaf hier *de natuurlijke getallen*, of \mathbb{N} . Immers is slechts één op de twee gehele getallen even. Dit is nou een mooi voorbeeld waar onze intuïtie het laat afweten. Er zijn namelijk precies evenveel natuurlijke getallen als even getallen. Om dit aan te tonen, moeten we dus een één-op-één relatie tussen de natuurlijke en even getallen geven. Deze is eigenlijk best wel simpel, namelijk 'keer twee'. We kennen 1 toe aan 2, 2 aan 4, 3 aan 6, enzovoort. De eigenschap dat er evenveel X 'en zijn als er natuurlijke getallen zijn, noemen we ook wel de aftelbaarheid van alle X . Immers, als je elementen nummers gaat geven, ben je ze eigenlijk aan het tellen.

Nou kun je misschien zeggen dat dit komt omdat ' $\infty \times 2 = \infty$ '. Maar dan ben je ineens aan het vermenigvuldigen met oneindig. Op zijn best ben je dan gewoon onzin aan het opschrijven. Op zijn slechtst is alles ineens aan elkaar gelijk. Nee, 'rekenen' met oneindig wil je voorkomen. Nog een goed voorbeeld dat intuïtie alleen het niet altijd haalt.

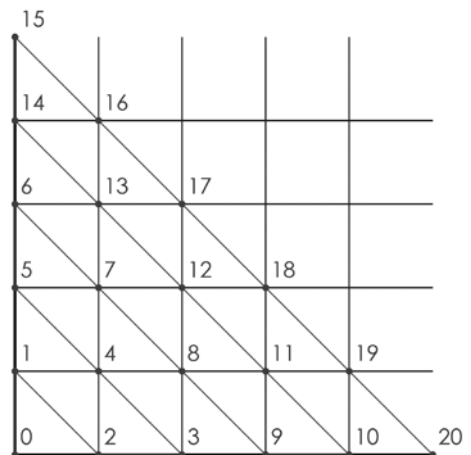
Bij het volgende voorbeeld gaan we kijken naar 'alle paren van natuurlijke getallen'. In wiskundige notatie is dit $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$. Als je \mathbb{N} voorstelt als punten op een lijn, dan kun je $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ voorstellen als punten in een vlak, zie figuur 3. Nou zou je misschien denken dat er toch

(0, 4)	(1, 4)	(2, 4)	(3, 4)	(4, 4)
(0, 3)	(1, 3)	(2, 3)	(3, 3)	(4, 3)
(0, 2)	(1, 2)	(2, 2)	(3, 2)	(4, 2)
(0, 1)	(1, 1)	(2, 1)	(3, 1)	(4, 1)
(0, 0)	(1, 0)	(2, 0)	(3, 0)	(4, 0)

FIGUUR 3 Alle paren van natuurlijk getallen.

echt wel meer van zulke paren zijn. Immers zijn er voor elk enkel natuurlijk getal oneindig veel paren die dat natuurlijke getal bevatten. Als we kort terugvallen op de slechte manier van schrijven zijn er $\infty \times \infty$ veel van zulke paren. Je voelt hem misschien al aankomen. $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ is toch echt aftelbaar.

Om dit te zien, moeten we dus eigenlijk al deze paren nummeren. In figuur 4 kun je zien dat dit eigenlijk

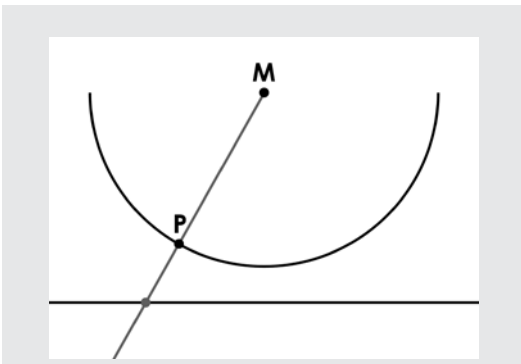


FIGUUR 4 Het nummeren van alle paren van natuurlijke getallen.

best makkelijk kan. Als we de paren gewoon nummeren op de volgorde waarop we ze tegenkomen op de lichtgrijze lijn, dan heeft elk paar een uniek nummer! We kunnen nu ook direct iets zeggen over de rationale getallen. Dit zijn alle getallen die als een breuk van twee eindige getallen geschreven kunnen worden. Het zijn er evenveel als de natuurlijke getallen want het kunnen er meer noch minder zijn. Niet *meer* omdat de natuurlijke getallen ook te schrijven zijn als breuk. Niet *minder* omdat elke breuk te schrijven is als een 'paar' natuurlijke getallen.

Het laatste voorbeeld is het 'interval' tussen 0 en 1. Dit bevat evenveel getallen als de gehele getallenlijn. Dit betekent dus dat

er een één-op-één relatie tussen de twee bestaat. Om dit te zien buigen we het interval om in een halve cirkel boven de getallenlijn. De één-op-één relatie is dan de *projectie* van de halve cirkel vanuit zijn middelpunt M op de getallenlijn, zie figuur 5. Als we een punt P



FIGUUR 5 De één-op-één relatie is de projectie van de halve cirkel vanuit zijn middelpunt M op de getallenlijn.

op de halve cirkel hebben, dan trekken wij een lijn door M en P . Waar deze lijn de getallenlijn snijdt is dan de projectie van P vanuit M op de getallenlijn. Interessant is dat ditzelfde proces werkt voor elk willekeurig interval.

Cantors diagonaal

Na deze voorbeelden kunnen we gaan kijken naar onze oorspronkelijke vraag. Specifiek gaan we kijken of de reële getallen aftelbaar zijn. Als dit zo is, dan moeten we een lijstje van reële getallen kunnen maken zodat alle reële getallen op de lijst staan.

Stel nou dat wij voor elke lijst reële getallen een reëel getal \bar{r} kunnen maken dat niet op het lijstje staat. In dat geval, kan er dus geen lijstje bestaan waar alle reële getallen op staan. Dan kunnen de reële getallen dus niet aftelbaar zijn. Cantors diagonaal is een poging om, gegeven een lijstje reële getallen, precies zo'n getal \bar{r} te vinden dat niet op de lijst staat. Daarbij gaan we ervan uit dat alle getallen tussen de 0 en de 1 liggen.

Hiervoor, doen wij ruwweg het volgende. We zetten 'alle' getallen in hun 'decimale expansie' onder elkaar. Vervolgens nemen we alle 'decimalen' op de diagonaal en maken we daar een nieuw getal van, r' . En dan komt de truc: van r' veranderen we nu elke decimaal. Het resulterende getal \bar{r} , kan niet op de lijst staan. Als je \bar{r} namelijk vergelijkt met een willekeurig getal r_n (het n -de getal van de lijst), dan komt het verschil zeker weten op de n -de decimaal.

Nou klinkt dit misschien overtuigend, maar kan dat eigenlijk wel? Immers is de lijst oneindig lang, en die diagonaal ook. We hebben gezien dat de intuïtie het nog wel eens laat afweten met dit soort dingen. Daarom zullen we dit nog iets preciezer

moeten maken. Daarvoor laten we $r_i[j]$ de j -de decimaal van r_i zijn. Vervolgens kiezen we voor $r'[n]$ (de n -de decimaal van r) gewoon $r_n[n]$. Dan kiezen wij voor $\bar{r}[n]$ (de n -de decimaal van \bar{r}) een decimaal ongelijk aan $r'[n]$. Dit kan allemaal door twee dingen. We hadden een lijstje van oneindig veel reële getallen, en een reël getal heeft oneindig veel decimalen.

De reële getallen zijn dus niet aftelbaar. Elk lijstje van reële getallen zal namelijk ten minste één reëel getal missen. Als je erover nadenkt is dit eigenlijk best raar. We zagen namelijk al eerder, dat de rationale getallen *wel* aftelbaar zijn. En we kunnen elk getal op de getallenlijn toch benaderen met een breuk? Blijkbaar is er een wezenlijk verschil tussen de reële getallen en de rationale getallen.

En wat betekent het nou dat de reële getallen meer

dan aftelbaar zijn? Ten eerste betekent het dat er verschillende vormen van oneindig zijn. Een vraag die naar voren komt is: "Hoeveel meer zijn er nou?". Een kort antwoord daarop is: "héél veel meer". Stel bijvoorbeeld dat je aan elk natuurlijk getal, in plaats van één reëel getal, een oneindige lijst van reële getallen toekent. Dan kun je nog steeds niet alle reële getallen bedekken. Dit is indirect een gevolg van het feit dat $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ aftelbaar is.

Dan is er nog de kwestie van verschillende vormen van oneindig. Zijn er meer vormen van oneindig? Ja. Met een variant op Cantors diagonaalargument, kun je laten zien dat een bepaalde constructie (de machtsverzameling) van elke oneindige verzameling, een *oneindigere* verzameling kan maken. Ook is er de vraag of er vormen van oneindig bestaan die kleiner zijn dan die van de reële getallen maar groter dan die van de natuurlijke getallen. De zogeheten *continuümhypothese* stelt dat dit waar is. Echter

is al bewezen dat deze stelling bewezen noch ontkracht kan worden. Dat dit überhaupt kan is een onderwerp voor een artikel twee keer zo lang als deze.

We hebben dus gezien dat evenveel eigenlijk betekent: 'er is een één-op-één relatie'. Ook bleek dat oneindig soms net onze intuïtie kan ontspringen. En net toen het leek alsof alle vormen van oneindig hetzelfde waren, bleek het ineens dat er verschillende soorten zijn. Oneindig blijft verbazen en blijft, voor sommigen, bekoren. Nog een vraag aan jou, om te kijken of je het snapt en om nog dieper in deze mooie wiskunde te duiken: "waarom werkt Cantors diagonaal niet als je natuurlijke of rationale getallen in de tabel zet?" •

r_1 :	0.	1	2	7	8	5	...
r_2 :	0.	9	5	8	6	4	...
r_3 :	0.	3	5	4	9	0	...
r_4 :	0.	0	9	8	3	6	...
r_5 :	0.	1	3	3	7	8	...
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
r' :	0.	1	5	4	3	8	...
\bar{r} :	0.	2	8	8	4	9	...

FIGUUR 6 Visualisatie van Cantors diagonaalargument.

Van de Penningmeester

DOOR LIANNE VAN TIMMEREN

Het collegejaar is ondertussen al een poosje bezig. De eerste periode is alweer voorbij; het nieuwe bestuur van de FMF vervult inmiddels ruim drie maanden haar bestuurstaken. Wat vliegt de tijd als je het naar je zin hebt!

Zelf ben ik redelijk nieuw bij de FMF, dus zal ik mij eerst even voorstellen. Mijn naam is Lianne van Timmeren en ik ben vijfdejaars wiskundestudent. Ik ben met het laatste jaar van mijn master bezig. Tevens heb ik verschillende student-assistentenschappen gedaan bij de RUG. Naast mijn studie ben ik al jaren actief lid bij tennisvereniging Veracket, daar heb ik ook verschillende commissies gedaan. Naast mijn studie werk ik al meer dan zeven jaar in het Sprookjeshof in Zuidlaren.

In het vierde jaar van mijn studie heb ik in een opwelling besloten mee te gaan met de Grote Buitenlandse Excursie naar Zuid-Afrika. Hiervoor heb ik eerst een case bij Thales gedaan over GPS loggers. Vervolgens was er de fantastische reis naar Zuid-Afrika met de FMF. Dit vond ik een ontzettend leuke reis. Tijdens deze reis leerde ik een paar voormalige leden van het FMF-bestuur kennen. Zij vertelden over de werkzaamheden en taken van het FMF-bestuur; dit sprak mij erg aan. Bovendien vorderde mijn studie zo snel dat ik vond dat ik wel een jaar kon stoppen met studeren. Vandaar dat ik heb gesolliciteerd bij de FMF. Zo is het gekomen dat jullie mij nu waarschijnlijk kennen als penningmeester van het 55e bestuur van de FMF.

Op dit moment doe ik het bestuurswerk van de FMF met veel plezier samen met Karin, Natascha, Maike en Jaap. Wij hebben al erg veel leuke dingen beleefd. Naast dat we elkaar overdag zien wanneer we bezig zijn met bestuurstaken, doen we ook buiten bestuursuren om nog veel gezellige dingen met elkaar. Alsof we elkaar overdag nog niet genoeg zien! Elke dag leer ik nog nieuwe dingen bij door het bestuur en ik ben het leren van nieuwe dingen nog lang niet zat! Tevens is het ontzettend leuk om nieuwe mensen te leren kennen binnen de FMF. Af en toe komt er bij het bestuurswerk natuurlijk behoorlijk wat stress kijken,



Lianne van Timmeren,
penningmeester der FMF.

maar daar leren we met elkaar van!

Naast de drukke bestuursfunctie ben ik ook mijn oude werk en sport niet vergeten, ik ben nog altijd aan het tennissen, werken en lesgeven. Daarnaast vind ik ook nog tijd om leuke dingen met vrienden en familie te doen.

Een aantal hoogtepunten van het bestuursjaar tot nu toe waren voor mij de felicitatieborrel, de dieslezing en de excursie naar Thales. Zo zijn er nog veel meer leuke dingen en activiteiten geweest de afgelopen periode.

Dit ben ik in vogelvlucht, mochten jullie nog meer dingen over mij willen weten, vraag het gerust! •



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

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

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

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

www.asml.com/careers

ASML

For students who think ahead

Death by Chocolate

DOOR DOUWE VISSER

Als je op zoek bent naar een overheerlijk toetje dan heeft de Periodiekredactie dit keer jouw toekomstig favoriete toetje. Dit nagerecht is ideaal voor mannen en voor vrouwen vanwege de uitstekende combinatie van slagroom, bier en chocolade. Bovendien smaakt dit toetje ook echt verrukkelijk. Of om het in de woorden van Jamie Oliver te zeggen: “Bedenk dat het een traktatie is, al klinkt *Death by Chocolate* als een briljante manier om heen te gaan.”

Moeilijkheid:



Personen: 4 - 6

Bereidingstijd: +/- 20 min voorbereiding
+/- 30 min in de oven

Ingrediënten

Voor de custard

- 5 grote eieren, liefst biologisch of vrije uitloop
- 5 eetlepels cacao
- 5 eetlepels lichtbruine basterdsuiker
- 300 ml slagroom
- 700 ml halfvolle melk



FIGUUR 1 Death by Chocolate.

- 1 witbrood van 800 g, zonder kapjes, in sneetjes van 1 cm
- 100 g pure chocolade van goede kwaliteit (minstens 70% vaste cacaobestanddelen)

Voor de saus

- 100 ml donker bier
- 100 ml slagroom
- 2 eetlepels lichtbruine basterdsuiker
- 100 g pure chocolade van goede kwaliteit (minstens 70% vaste cacaobestanddelen)

Voor erbij

- Een bakje aardbeien
- Vanilleroomijs

Materiaal

- Ovenschaal van ongeveer 6 × 30 × 25 centimeter
- Oven
- Middelgrote pan

Bereiding van de custard

1. Verhit de oven tot 180 °C / gasovenstand 4.
2. Breek de eieren in een grote mengkom en klop ze met de cacao en de basterdsuiker tot een glad mengsel. Klop vervolgens geleidelijk de slagroom en de halfvolle melk erdoor tot alles goed gemengd is.
3. Snijd de sneetjes brood in grove driehoeken en doe ook die in de mengkom. Druk de broodjes een beetje onder en laat ze 30 seconden weken tot ze zich hebben volgezogen met de heerlijke chocoladecustard. Het gaat het beste als je ze niet allemaal tegelijk onderdrukt maar één voor één.
4. Leg de geweekte stukjes brood in de ovenschaal en schenk er het laatste restje van de custard over.
5. Laat de chocolade in de verpakking zitten en sla er hard mee op je werkvlak om de reep in stukjes

te breken (dat gaat het best als de chocola heel koud is).

6. Vouw de verpakking open en prik de stukjes tussen de sneetjes brood. Tijdens het bakken smelten ze tot overheerlijke, donkere plasjes en geven de pudding een verrassend extra-tje. In plaats van chocola zou je ook gesuikerde vruchtjes, gemengde noten, plakjes banaan of kleine stukjes toffee kunnen gebruiken - heerlijk!
7. Strooi vanaf een redelijke hoogte een gelijkmatig laagje suiker op de pudding.
8. Zet hem vervolgens 25 tot 30 minuten in de voorverwarmde oven, tot hij mooi goudbruin is gebakken en de custard begint op te stijven, maar nog niet helemaal stijf is geworden.

Bereiding van de saus

Als de pudding in de oven staat is het een goed moment om met de saus te beginnen.

9. Zet een middelgrote pan met het donker bier, de slagroom en basterdsuiker op een matig tot hoog vuur. Blijf continu roeren en haal de pan zodra het mengsel aan de kook komt van het vuur.
10. Verbrijzel de chocola en roer de stukjes met een klein snufje zout door het biermengsel.

Serveer de pudding met een royale scheut chocoladebiersaus. Ook lekker met een paar verse aardbeien en een bolletje vanilleroomijs •

Referentie

- [1] 'Jamie's Amerika' Jamie Oliver

Vorig Breinwerk

Zenuwzinking

DOOR DE REDACTIE

Ricardo de Ruiter wint het vorige Breinwerk. Ricardo wist de redactie op de hoogte te brengen van de meeste fouten, waardoor een zenuwzinking bij de redactie gelukkig op het laatste moment voorkomen kon worden!

Hij wint 'het Groene Boekje,' een boekje wat je als oud-secretaris en schrijver van een eigen boek natuurlijk goed kunt gebruiken. Ook wil de redactie Lucas Seuren graag bedanken voor deze mooie puzzel en de oplossing hiervan •

De oplossing

De kennis van het Nederlands schrift is bij studenten in het universitaire onderwijs al jaren op een abominabel niveau. Hoewel na een opleiding in de hogere sectoren van het middelbaar onderwijs verwacht zou mogen worden dat een succesvol afgestudeerde scholier genoeg schrijfvaardigheid heeft om een opleiding in het wetenschappelijk onderwijs te kunnen volgen, blijkt op de universiteit nog altijd dat menig student zelfs van de meest basale regels geen kaas heeft gegeten. Verschillende hogeronderwijsinstellingen hebben de laatste jaren dan ook een taaltoets ingevoerd om te verifiëren of de student in spe wel vaardig genoeg is om essays, artikelen en scripties te schrijven in nageenough foutloos Nederlands.

In dat opzicht hebben studenten met een interesse in de zuivere wetenschappen een frappant voordeel. Het Nederlands is bij menig opleiding al uitgefaseerd als taal waarin het onderwijs verzorgd wordt. In plaats daarvan wordt verwacht dat de student afdoende kennis heeft van de wetenschappelijke lingua franca: Engels. Maar aangezien het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs niet tot doel heeft om leerlingen met een zogenaamde 'native' vaardigheid af te leveren, kunnen studenten nog niet aan de poort geweigerd worden. Evenmin is er noodzaak om een taaltoets af te nemen, omdat het Nederlands schrift niet behoort tot een van de noodzakelijke verworvenheden van een natuur- of sterrenkundestudent.

Dat creëert alleen wel een merkwaardige situatie, waarbij kennis verondersteld wordt die helemaal niet

tot de technieken behoort van een hbo- of vwo-alumnus. De moedertaal van de Nederlander is nog altijd het Nederlands. Hoewel er veel waarde gehecht wordt aan het Engels in onze langzaam anglicerende samenleving, is het zeker niet ondenkbaar dat een potentiële bètastudent niet beschikt over voldoende bekwaamheid om een opleiding te volgen zonder in de problemen te komen met het begrip van de leerstof ter oorzake van de gebruikte taal.

Het is dan ook onontbeerlijk dat de bevoegde instanties in de komende jaren besluitvorming op gang zetten in zake de wetenschappelijke voorbereiding die studenten noodzakelijkerwijs nodig hebben. Er is modificatie nodig van het vroegeentwintigste-eeuwse onderwijssysteem, waarin scholieren die een keuze maken voor het bètaonderwijs eenzelfde scholing in het Engels krijgen als degenen die zich liever bezighouden met economische of geschiedkundige theorieën. Hoewel beter jong geleerd dan oud gedaan ook hier het devies is, wat zou betekenen dat al in het lager onderwijs meer nadruk komt te liggen op de Angelsaksische taal, is het op zijn minst aanbevelingswaardig om vanaf het zestiende levensjaar een uitgebreidere scholing te verzorgen in het Engels voor die studenten die aangeven een bijzondere interesse in een wetenschappelijke carrière te hebben. Het moge lastig zijn om op latere leeftijd nog een taal te leren, het zijn niet de bèta's die maar dom zijn en we mogen van de Feynmans en Dijkgrafen van de toekomst verwachten dat zij wel een tandje bij kunnen zetten.

Nieuw Breinwerk

Aziatisch stenen tellen

DOOR DE REDACTIE

Tijdens de feestdagen is er weer een grote hoeveelheid aan vuurwerk afgestoken. Gillende keukenmeiden, Chinese rollen en vuurpijlen. Oorspronkelijk was vuurwerk in China bedoeld om de slechte geesten bij het begin van een nieuw jaar af te schrikken door veel geluid, licht en ontploffingen. Een mooie traditie die door de rest van de wereld met genoegen is over genomen. Om bij de Chinese tradities te blijven, ook vele gezelschapsspellen zijn bedacht in China. Eén van de meest bekende is ‘Go,’ dat ruim 2000 v. Chr. al bestond en destijds met natuurlijke stenen werd gespeeld. Ook zien we in Japan de stenen terug komen, stenen stapelen is een kunst dat als ideaal evenwichtsbeeld wordt gezien. Spelen met stenen lijkt dan ook een goede bezigheid. Ook de redactie van de Periodiek speelt graag met stenen, vandaar de volgende opgave.

Stuur je oplossing op voor 7 maart 2014 naar perio@fmf.nl. Onder de goede inzendingen wordt het bordspel ‘Go’ verloot •



FIGUUR 1 Stenen stapelen als evenwichtsbeeld, een echte kunst.

De opgave

Twee spelers spelen een spel met twee stapels stenen. In elke beurt mag een speler een aantal stenen van de grootste stapel afhalen. Het aantal stenen dat van de stapel wordt afgehaald moet een positief veelvoud zijn van het aantal stenen dat op de laagste stapel ligt.

Bijvoorbeeld: laat het geordende paar $(6,14)$ de configuratie met 6 stenen op de kleinste stapel en 14 stenen op de grootste stapel beschrijven. De speler die begint (eerste speler) mag nu 6 of 12 stenen van de grootste stapel (die met 14 stenen) afhalen.

De speler die alle stenen van een stapel afhaalt wint het spel.

Een winnende configuratie is een configuratie waarbij de eerste speler kan winnen. De configuraties $(1,5)$, $(2,6)$ en $(3,12)$ zijn bijvoorbeeld winnende configuraties omdat de eerste speler meteen alle stenen van de grootste stapel kan halen.

Een verliezende configuratie is een configuratie waarbij de tweede speler kan winnen, onafhankelijk van wat de eerste speler doet. De configuraties $(2,3)$ en $(3,4)$ zijn bijvoorbeeld verliezende configuraties, elke mogelijke zet van de eerste speler zorgt ervoor dat de tweede speler kan winnen.

Definieer $S(N)$ als de som van x_i en y_i voor alle verliezende configuraties (x_i, y_i) , waarbij $0 < x_i < y_i \leq N$.

Men kan verifiëren dat $S(10) = 211$ en $S(10^4) = 230312207313$.

Nu is de opdracht: vind $S(10^{16}) \bmod 7^{10}$.

Nanne Huiges

Over het werk van deze FMF-ouwe lul

DOOR NANNE HUIGES

Naar aanleiding -of dat denk ik in ieder geval- van mijn verhaaltje op de Dies Natalisviering (als FMF-ouwe lul), mag ik proberen of ik ook iets boeiends op schrift kan zetten in de Perio. Als ex-periolid kan ik dat natuurlijk niet weigeren! “Een onderwerp binnen je werk” of iets anders. Nou, dat zullen we dan maar doen. Maar dan kan ik me maar beter eerst even voorstellen.

Wie is die gast dan, vraag je je vervolgens misschien af? Ik ben jaren bij de FMF en de stichting GBE actief geweest, onder andere als bestuurslid van beide. Laten we zeggen zo vanaf 1998 tot 2008, hoewel het meest actief zo rond 2001, en daarmee verdien ik inmiddels het stempel ouwe lul wel vrij ruim denk ik. De GBE Nippon '01 naar Japan was onder andere mijn schuld. Je zou me kunnen herkennen van de fotocie hot-or-not (zie foto), maar of je me dan daaruit op straat kan herkennen is nogal te betwijfelen tegenwoordig.

En wat ga ik dan schrijven? Want het is misschien vrij makkelijk om grappige verhalen “uit de oude doos” de wereld in te werken op de Diesviering, maar in de Perio willen we natuurlijk (?) wat meer inhoud. Daarom ga ik, naar aanleiding van de hint van de redactie, dat proberen door wat te produceren over mijn werk.

Arbeit

Ik werk alweer een aantal jaar voor MobielWerkt B.V., misschien beter bekend onder haar handelsnaam belsimpel.nl. Hoewel veel mensen werken op de klantenservice en logistiek, is er ook genoeg ruimte voor “devjes,” zoals development meer dan wel minder lief-

kozend wordt genoemd. We maken namelijk, naast het onderhouden van de website zelf, veel software in-house: voorraadbeheer, orderafhandeling, administratieve processen die met abonnementen te maken hebben, en dergelijke. Het is dus ook een stuk meer dan alleen een ‘website maken’. Veel effort gaat ook zitten in het automatiseren van bedrijfsprocessen. Dit doen

we in een team van vijf mensen maar dat is dan exclusief design, marketing, content en een handvol mensen die ‘tech’ genoeg zijn om mee te denken en te werken aan de verschillende systemen. Van het core-team mag ik mezelf dan weer “chefdev” noemen.

Korte ‘wat-is-dat-dan-voor-toko’: Het hele verhaal is met twee mensen op een studentenkamer begonnen, en toen in een aantal stappen van een half onderverhuurde ruimte naar een drie verdiepingen tellend hoofdkantoor aan de Grote Markt en een winkel aan de Vismarkt gegaan. Om

met nummers te gooien: we zitten nu op zo’n 45 fte in het hele bedrijf en de groei was over de afgelopen vijf jaar zo groot dat we daar bijvoorbeeld de Deloitte ‘fast 50’ mee gewonnen hebben. (en, met meer dan 16.000% groei, vierde van Europe/Middle East/Africa Technology). Senaatspraeses Frank Wilschut vindt dat weinig, heb ik uit betrouwbare bron, maar ik denk dat



we het qua groei in een krimpende markt best goed doen. En wat gebeurt daar dan allemaal wat boeiend kan zijn voor een informaticus? Een paar voorbeelden:

Geld, prijzen en het McDonald's-effect

Een simpel voorbeeld is het tonen van prijzen. De prijs van een enkel los product is niet zo heel moeilijk. Hoewel veel mensen de veel voorkomende schommelingen in onze prijzen niet verwachten, zijn die er wel: op het moment dat onze inkoopprijs daalt zul je dat direct op de website tegenkomen. Dat is natuurlijk technisch niet zo moeilijk: maak de prijs afhankelijk van de inkoopprijs, en je bent er al. Wil je dat niet live berekenen, dan kan je dat cachen. Bij elke wijziging update je dat getal in je cache zodat je geen oude informatie in je cache hebt staan. So far so good.

Combinatieverkoop van abonnementen en toestellen is echter lastiger. De kosten en opbrengsten bestaan dan niet meer alleen uit inkoop en verkoop, maar daar zit een bedrag tussen waardoor we de toestellen goedkoper dan wel gratis kunnen uitleveren. Dit bedrag is afhankelijk van een aantal dingen, zoals het verkochte abonnement, het type hardware, extra bundels, mogelijke 'sweet spot' combinaties van deze dingen, de stand van de maan en het aantal treinen wat op tijd komt (per uur). We kunnen al deze combinaties niet meer overzichtelijk maken. Technisch gezien is het nog wel mogelijk om al deze prijzen op te slaan (het zijn er overigens zo'n 1.8 miljoen!), maar organisatorisch is dat natuurlijk niet te doen: deze prijzen moeten tot stand komen met een berekening.

Het updaten van je cache wordt dan een stuk lastiger, omdat je tussen de basisgetallen en de prijzen geen n-op-1 relatie meer hebt, maar een n-op-m. Je cache mechanisme moet zichzelf dus intelligent genoeg kunnen updaten. Een simpele hash per combinatie is dan niet zomaar meer toereikend: omdat je op dat moment niet meer kan zien welke hashes bijvoorbeeld afhankelijk zijn van die ene prijs die je zojuist hebt veranderd, zul je of moeten wachten tot je cache 'natuurlijk' zich vernieuwd heeft, of de hele cache leeg moeten gooien. Een aantal oplossingen zijn hier na-



FIGUUR 1 QR-code van MobielWerk B.V.

tuurlijk wel voor te bedenken. Zo kun je die hashes iets ingewikkelder maken en het equivalent van tags er aan hangen, of deze opbouwen met onder andere een soort versienummer waarvan je de afhankelijkheid weet. Door alle afhankelijke versienummers op te hogen invalideer je automatisch alle hashes die je nodig hebt. Als je het eenmaal uitgeschreven hebt is het geen raketwetenschap, maar ook geen oplossing die makkelijk off-the-shelf klaarstaat.

Die hoeveelheid aan prijzen heeft ook een ander effect. We voeren op deze manier voor het grootste gedeelte van de prijzen dus alleen de basisgetallen in, en hebben geen direct overzicht in de uiteindelijke prijzen. Er is natuurlijk wel een idee over hoe het er uit gaat komen te zien, maar omdat we niet alles kunnen controleren blijft het voor ons ook een 'verassing'. Een van de dingen die je kan krijgen, maar dan niet perse bewust, is het McDonalds-effect. Ik zou het bijna een chaotisch systeem noemen, maar omdat ik bang ben door een wiskundige geslagen te worden zal ik dat maar niet doen.

Stel dat je naar de McDonald's gaat voor een Big Mac, een grote friet en een kleine frisdrank (eurotopper!). Je bent dan 6,80 kwijt volgens de prijslijst die ik net

op internet vond. Dat kan niet in een menu met die kleine frisdrank. Maar als je méér frisdrank neemt, dan heb je ineens een supersized bicmac menu, voor 5,95+0,60 en ben je ineens niet alleen relatief, maar ook absoluut goedkoper uit. 25 cent korting, om meer mee te nemen. Nu kun je beargumenteren dat dat met opzet is en dat is bij de Mac natuurlijk ook zo: koppelverkoop versus losse verkoop, maar als je twee identieke combinaties (menu's) hebt waarvan degene met meer inhoud alsnog goedkoper is, dan wordt dat lastiger te begrijpen. Maar dat is precies wat je soms ziet. De neiging om deze getallen dan na te rekenen is natuurlijk groot, maar gelukkig is daar nog nooit uitgekomen dat de code grove fouten maakt in de prijsbepaling.

Beslischulp

Meer dingen? Check, nog een voorbeeld. Een abonnement is best een lastig product. Je hebt veel variabelen die het speelveld compleet anders maken, zelfs nog voordat je "1 bundel hoger of lager" beslissingen kan maken. Wat is beter: simonly en een los toestel? 1 jaar abonnement met toestel en eventueel een jaar simonly? Nu is daar wel een mooie maatstaf voor (de TCO, Total Cost of Ownership), maar niet iedereen kan / wil direct bijvoorbeeld 400 euro voor een toestel neerleggen om vervolgens minder per maand te betalen. Dan heb je nog dat de verschillende varianten net niet vergelijkbaar zijn. Iets andere voorwaarden, net een paar minuten meer, etc.

Om een klant toch een handreiking te kunnen doen van 'best matching' abonnementen bij een toestel, zijn we gaan kijken naar profielen: binnen een bepaald profiel vallen een aantal toestellen, en van dat type toestel zullen de eisen van de gemiddelde klant niet echt veel schelen. Het opstellen van die profielen is marketing, daar zal ik jullie verder niet mee lastigvallen, maar zie het als een groep toestellen die bepaalde 'eisen' aan het bijbehorende abonnement stellen. Vervolgens zoeken we op basis van die eisen de abonnementen erbij, en sorteren we die op TCO om zo de lijst met de interessantste aanbiedingen te maken.

Helaas is het niet zo simpel. Omdat je, bijvoorbeeld, alle abonnementen tussen de 100 en 200 minuten toont, kan het zo zijn dat een abonnement met 100 minuten die over 2 jaar 1 euro goedkoper is boven die van 200 minuten komt te staan. Ze voldoen beide aan de eisen, en de ene heeft toch een lagere TCO dan de andere. Wederom weer zo'n geval van 'niet echt schokkend', maar waar je dat als mens direct ziet, is dit duidelijk een hint dat de hiervoor bepaalde volgorde niet heel zinnig is. Je kunt dit systeem natuurlijk repareren door nadat je de lijst hebt, een tweede run te doen met hersorteren van de top 10.

Daarnaast heb ik een tweede strategie geschreven: een systeem wat de gestelde eisen (inclusief relatieve prijs) in fuzzy sets indeelt en voor elk van de abonnementen het lidmaatschap van deze sets bepaald. Dit is natuurlijk iets duurder, maar dat kan gelukkig gecached worden. Afhankelijk van een bepaald gewicht worden alle lidmaatschappen bekeken en de best fit uitgekozen, in plaats van uiteindelijk te sorteren op prijs. De hele exercitie was meer een kleine test, maar dit bleek verbazend goed te werken en het was ook vrij snel tot een bruikbaar systeem te maken. Dit is dan ook de basis van onze voorspeller geworden.

Dus....

Dat waren natuurlijk twee vrij random voorbeelden, maar het komt er op neer dat er nogal wat uitdagingen te vinden zijn in een simpele omgeving als "een webshop". Technische snelheid (webservers, caching, etc), logistieke snelheid (beter ondersteunen van taken als bijvoorbeeld het verwerken van contracten van klanten), security, voorraadbeheer, inkoopbeleid, in-en-verkoopstatistieken, ontdekken hoe je de tap schoonmaakt...

In ieder geval een wat willekeurig maar hopelijk wel interessant kijkje in de keuken. Mocht je wat willen vragen, opmerken, interesse hebben in het een of ander, of ergens geniale ideeën over hebben: stuur me dan gewoon een mailtje (nanne@fmf.nl (of nanne.huiges@belsimpel.nl))! •



Techniek die het leven eenvoudiger en aangenamer maakt

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

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



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

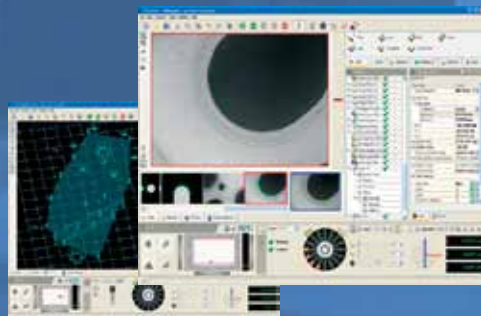
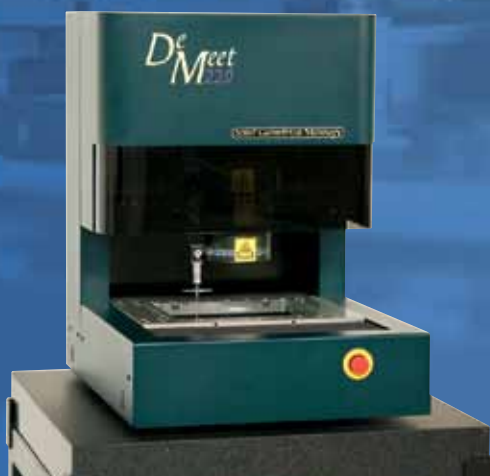
Aangezien we onze activiteiten uitbreiden, zijn we continu op zoek naar enthousiaste medewerkers om ons team te versterken. Als jij wilt werken in een bedrijf dat mensen met ideeën en initiatief waardeert, dan is Schut Geometrische Meettechniek de plaats. De bedrijfsstructuur is overzichtelijk en de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

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

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

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

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



APPROVE
for *De Meet*

