




VAKIDIUOOT



Ladenkast

VAKIDOOT

In dit nummer

	Van de Voorzitter <i>Arjan Schimmel</i> <i>Voorzitter A-Eskwadraat</i>	4
	Verdeel $n + 1$ meningen over n principes <i>Sophie Huiberts en Tim Baanen</i>	5
	De trukendoos van microscopisten <i>Peter Speets</i>	10
	Wintersport! <i>Stijn van Aartsen</i>	14
	What the f*ck is kataal? <i>Jan Bastiaanssen</i>	17
	Jeremy Bentham <i>Bryan Brouwer</i>	18
	Hamburg <i>Jim Vollebregt</i>	20
	Recensie: Catblock <i>Sophie Huiberts</i>	22
	Alexander von Humboldt <i>Bryan Brouwer</i>	25
	Introspletjes <i>Tim Baanen / Jim Vollebregt</i>	28
	Hoe noem je de stelling? <i>Tim Baanen</i>	30
	Donkere materie en WIMPs <i>Peter Speets</i>	32
	Toversokken <i>Marc Houben</i>	34
	De Dichtstbijzijnde Universiteit van Nederland <i>Peter Speets</i>	35
	De Fotostrip	36

Uitgave 16 maart 2017
Oplage 1575
Deadline 23 april 2017

De Vakidoot is een uitgave van
Studievereniging A-Eskwadraat
Princetonplein 5
3584 CC Utrecht

Telefoon (030) 253 4499
Fax (030) 253 5787
Website a-eskwadraat.nl/vakid
E-mail vakid@a-eskwadraat.nl

Wil je de Vakidoot niet meer
ontvangen of ben je verhuisd?
Pas dan je gegevens aan op
a-eskwadraat.nl.

Redactie
Berend Ringeling
Bryan Brouwer
Chun Fei Lung
Jan Bastiaanssen
Koen van Baarsen
Luuk Hekkers
Marc Houben
Peter Speets
Sophie Huiberts
Tim Baanen

Eindredactie
Jim Vollebregt

Omslag
Tim Baanen

Redactioneel

Ik heb te horen gekregen dat ik dit platform nogal onbeschaamd gebruik voor zelfpromotie. Daarom zal ik het deze keer over een andere boeg gooien door de rest van de redactie in het zonnetje te zetten. De Vakidoot is als een ladekast, met in elke la iets unieks.

Dames eerst, natuurlijk. **Sophie** is ons nieuwste en stoerste lid; ze trok voor haar allereerste fotostrip zonder schaamte een pinguïnpak aan.

Bryan, onze spiksplinternieuwe voorzitter, zorgt ervoor dat het zootje ongeregeld dat onze ladekast is, toch functioneert.

Berend is een echte stabiele factor in de chaos van de Vakidoot. Bovendien is hij erg vriendelijk en altijd bereid te helpen of mee te denken.

Bij **Marc** weet je nooit zeker of zijn uitspraken sarcastisch bedoeld zijn, en hij maakt de geweldigste puzzels.

Koen mag dan een beetje vergeetachtig zijn, hij zorgt er wel voor dat we elke vergadering in een deuk liggen. We zouden nergens zijn zonder zijn photoshopskills.

Ons jongste lid is **Luuk**. Hij heeft enkele van onze ICT-zaken – waar ik dus echt niks van begrijp – op zich genomen.

Jan is een beetje mysterieus, maar hij is wel uiterst betrouwbaar als het gaat om het schrijven van sterke artikelen.

Peter, die eindelijk zijn status als stagiair heeft afgeworpen, is onze expert op het gebied van natuurkunde. En dan bedoel ik ook echt *Expert*.

Tim is onze alleskunner. En allesweter. Al zijn artikelen zijn zo uitgemeten dat ze precies onderaan de pagina eindigen.

Als laatste is er nog **Chun**, de echte Vakidootveteraan. Ik kan alleen maar diep respect voor hem hebben.

Jim Vollebregt, *Eindredacteur*

Van de Voorzitter

Arjan Schimmel
Voorzitter A-Eskwadraat

Op het moment van schrijven zit ik in de werkkamer van A-Eskwadraat. Als je hier om je heen kijkt dan vallen een paar dingen je direct op. Het kurken prik-bord met alle brieven van onze zusjes. De pc's die lekker staan te snorren. De printers die klaar zijn om dingen voor ons uit te poepen en de printer die voor ons klaar staat om naar de sloop gebracht te worden. Maar ook de kasten, de mooie rode kasten. Dan heb je ook nog de zwarte maar dat is voor de administratie en dat is niet mijn pakkie aan. Je hebt twee van die mooie rode kasten. De een voor de posters en post. De andere voor het kleine geprut. De enige echte rode ladekast.

Weinig leden hebben ooit echt aandacht besteed aan deze kast. Hij valt eigenlijk alleen op als je iets uit de printer moet pakken en je realiseert dat deze zonder de ladekast op een veel fijnere hoogte had gestaan. Maar deze kast heeft binnen A-Eskwadraat een rijke geschiedenis. Hij stond er namelijk al toen de vereniging niet één vereniging was maar nog uit twee bestond. Hij stond er al toen SS als naam niet meer kon en S² werd. Hij stond er al toen de aanleg van de tramlijn op de uithof begon. O wacht dat is nog niet zo lang bezig, maar voelt nu al als jaren. Maar ik dwaal af. Nu wordt hij gebruikt om meerdere handige spullen die ergens anders geen plek zouden hebben op te bergen. Stel je voor dat het laadje 'kleine fournituren' niet zou bestaan. Waar moeten dan al die nietjes heen? Die zouden dat overal slingeren. Dat is niet te doen. Of het laadje voor 'knip en plakspullen'. Dat zijn doorgaans dingen die heel nuttig zijn om te gebruiken. Gelukkig hebben die ergens anders een plekje gekregen want dit laadje ligt helemaal vol met lucifers. Maar nu denk je als lezer wat heb ik nou echt aan deze ladekast. Dat zal ik je vertellen. Zo is er ook een lade met 'gekleurd papier'. Hierin zit ook echt gekleurd papier. Hier zou je dus volgend jaar een blauw papiertje uit kunnen halen om iemand als gala date te vragen. Sorry als ik hiermee een van je excuusjes voor geen date hebben, heb ontkracht.

Nu vraag je als lezer jezelf natuurlijk al af: "Waar gaat dit stukje nu precies heen?" Zoiets vroeg ik mij ook af over deze Vakidoot, toen ik te horen kreeg een stukje te schrijven met als thema 'Ladekast'. Gelukkig zijn de auteurs van dit blad een stuk begaafder en kan ik iedereen met een gerust hart veel lees plezier wensen.



Verdeel $n + 1$ meningen over n principes

Sophie Huiberts en Tim Baanen

Het schijnt zo te zijn dat wiskunde een wetenschap is. In ieder geval denken de makers van de Wetenschapsquiz dit, gezien het aantal vragen dat het woord "wiskunde" bevat. Aan de andere kant zijn er veel wiskundigen die nogal onzeker zijn over de vraag of er zich wel een wiskundige bevindt onder de makers van de Wetenschapsquiz. Neem bijvoorbeeld deze vraag uit het jaar 2012: "In Nederland staan met wiskundige zekerheid ten minste twee bomen met hetzelfde aantal blaadjes."

Je mocht als antwoord kiezen uit: a: Juist, b: Onjuist, c: Dat kan je niet met zekerheid zeggen. Nu is alleen wel een beetje jammer dat antwoord b en antwoord c precies hetzelfde betekenen. Ze kunnen dus nooit het unieke juiste antwoord zijn, dus de enige mogelijke conclusie is dat de quizmakers verwachten dat je voor antwoord a gaat.

Een of andere woordgrap over onzekere wiskundigen

Dat is uiteraard geen bevredigende redenering, want sowieso is het nogal onwaarschijnlijk dat je wiskundig zekere uitspraken kan doen over het aantal bladeren van bomen, naast de open deuren als "het aantal blaadjes aan een boom is een natuurlijk getal dat gelijk is aan zichzelf". Misschien hebben hier een aantal heel slimme wiskundigen heel goed nagedacht, dus we spieken bij de antwoorden:

[...] In Nederland staan ruim 300 miljoen bomen. [...] Het grootste aantal blaadjes per boom dat ooit is vastgesteld is ongeveer 600.000. Er zijn dus meer bomen dan het maximum aantal blaadjes per boom. Antwoord A is dus juist.

De crux van het hele argument is dus dat we minder blaadjes per boom kunnen tellen dan bomen. Het moge duidelijk zijn dat "we hebben nog geen tegenvoorbeeld gevonden" niet geheel overeenkomt met wiskundige zekerheid. Er zitten natuurlijk wel wat wiskundige redematies achter, zoals het ladenprincipe, wat betekent dat je bij $n + 1$ keuzes uit n mogelijkheden altijd een duplicaat vindt. Stiekem gaat het hele artikel over dit laatste principe, maar het was voor onze geestelijke toestand zeer bevordelijk om frustratie te uiten over deze quizvraag.

Laden of duiventil?

Maar waarom heet het eigenlijk het ladenprincipe in het Nederlands, en het *pigeonhole principle* in het Engels? Het ladenprincipe is voor het eerst benoemd door Dirichlet in 1834, die zowel in het Frans als in het Duits publiceerde. Dirichlet noemde dit principe het *Schubfachprinzip* in het Duits en het *principe des tiroirs* in het Frans. Zowel *Schubfach* als *tiroir* worden in het Nederlands vertaald met laden. De Engelse vertaling als *pigeonhole principle*



DOE-TIP: filosofer of dit plaatje meer zekerheid geeft dan het argument hierboven.

komt waarschijnlijk van Raphael M. Robinson in zijn paper "On the simultaneous approximation of two real numbers". Hier schrijft hij:

The method used in this proof (*Schubfachprinzip* or "pigeonhole principle") was first used by Dirichlet in connection with a similar problem.

De reden dat Robinson hier de vertaling *pigeonhole* gebruikt, is dat hij zich meer een *Kallax*- of *Expedit*kast van Ikea inbeelde dan een ladenkast. Kasten met dit soort vakjes worden in het Engels "pigeonhole cabinets" genoemd.



Figuur 1 Een Expeditkast van Ikea.

Later zijn Engelssprekende wiskundigen vergeten dat het over een meubelstuk hoort te gaan, en zijn ze gaan denken dat dit principe iets met duiven te maken zou hebben. Zelfs sommige Duitssprekende mensen hebben het tegenwoordig over het "Taubenschlagprinzip", wat natuurlijk helemaal belachelijk is.

Dirichlet of Dijkstra?

Het is natuurlijk ook helemaal belachelijk om samen een artikel te schrijven en vervolgens erachter komen dat je stukje precies niet de mening verkondigt van je medeauteur. Daarom zal ik even een Multatuliactie uithalen. Vooruit, je bent geen "ellendig produkt van vuile geldzucht en godslasterlyke femelary!"¹ maar toch neem ik, Tim Baanen, de pen op.

Soms valt het me namelijk op hoe eens ik het ben met veel van de standpunten van Edsger Dijkstra. Die was niet alleen een informaticus van jewelste, maar had ook nog een aantal heel zinnige meningen over wiskunde. Dijkstra was het bijvoorbeeld oneens met de populaire formulering van het ladenprincipe, en ik ben het eens met Dijkstra dat je oneens moet zijn met deze formulering. Je ziet namelijk vaak iets als het volgende staan:

¹Overigens hebben we samen tijdens het schrijven nog even opgezocht wat femelarij nou eigenlijk inhoudt.

Als je $n + 1$ gaten boort in n duiven, is er een duif met minstens 2 gaten erin geboord.

Het nadeel van dit soort formuleringen is dat het nogal lastig te generaliseren is. Op zich is het nog wel voor te stellen dat je gaten boren in duiven kunt vervangen met blaadjes tellen aan bomen.² Blaadjes tellen aan bomen is nu precies compleet de foute beginstap om de vraag van de Wetenschapsquiz op te lossen. Je moet juist bomen gaan verdelen over blaadjesaantallen, en dan concluderen dat er een blaadjesaantal is met minstens twee bomen erover verdeeld.

Mijn grootste frustratie met combinatoriek was dat je altijd het ene verhaaltje in het andere verhaaltje moest vertalen, wat nooit op een echt grondig onderbouwde manier gebeurt. Juist door alles te koppelen aan concepten die je elke dag tegenkomt, is het lastig je intuïtie op de juiste manier toe te passen zonder de foute overeenkomsten over te nemen. Door het concreet te maken, maak je het extra lastig de juiste abstractie te vinden. Het wordt uiteraard helemaal lastig om te voorspellen hoeveel gaten je in totaal nodig hebt om minstens n van de $n^2 + \log n$ duiven te voorzien van \sqrt{n} gaten.

Iemand anders met wie ik het opvallend vaak eens ben, is Emmy Noether. Die heeft zo'n beetje eigenhandig de hele moderne algebra uitgevonden door precies de juiste hoeveelheid abstractie in te zetten voor de definities en stellingen. Door alle ingewikkelde gedachtepatronen te verstoppen achter de juiste formulering, wordt bewijzen en toepassen gewoon een kwestie van checken. Alles wat al hoort te kloppen, klopt meteen en dat is zonder echt na te denken na te gaan, zonder uit de lucht gegrepen redeniestappen die op onverklaarbare wijze werken.

De formulering van het ladenprincipe die Dijkstra heeft bedacht (die ik Dijkstra's Ruim Overtreffende Ladenprincipe noem om duidelijke redenen) doet ook hier al het werk:

Stelling (DROL-principe). *Het maximum is minstens het gemiddelde.*

Ten eerste is dit een veel compactere formulering zonder lastige variabelen erin, ten tweede is het ook veel duidelijker waar, en ten derde is het ook veel directer toepasbaar. Bovendien werkt het ook op verzamelingen niet-gehele getallen en zelfs met een beetje bijstellen op oneindige verzamelingen.³

Omdat ik zeker weten wel een wiskundige ben, geef ik trouwens ook nog eventjes het bewijs van dit DROL-principe:

Bewijs. Gegeven een rijtje bestaand uit een getal a_0 , is a_0 om nogal duidelijke redenen het maximum van het rijtje en a_0 is ook nog eens precies gelijk aan het gemiddelde van het rijtje, dus rijtjes met precies 1 getal voldoen zeker aan het DROL-principe.

²Voor wie nog meer voorbeelden wil: het relevante hoofdstuk van Roberts' en Tesmans *Applied Combinatorics* begint met duiven in duiventillen die vervangen worden met spullen in laden, schoenen in schoenendozen, mensen met verjaardagen, mensen met voorletters, commissies met vergaderingen, aantallen geproduceerde computers en diezelfde aantallen met veertien vermeerderd met 14 over dagen dat de fabriek draait, web-servers over poorten, de lengte van stijgende deelrijtjes over de wortel van de lengte van het hele rijtje en bekenden van iemand geclassificeerd als vriend of vijand.

³Afhankelijk van jouw mening over de zondigheid van degenen die het keuzeaxioma aannemen en/of klasieke logica gebruiken, kan dit een heleboel bijstellen worden.

Stel dat je een rijtje van n getallen a_0, \dots, a_{n-1} hebt dat voldoet aan het DROL-principe. Noem het gemiddelde x en a_i het maximum, zodat $x \leq a_i$. Laat a_n een willekeurig getal zijn en a_j het maximum van a_0, \dots, a_n , dan is $a_j \geq a_i$ en $a_j \geq a_n$. Het gemiddelde van a_0, \dots, a_n is gelijk aan $\frac{1}{n+1}(nx + a_n) \leq \frac{1}{n+1}(na_i + a_n) \leq \frac{1}{n+1}(n+1)a_j = a_j$.

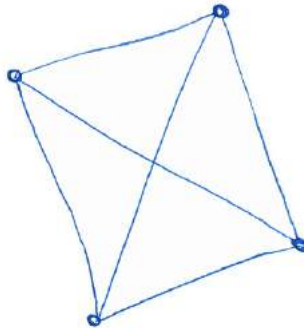
Met inductie kunnen we concluderen dat van elk eindig rijtje getallen het maximum minstens het gemiddelde is, en als je dat een beetje pakkender opschrijft krijg je het DROL-principe. \square

Zo, en nu heb ik mijn zegje wel gedaan. Alle volgende meningen gepresenteerd als feiten zijn weer onze gedeelde meningen gepresenteerd als feiten.⁴

Bewijzen met het ladenprincipe

Het ladenprincipe is erg belangrijk binnen de combinatoriek. In de jaren '40 is Paul Erdős pionier geweest in een nieuwe bewijsmethode: de kansrekeningsmethode. Hiermee is het mogelijk om het bestaan van een object met bepaalde eigenschappen aan te tonen, zonder het daadwerkelijk te hoeven construeren. Het idee is als volgt: we maken een object door voor iedere keuze die we hebben een muntje op te gooien. Als het gemiddelde aantal slechte gebeurtenissen kleiner is dan 1, dan moet het mogelijk zijn om alle keuzes zo te maken dat de slechte gebeurtenis niet gebeurt. We geven een voorbeeld.

Beschouw de volledige graaf K_n op n knopen. Dit is een verzameling van n punten, die we knopen noemen, waarvan elk tweetal knopen is verbonden met een lijn. Deze lijnen noemen we de zijden van de graaf.



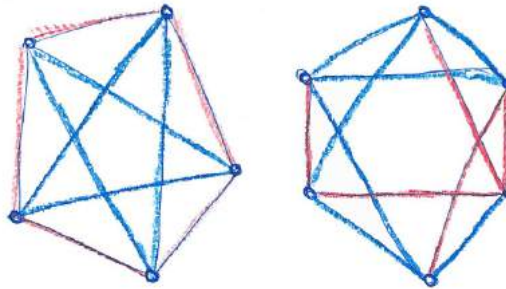
Figuur 2 De volledige graaf op 4 knopen.

Kies een geheel getal $m \geq 3$. We willen voor een zo groot mogelijke n de zijdes van de graaf K_n rood danwel blauw kleuren. Dit willen we op zo'n manier doen, dat er geen m punten in

⁴Boodschap van algemeen nut: begin niet alleen op tijd, maar eindig ook op tijd. Als je pas op het laatste moment elkaars werk bekijkt, moet je dit soort wankele constructies uitvoeren.



K_n zijn waartussen alle zijden dezelfde kleur hebben. Voor $m = 3$ is dit bijvoorbeeld mogelijk voor $n \leq 5$, maar niet meer voor $n \geq 6$.



Figuur 3 K_5 kan gekleurd worden zonder eenkleurige driehoek. K_6 kan dat niet.

We bewijzen dat dit kleuren in elk geval kan als $2^{1-\binom{m}{2}} \binom{n}{m} < 1$:

Bewijs. Voor iedere zijde gooien we een eerlijke munt op, en we kleuren de zijde rood als de munt op kop valt en anders blauw. Als we m knopen hebben, is de kans dat alle zijdes tussen die knopen rood zijn $2^{-\binom{m}{2}}$ en met dezelfde kans zijn al die zijden blauw. Dit komt doordat er voor iedere keuze van 2 knopen uit die m een zijde is: dat zijn $\binom{m}{2}$ zijdes. De kans dat alle zijden tussen die m knopen dezelfde kleur hebben, is dus $2 \cdot 2^{-\binom{m}{2}}$. We kunnen nu het gemiddelde aantal monochrome groepjes van m knopen berekenen. Er zijn $\binom{n}{m}$ manieren om m knopen van de n te kiezen, en ieder groepje heeft kans $2 \cdot 2^{-\binom{m}{2}}$ om monochroom te zijn, dus is het verwachte aantal monochrome groepjes gelijk aan $2^{1-\binom{m}{2}} \binom{n}{m}$.

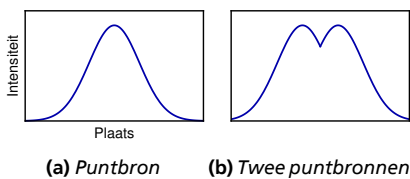
Als het verwachte aantal groepjes kleiner is dan 1, dan weten we door het ladenprincipe dat het minimum aantal groepjes niet groter is dan het gemiddelde, dus is het mogelijk om de zijden van de graaf K_n zo te kleuren dat er geen monochrome deelgraaf op m knopen is. We weten niet hoe deze kleuring er uit ziet, maar we weten wel dat het bestaat. \square

De trukendoos van microscopisten

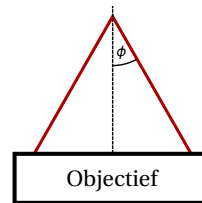
Peter Speets

Om steeds kleinere details te kunnen bekijken, is de conventionele microscoop – die men nog van de middelbare school kent – al lang niet voldoende meer. Om de resolutie te vergroten, kan men bijvoorbeeld alleen belichten wat men zien wil, of met de computer de blurring die door het golfkarakter van licht ontstaat, verminderen.

Door het golfkarakter van licht wordt een microscoopafbeelding vervaagd. Hierdoor kan men twee naast elkaar gelegen lichtbronnen slecht van elkaar onderscheiden. Een voorbeeld hiervan is Figuur 1a. In het eerste plaatje wordt een puntdeeltje uitgevaagd en ziet het eruit als een Gaussiaan (e^{-x^2}). Als men twee puntbronnen dicht naast elkaar zet, zijn ze een stuk slechter van elkaar te onderscheiden, zoals in Figuur 1b. Om twee van zulke puntbronnen uit elkaar te houden, moeten ze voldoen aan de Rayleighlimiet: ze moeten minstens een afstand $d_r = 0,61\lambda/NA$ van elkaar liggen. Hierin is λ de golflengte van het licht en NA de *numerical aperture*. De numerical aperture is een maat voor de openingshoek van de lichtstraal waarmee de microscoop het licht opvangt (zie Figuur 2). De Rayleigh diffractielimiet is een maat van de resolutie van een conventionele microscoop. Deze is ongeveer 250 nm. Tot het begin van de twintigste eeuw dacht men dat het natuurkundig onmogelijk was om microscopen te bouwen die een hogere resolutie hebben dan deze limiet, maar in de loop der tijd zijn er echter technieken ontwikkeld om deze limiet wat op te rekken.



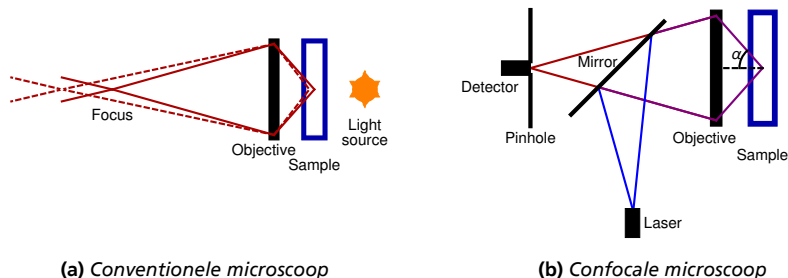
Figuur 1 Twee puntbronnen naast elkaar zijn slecht te onderscheiden.



Figuur 2 Het rechthoek is het objectief en de rode driehoek is de buitenste lichtstralen die van het preparaat naar de microscoop gaan. De numerical aperture is $NA = n \sin \phi$, waarin n de brekingsindex is en ϕ de halve hoek van de lichtkegel.

De confocale microscoop en STED

Bij een confocale microscoop wordt eerst het preparaat chemisch behandeld met een fluorescerende stof. Als deze stof met een bepaalde golflengte licht beschoven wordt, zal deze stof met een andere golflengte dit licht weer uitzenden. Door een laser met een golflengte die de fluorescerende stof absorbeert door het objectief te laten schijnen, wordt het gebied in focus verlicht en wordt de rest donker gelaten. Zo zullen alleen de fluoroforen (fluorescerende moleculen) in het brandpunt van de microscoop belicht worden, die op een andere golflengte dit licht weer uitzenden. Dit verbetert de resolutie met ongeveer 40%. De verbetering in resolutie is echter niet de voornaamste reden voor het gebruik van confocale



Figuur 3 *Vergelijking tussen een conventionele microscoop en een confocale microscoop. De stippellijn in Figuur a komt van een punt in het preparaat dat iets dichterbij het objectief is. In het linkerplaatje zal dit het microscoopbeeld verstoren, maar wordt geblokkeerd in het rechterplaatje, omdat het punt waar het vandaan zou moeten komen door een confocale microscoop niet verlicht wordt.*

microscopie. Omdat het preparaat selectief belicht wordt, wordt er dus niet met een grote hoeveelheid licht achter het preparaat gewerkt. Hierdoor is het deel van het preparaat dat boven, onder of naast het brandpunt ligt, slechter zichtbaar. In Figuur 3 is te zien hoe in het linkerplaatje het licht dat niet uit het brandpunt toch in het beeld terecht komt. Door dit met confocale microscopie tegen te gaan, verbetert het contrast. Hierdoor kunnen 3D opnames gemaakt worden, omdat de resolutie vooral in de hoogterichting verbeterd.

Het kan echter nóg beter. De fluoroforen binnen de lichtkegel van de laser, zullen dan weliswaar minder licht ontvangen dan de fluoroforen in het brandpunt, ze verstoren het beeld nog wel. De fluoroforen kunnen worden gestimuleerd om eerder hun licht af te geven door er met een andere laser met een grotere golflengte op te schijnen. De fluoroforen zullen dan een foton met dezelfde golflengte en dezelfde richting als het foton uit de laser uitzenden. Dit komt dus in feite neer op het uitzetten van de excitatielaser op precies die plek waar deze STED-laser op schijnt. De techniek van *stimulated emission depletion* (STED) microscopie werkt door het laserlicht van deze laser in een donutvorm rond de straal van de excitatielaser te plaatsen. Hierdoor wordt het effect van de excitatielaser rond het brandpunt teniet gedaan en wordt het rond het brandpunt nog donkerder, dus het gebied waaruit wel licht komt, is kleiner. Hierdoor verbetert de resolutie, omdat het licht dat gedetecteerd wordt uit een kleiner volume afkomstig is. De uitvinders van STED microscopie hebben in 2014 de Nobelprijs gewonnen, dus dit is vast een goed idee geweest.

PALM

In Figuur 1 is te zien dat, hoewel twee puntbronnen naast elkaar slecht te zien zijn, één puntbron prima te localiseren is. Door de hoeveelheid van de fluorescerende stof in vergelijking met confocale microscopie zeer laag te houden, zal de microscoop alleen een paar stippen zien op plaatsen waar toevallig een fluorescerend molecuul terecht is gekomen. PALM* gebruikt een fluorofoor die de kans heeft om 'aan' of 'uit' gezet te worden. Dit gebeurt ook door er met een laser van een bepaalde golflengte op te schijnen. Als de fluorofoor 'uit'

*PhotoActivated Localization Microscopy

staat wordt deze niet door de microscoop gezien. Door steeds een deel van de fluoroforen willekeurig te activeren en deactiveren zullen gebieden met meer fluoroforen gemiddeld vaker oplichten dan gebieden met weinig fluoroforen. Uit deze dichtheidsverschillen kan een afbeelding worden gevormd. Deze methode kan ook andere toepassingen hebben. Door eiwitten te labelen met een fluorofoor kan op deze manier ook de dynamica binnen een levende cel worden bestudeerd. Het eiwit met het fluorescerende molecuul eraan zal door de cel heen bewegen, terwijl het fluorofoor aan het eiwit steeds een knipperend signaal uitzendt.

Deconvolutie



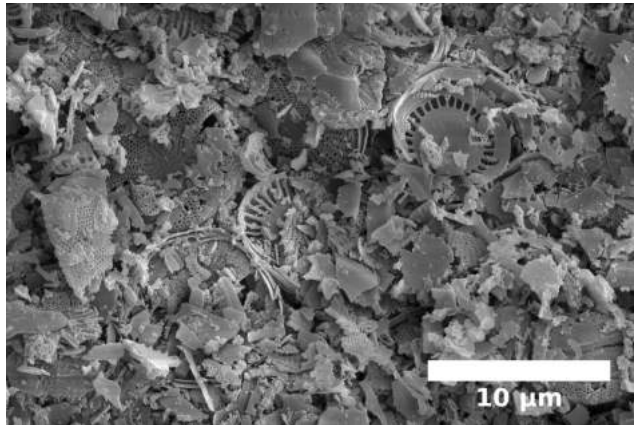
Figuur 4 De afbeelding in Figuur a wordt in Figuur b vervaagd. Figuur c is een poging om dit plaatje te herstellen. Rond de afbeelding vormen lijnen de contouren van het plaatje. Dit is een voorbeeld van een artefact in de afbeelding dat kan ontstaan door deconvolutie.

De meest CSI-achtige methode is het deconvolueren van de microscoopbeelden. Het uitvagen van het microscoopbeeld doordat licht een golf is, gebeurt altijd met dezelfde functie. Omdat ieder punt in het plaatje vervaagd is met dezelfde functie, kan een computer de effecten van deze functie, de *point spread function* (PSF), weer uit het plaatje halen. Dit heet deconvolutie, omdat het vervagen van een plaatje wordt beschreven met een convolutieproduct[†], $(\text{Plaatje} * \text{PSF})^\ddagger$. Van dit product kan ook de inverse worden genomen. Een manier om dit te doen is om de Fouriergetransformeerde van het plaatje te delen door de Fouriergetransformeerde van de PSF, omdat een convolutieproduct, $(\text{Plaatje} \otimes \text{PSF})$, in de Fourierruimte een gewone vermenigvuldiging wordt. Omdat een computer hiervoor twee keer een Fouriertransformatie moet nemen van het plaatje, kunnen hier ongewenste sporen van achter blijven. Een voorbeeld van wat de effecten zijn op een gedeconvolveerd plaatje is te zien in Figuur 4. Verder moet men precies weten wat de PSF is. De grootte en vorm van deze PSF is afhankelijk van de lens en het preparaat dat gebruikt wordt, en is dus sterk omgevingsafhankelijk. Verder wordt de ruis in het plaatje ook meegedeconvolveerd, met als gevolg dat ruiseffecten verkeerd geïnterpreteerd kunnen worden. Omdat microscopen met een hoge resolutie op een zeer kleine schaal werken, bestaat iedere pixel slechts uit het signaal van enkele fotonen. Bij het detecteren van zo weinig deeltjes, ontstaat er van nature

[†] Simon Stevin noemde een convolutie een vouwing.

[‡] Een convolutieproduct: $f(t) * g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau) d\tau$





Figuur 5 Plaatje van siliciumhoudende algenfossielen gemaakt met een elektronmicroscop. Omdat steen niet doorzichtig is, wordt voor geologisch onderzoek elektronmicroscopie gebruikt. In dit geval worden niet de elektronen gedetecteerd die door het materiaal heen gaan, maar elektronen die op het preparaat terugkaatsen. De donkere streep iets boven de schaal is een effect dat ontstaat, doordat het materiaal elektrisch geladen wordt door de microscoop.

ruis: de Poisson ruis. Dit komt bovenop ruis van de apparatuur zelf, dus het deconvolueren van plaatjes kan niet tot beelden met een arbitrair hoge resolutie leiden.

Gebruik geen licht

Helemaal stoppen met de nare effecten die licht kan hebben, kan ook. De Rayleighlimiet ($d_r = 0,61\lambda/NA$) is afhankelijk van de golflengte. d_r wordt vanzelf kleiner, door de golflengte λ te verkleinen. De golflengte van licht is ongeveer 500 nm, maar elektronen hebben een kleinere golflengte. De thermische golflengte van elektronen is voor een electron van 10 keV[§] 2,5 pm. De golflengte van elektronen is dus te verwaarlozen in vergelijking met de golflengte van zichtbaar licht. Één van de problemen met elektronen is echter dat preparaten er vaak slecht tegen kunnen om met hoogenergetische elektronen te worden beschoten. Dit is vooral een probleem voor biologische preparaten, omdat cellen het vaak niet leuk vinden om getazerd te worden. Een ander probleem is dat het preparaat elektrisch geladen wordt. Het volgende salvo elektronen dat op het preparaat wordt geschoten, zal dus worden afgebogen en op een andere plaats het preparaat raken. Daarom worden preparaten voor elektronenmicroscopen gecoat met een metaal om de lading zoveel mogelijk af te voeren. Een ander belangrijk verschil met lichtmicroscopen is dat de techniek voor lichtmicroscopen veel beter ontwikkeld is. De lenzen van lichtmicroscopen maken gebruik van het verschil in brekingsindex tussen het glas van de lens en de lucht. Omdat elektronen meteen met het materiaal van de lens of zelfs maar met de lucht reageren, zal het richten en focussen van het elektronenstraal in vacuüm moeten gebeuren. Het is daarom een stuk lastiger om lenzen van een elektronenmicroscop van dezelfde kwaliteit te krijgen als die van een lichtmicroscop, omdat dit met elektrische of magnetische velden moet gebeuren. Men zegt dat de kwaliteit van elektronlenzen vergelijkbaar is met de lenskwaliteit van de achterkant van een wijnfles.

[§]10 keV betekent dat het electron versneld is met een versnellingsspanning van 10.000 volt.

Wintersport!

Stijn van Aartsen

Wat was ik blij dat ik dat ik geen herkansing had op vrijdag 6 januari. Dat was namelijk de vertrekdatum van de Wintersportreis van A-Eskwadraat! Het is natuurlijk geen optie om zo'n fantastische reis te missen. Ik kijk dan ook met veel plezier terug op deze week. In dit verslag neem ik jullie graag even mee een paar weken terug in de tijd.



Figuur 1 De ski-experts van A-Eskwadraat een van de mooiste herinneringen van de week te danken; dit was namelijk mijn allereerste kennismaking met de adembenemende uitzichten van een winters skigebied. Rens die een A-Eskwadraatsticker op een paal plakt met op de achtergrond de Mont Blanc maakte het plaatje compleet.

Het begon dus allemaal op die bewuste vrijdag. Nadat we allemaal een trui en een boekje hadden ontvangen, vertrokken we tegen het eind van de middag met de bus naar La Plagne. 's Ochtends rond tien uur (veel te vroeg; ik had nog best wat langer willen slapen) kwamen we aan op onze bestemming. We konden pas om vijf uur het hotel in, dus hadden we een dag met Machi Koro, Bananagrams en Boerenbridge spelen en koffie drinken in een restaurantje voor de boeg. Maar ook was deze eerste dag een goed moment voor een mooie wandeling. Aan deze wandeling heb ik

Er waren een hoop eerstejaars mee dit jaar. Superleuk! Voor velen was dit de eerste wintersport met A-Eskwadraat. Omdat ik überhaupt nog nooit aan wintersport had gedaan (oké dan, ik ben twee keer eerder een uurtje in een skihal geweest), was wat skiles wel prettig. Dat betekende dat ik zondag vroeg op moest staan om me om kwart over negen bij een klasje te voegen. Na die eerste les heb ik me 's middags meteen vol goede moed met mede-A-Eskwadraters aan wat blauwe pistes gewaagd. Zo verging mij ongeveer elke dag, met een skiniveau dat tot mijn vreugde dagelijks zichtbaar verbeterde (aan het eind van de week heb ik een rode piste gedaan!). Naast het skiën en snowboarden in La Plagne was er ook de mogelijkheid om een dagje naar het nabijgelegen gebied Les Arcs te gaan. Alleen al vanwege de gondel die naar Les Arcs ging, met een glazen onderkant en plaats voor 200 personen, was het de moeite waard om even te gaan kijken.



Figuur 2 Naast sport ook spelletjes van hoog niveau!

Niet alleen overdag werd er plezier gemaakt, ook 's avonds was het altijd gezellig. Kaarten

op de eigen kamer of lekker op bezoek bij de buren. Zo trok Mycah met haar gevolg een keer langs de kamers met Twister om in elke kamer de kamerwinnaar te bepalen. Toen ik de dag erna op bezoek was in hun kamer zag ik dan ook een heus wedstrijdschema aan de muur hangen. Wie uiteindelijk de winnaar is geworden van het toernooi is mij echter onbekend. Overigens besteedden ze daar volgens mij meer tijd aan het spelen van spelletjes dan aan skiën; ze hadden een behoorlijke stapel op de kast* liggen.

Ook de woensdagavond was fantastisch. 's Middags hadden we geaprès-skied en na het eten waren we nog even aan het boerenbridgen toen er op de deur werd geklopt en gevraagd werd of we mee uit gingen. Ik was saai, want 9 uur college, eh skiles, dus ik ging niet mee. Maar donderdagochtend bleek wel wat een wilde avond het was geweest. Meerdere verhalen van de avond ervoor, waarin met name Rens het moest ontgelden, deden de ronde. Mijn verklaring is dat men zich solidair voelde met de zieken onder ons, en zich daarom ook maar een ochtendje ziek wilden voelen. Er was namelijk een aantal A-Eskwadraters dat een paar dagen in bed heeft moeten doorbrengen. Balen!



Figuur 3 *Wie zijn dit?*

gerkwark en après-skimuziek (poeh, hoe konden Ken, Emilie, Marjolein en Dido hier de hele week naar luisteren, zeg) en daarna naar Le Saloon, een bar in het dorp. Het bier daar ging voor de formidabele prijs van 9 euro per glas over de toonbank. Een hoop mensen was dus blut de volgende dag.

Zaterdagavond vertrok de bus weer terug naar Nederland en uiteindelijk kwam er dan toch echt een einde aan deze week vol mooie ervaringen. Het was fantastisch dit jaar en ik hoop volgend jaar iedereen weer terug te zien!

Nog één ding: mocht je toevallig weten hoeveel een appartement kost in appartementencomplex Odalys (deze kom je tegen als je met skilift La Bergerie vanuit Plagne Centre omhoog gaat), laat het dan weten! Er loopt nog een weddenschap tussen Guus en Marleen...

Vrijdag was alweer de laatste skidag, en voor het eerst deze week had ik geen zin om de piste op te gaan. Het had veel gesneeuwd – voor het eerst die week – dus de sneeuw was fantastisch om te skiën, maar het sneeuwde en het woei nog steeds. Kortom: het was koud en guur. Met verkleumde handen en voeten keerde ik na de les, rond het middaguur, terug naar het dorp. Daar waren een paar A-Eskwadraters vrolijk in de sneeuw aan het spelen. 's Avonds was er natuurlijk nog wel de langverwachte uitgaansavond. Eerst een potje kamelenrace, een bakje Jä-

*Hopelijk wel een ladekast.

› NANO- INSTRUMENTATION

We build ultra clean equipment that functions in demanding environments, mainly for the semiconductor market. This involves clean design, contamination analyses and mitigation. A major activity is the development of equipment for 'Next Generation Lithography' machines (wafersteppers and scanners). We also develop fabrication processes for nanostructures and apply this in component development for the new field of Quantum Computing.




**WHERE DOES YOUR
CHALLENGE LIE AT TNO?**

**LET'S
FIND OUT**

TNO innovation
for life

**CHECK
TNO.NL/CAREER
FOR CURRENT
VACANCIES**

Follow us on:

 tno_talent
 TNOresearch
 company/tno

TOM CONSTANDSE

*Program manager,
Nano-Instrumentation*

My main focus is on Bionanotechnology and I want to play my part in growing this interdisciplinary science at TNO. All state-of-the-art technologies people think are so cool, are right here.



What the f*ck is kataal?

Jan Bastiaanssen

Soms kom je een raar woord tegen. Nieuwe woorden vind je online, in gesprekken met vrienden, op straat, of als je gewoon door het woordenboek zit te bladeren op zoek naar scheldwoorden (we hebben het allemaal wel eens gedaan). Maar af en toe vind je een woord dat werkelijk curieus is. Dan is je eerste instinct natuurlijk om het op te zoeken op het internet. Maar wat als Google geen duidelijk antwoord kan geven? Dan ga je in de Vakidoot bladeren, want als iemand je kan vertellen wat dat maffe woord betekent, dan zijn het die nerds wel. Nou, pech gehad, want 'kataal' blijft obscuur. Na wat research heb ik een paar definities voor jullie gevonden. Graag gedaan.

Kataal, gezegd als kat-aal, is een soort aal/paling. "No shit," denk je vast. Maar zo simpel is het niet. Nergens op het internet is een foto van zo'n aal te bekennen. Ga zelf maar eens zoeken. Als iemand een foto van een echte kataal kan vinden, iets wat onze research division en haar getrainde aapje niet kon, dan krijgen zij eeuwige roem (en misschien iets extra's *wink, wink, nudge, nudge*). Omdat er geen foto van te vinden is, moeten wij concluderen dat de kataal een normale aal is (je weet wel, met een lang, slijmerig lichaam dat in cartoons altijd elektrische schokken geeft), met een kattenkop. Nog nooit is zo iets gezien wat aan de ene kant super schattig is, maar aan de andere kant best wel eng.

Kataal is ook, volgens het internet, een ander woord voor kwajongen. Want daar hadden we nog niet genoeg woorden voor. Na een tijdje beginnen deugniet, snotaap, bengel, blaag, kwapoets, pagadder, ondeugd, rotjongen, vlegel en belhamel te vervelen. Gelukkig biedt kataal een verfrissend alternatief. Jullie hebben vast wel eens jullie opa of oma dit woord naar jullie horen smijten na wat onschuldige streken. Toch?

Kataal, als ka-taal uitgesproken, betekent ook natuurlijk de taal van Ka. Ka staat voor kilannum, ofwel 1000 jaar, of als je erg fancy wil doen, een millennium. Dus de Kataal is de taal die tijdens een millennium voornamelijk wordt gesproken. Bijvoorbeeld is in dit millennium tot nu toe de Kataal Engels, omdat dat wereldwijd het meest wordt gesproken. Al heb ik het gevoel dat de Kataal van dit millennium Chinees gaat worden. Twee millennia geleden was hoogstwaarschijnlijk het Latijn de Kataal. Of misschien ook Chinees. Wie weet; ik niet in ieder geval.

Wat nu hopelijk duidelijk is, is dat *kataal*, hoe je dat ook uitspreekt, een maf woord is. Ik kan niet met volle zekerheid zeggen dat het een echt bestaand woord was, voordat ik erover begon, omdat het internet soms dom is en omdat er zo weinig over te vinden is. Wel weet ik zeker dat het een echt woord hoort te zijn. Ik hoop dus dat jullie allemaal dit mooie nieuwe woord gaan gebruiken. Als je ooit niet weet wat je moet zeggen, zeg Kataal.

Jeremy Bentham

De man in de kast

Bryan Brouwer

Jeremy Bentham (1748-1832) was een Engelse filosoof en is vooral bekend als één van de eerste utilitaristen. Het utilitarisme is een ethische stroming, waarin men ervan uit gaat dat een goede daad een daad is, waarbij wordt gestreefd naar zoveel mogelijk geluk voor zoveel mogelijk mensen. Bentham was in de achttiende en negentiende eeuw een zeer invloedrijk persoon. Zo was hij een belangrijke inspirator voor onder andere John Stuart Mill en was er een wederzijdse beïnvloeding tussen Adam Smith en hem. Zowel John Stuart Mill als Adam Smith worden heden ten dage gezien als invloedrijke denkers binnen het liberalisme.



Figuur 1 Jeremy Bentham's "auto-icon"

Geluk is volgens Bentham de afwezigheid van zo veel mogelijk pijn en de aanwezigheid van zo veel mogelijk genot. In Bentham's belangrijkste werk, *An Introduction to the Principles of Morals and Legislation* (1789), beschrijft hij een systeem waarmee geluk kwantitatief te meten zou zijn. De belangrijkste afhankelijke factoren zijn tijd, intensiteit en onzekerheid, maar ook het geluk van anderen speelt een belangrijke rol. Wie alleen eigen geluk najaagt, zal niet beseffen dat zijn/haar geluk toeneemt als ook het geluk van andere mensen toeneemt. Met behulp van zijn methode heeft Bentham bijvoorbeeld dronkenschap geanalyseerd: dronkenschap brengt wel een intens genot, maar is van korte duur en veroorzaakt later pijn (een kater). Ik vermoed dat degenen onder ons die wel eens dronken zijn geweest, al eens tot de dezelfde conclusie zijn gekomen.

Jeremy Bentham had in zijn testament aangegeven dat hij na zijn dood (in 1832) graag een "auto-icon" wilde worden. Een "auto-icon" betekent dat hij graag opge-

zet wilde worden in een kast. En zo geschiedde. Al in 1830 had hij laten optekenen dat na zijn dood Thomas Southwood Smith, een Engelse arts, het "auto-icon" moest maken. Zijn hoofd is gemummificeerd en van de rest van zijn lichaam zijn alleen de botten nog over (zie ook het plaatje). Zijn kleren zijn toen volgestopt met hooi en zo is het lichaam weer aangekleed. Jeremy is op het University College London sinds ongeveer 1850.

Zoals gezegd, wilde Bentham graag dat zijn hoofd gemummificeerd werd — niet zijn hele



Figuur 2 Het hoofd van Jeremy Bentham

lichaam natuurlijk, dat zou raar zijn. De mummificatie van zijn hoofd moest van Bentham op authentieke Nieuw-Zeelandse wijze geschieden. Zoals je misschien begrijpt was de Engelse Smith niet erg bedreven in het op authentieke Nieuw-Zeelandse wijze mummificeren van hoofden. Het idee was om het hoofd van Bentham boven een bak zwavelzuur te hangen en vervolgens de lucht weg te zuigen met een luchtpomp. Hoewel het idee technisch geslaagd was, was het resultaat niet helemaal zoals verwacht. University College London omschreef het als volgt:

"Unfortunately when the time came to preserve it for posterity, the process went disastrously wrong, robbing the head of most of its facial expression, and leaving it decidedly unattractive."

Het hoofd zag er nogal macaber uit met een gedroogde en donkere huid strakgespannen over de schedel. Om deze reden heeft men er uiteindelijk voor gekozen om er maar een wassen hoofd op te zetten in plaats van het echte hoofd. Een hele tijd heeft het hoofd nog wel bij de rest van het lichaam gelegen tussen de voeten van het "auto-icon". Helaas bleek het hoofd onweerstaanbaar voor studenten. Zo is het hoofd meerdere keren gestolen. Er gaat een verhaal dat, toen het hoofd weer eens gestolen was door studenten, uiteindelijk werd teruggevonden in een kluisje op een Schots treinstation. De laatste keer schijnen de studenten het wel erg bont hebben gemaakt, toen zij hadden besloten dat het hoofd wel geschikt zou zijn om mee te voetballen. Na dit incident heeft men het hoofd van Bentham veilig opgeborgen.

Hamburg

Jim Vollebregt

Het was weer eens zo ver. Ons zeer gewaardeerde bestuur voelde zich genoodzaakt een activiteit te organiseren voor de doorsnee student. Maar, Even Serieus nu, hiervoor verdienen zij natuurlijk onze onvoorwaardelijke dank. En ik moet toegeven dat de opzet van ons huidige bestuur beter geslaagd is dan die van hun zogenaamd oprechte voorgangers. Toch kan zelfs de meest geduchte organisator niet hopen zonder steken te laten vallen een evenement als dit te organiseren.

Voordat ik bovenstaande stelling kracht bijzet, gebiedt de eer mij het bestuur te complimenteren met hun geslaagde streven de grootste fout van hun voorgangers goed te maken. Kaartjes voor de citytrip naar Hamburg kostten slechts 2,50 euro. Het is het vermelden waard dat dit niet alleen de op de website vermelde prijs was, maar ook het daadwerkelijke bedrag dat bij de boekverkoop werd afgerekend. Echter, in plaats van me af te vragen of onze bewindwijzers gebruik maken van oneerlijke reclame of gewoonweg aan corruptie doen, bedacht ik me nu dat er mogelijk een beroep gedaan is op enige vorm van chantage om het voor elkaar te krijgen dat we zo'n belachelijk laag bedrag een retourtje met de bus genoten. Zulke onzalige gedachten werden misschien aangewakkerd door het feit dat ik mij als eindredacteur van de Vakidoot in mijn eer aangetast voelde om het gegeven dat een zeker bestuurslid mij niet eens herkende.

Na een nachtelijke busreis van bijna zes uur zijn je gedachten echter zo afgestompt dat je niet langer stilstaat bij dit soort vreemde zaken, maar in plaats daarvan gedwee achter iemand aan schuifelt die nog wel enigszins in leven is. Enig enthousiasme dat je als deelnemer aan deze activiteit mogelijk koesterde voor het moment van aankomst werd al snel getemperd aangezien er nog niks open was. Dat betekende twee uur lang slen-

teren door een naar sinaasappelen ruikende mist. De bittere kou hielp wel om een beetje wakker te worden, en al snel gebruikten we onze boterhammen met boter en jam.



Figuur 1: Hier stopte de bus ongeveer.

Na enkele momenten van mindere frivoliteit in de Hamburger Kunsthalle – waar het toch vooral de bedoeling was dat je in stilte en met geveinsde interesse een studie maakt van ongetwijfeld kundig vervaardigde schilderijen – is daar het moment om iets aan je lege maag te doen. Met een overdaad aan kerstmarkten biedt Hamburg in de winterperiode gelukkig meer dan genoeg gelegenheden om te smullen van curryworst en andere typisch Duitse versnaperingen. Het spektakel aan geuren en kleuren in combinatie met de gemoedelijke drukte zorgt voor een gezellige sfeer. Tel daar de warme geborgenheid van een heus koffiemuseum* – waar de specialiteiten vooral bestaan uit een uitgebreid theeassortiment en witte chocolade-

*Het viel me op dat Hamburg een grote verscheidenheid aan voedingsgerelateerde musea kent; onder andere een chocolademuseum en een kruidenmuseum.

melk – bij op, en je bent je vermoeidheid zo vergeten.



Figuur 2: Toegegeven, er was ook koffie verkrijgbaar in het koffiemuseum.

De middag is voor mij een beetje een grijs gebied. Ik herinner me een boekenwinkel van vier verdiepingen met in de etalage schrijfwerken die voor duizelingwekkende bedragen[†] werden aangeboden. Anderen hebben zich vast vergaapt aan het uitzicht op de haven of de aanblik van de alomtegenwoordige bezienswaardigheden, maar om de een of andere reden verkeerde ik in een gezelschap dat ondanks bovengemiddeld looptempo nooit aan dit soort basale bezigheden is toegekomen. Dat wil zeggen, de laatste vijf uur of zo van mijn verblijf in de Duitse stad pasten netjes in een strak uitgestippelde planning. Dus terwijl het overgrote deel van de deelnemers zich in alle rust kon amuseren met wat live muziek onder het nuttigen van literpullen bier, haastten wij ons van hot naar her om, bijvoorbeeld, exact een uur rond te lopen in het Chilehaus.

Het hoogtepunt van de avond, en misschien wel van de hele trip, was voor mij persoonlijk het bezoek aan Miniatur Wunderland. Wie had gedacht dat je je als bètastudent

zo zou kunnen vermaken met een museum vol modeltreintjes? Ik kan eigenlijk niks neerbuigends zeggen over deze bezienswaardigheid, en al was er tijd geweest, dan had ik er graag nog een uurtje langer rondgelopen. Met tientallen knoppen die verschillende gebeurtenissen in het miniatuurlandschap in gang zetten, en letterlijk honderden treinen die over je heen, onder je door en aan alle kanten langs je heen ratelen raak je gewoonweg niet uitgekeken. Ons strakke schema vertelde ons echter dat we ons weer in de richting van de bus moesten begeven, alwaar we nog een uurtje over een kerstmarkt zouden kunnen dralen. We waren daar niks te vroeg, want de kraampjes waren al bezig te sluiten. Inderhaast heb ik een bescheiden voorraad gebrande amandelen ingeslagen, maar verder viel er niet zo heel veel meer te doen dan een bankje uitzoeken en al wachtend de fontein in de buurt bestuderen.

Je kunt je voorstellen dat de meeste deelnemers na deze vermoeiende dag niet bepaald in een feeststemming verkeerden. Deze post-citytrip-depressie werd echter snel weggenomen door Sabine, onze enigszins brutale chauffeuse, die ons ronduit voor "saai" uitmaakte omdat we een dutje verkozen boven het kijken van een film. Omdat er toch iemand bezig was met een uitgebreid toiletbezoek, greep Sabine haar kans en begon een tirade van ruim een kwartier over de veel te strenge regels die gelden voor buschauffeurs. Ik begon me op een gegeven moment af te vragen of ze niet beter cabaretière had kunnen worden. Na deze hilarische preek kwamen een paar buszitters schoorvoetend uit hun comfortzone, wat na enig aandringen resulteerde in een magistrale serenade van het nummer Brabant. Zo namen we al zingend afscheid van Hamburg.

[†] drie cijfers

Recensie: Catblock

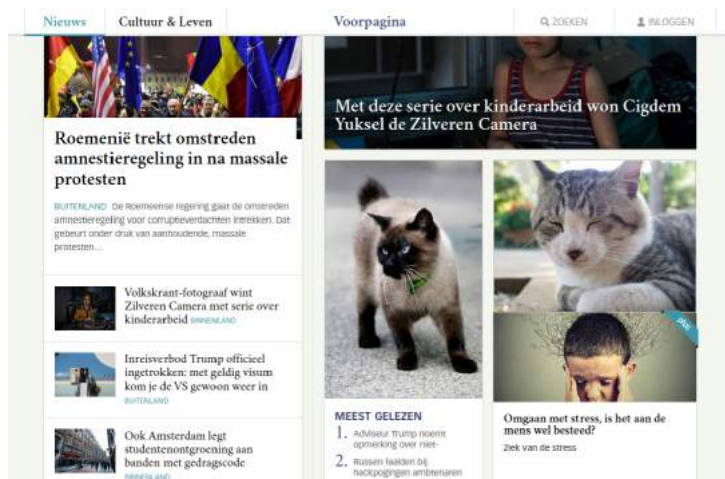
Sophie Huiberts

In de Vakidioot staan vaak katvertenties. Ze staan op plekken waar een advertentie zou hebben gepast, maar in plaats daarvan word je blij gemaakt met een leuke foto van een kat. Helaas komt de Vakidioot maar zes keer per jaar uit en heb je gedurende het hele jaar behoefte aan leuke kattenfoto's.

Gelukkig is er Catblock. Dit is een browserextensie die alle advertenties op internet blokkeert en deze vervangt met kattenfoto's. Het is net Adblock, maar dan leuker. Met deze browserextensie wordt het hele internet een soort budgetmerk-Vakidioot, zodat je nooit meer zonder katvertenties door het leven hoeft.

Het installeren is makkelijk; je kunt Catblock vinden in de extensiewinkel van je favoriete browser, zolang je favoriete browser Chrome, Firefox, Opera of Edge is.

Catblock is open-source en is in 2012 afgesplitst van het populaire Adblock. Naast enkel kattenfoto's heeft Catblock ook de mogelijkheid om foto's uit een zoekopdracht of album op Flickr te halen. Hierdoor kun je bijvoorbeeld alle advertenties op internet laten vervangen met plaatjes van ladenkasten, als je daar gelukkiger van wordt.



Figuur 1 Kijk eens hoe leuk de krant wordt met Catblock.

Catblock heeft nog een andere leuke eigenschap. Bijna iedereen die jou achter je laptop-scherm ziet, zal je vragen waarom je naar kattenfoto's kijkt. Gekke vraag, je hebt helemaal geen reden nodig om naar kattenfoto's te kijken. Gebruik dit dus vooral als aanknopingspunt voor een gesprek met deze persoon over hoe leuk je kattenfoto's vindt en voor het uitwisselen van je favoriete kattenfoto's met de ander.



Figuur 2 De favoriete kattenfoto van mijn broertje.

Ondanks al deze pluspunten heeft Catblock wel een aantal nadelen. Soms laden de kattenfoto's bijvoorbeeld langzamer dan de rest van een website, waardoor de inhoud tijdens het laden blijft verschuiven. Dit probleem is gelukkig met katvertenties niet groter dan met advertenties, maar het is een nadeel vergeleken met andere advertentieblokkeerders.

Het is ook goed te zien dat Catblock minder goed is in layouts dan de redactie van de Vakidoot. Zo ziet het soms verborgen objecten aan voor advertenties, waardoor er meer kattenfoto's komen dan er advertenties zouden zijn. Dit kan de layout van een website helemaal kapot maken, zoals bijvoorbeeld op Reddit. Catblock heeft het ook moeilijk met resultaten van Google Shopping in een zoekopdracht. Zo krijg je bij het zoeken naar "kattenvoer" wel 44 kattenfoto's voor je zoekresultaten en nog 21 kattenfoto's erna. Voordat Catblock hier aan bezig ging, stond daar een horizontaal scrollvenster met plekken om kattenvoer te kopen. Deze problemen zijn te verhelpen door deze websites te whitelisten in Catblock, waardoor deze websites nog wel hun advertenties mogen plaatsen.

Al met al is Catblock een goede extensie en ook zeker het installeren waard. Ik durf zelfs zo ver te gaan om te zeggen dat dit de beste browserextensie is die de Vakidoot ooit gerecenseerd heeft. Daarom geef ik Catblock 5 van de 5 kattengezichten met hartjes als ogen.



PUZZALYTICS

Three cowboys (The Good, The Bad and The Ugly) are all after the same treasure. They decide to have a gunfight. Everyone can take turns (in a randomly pre-determined order) firing their gun. This continues until there is one winner left alive. The Good and The Bad are both flawless shots and always fatally hit the person they aim for. The Ugly can't shoot quite as well as the other two: whenever he shoots, there is a 50/50 chance that he hits and kills his target. All cowboys know these chances and are mathematically gifted: they will always decide their strategy (i.e. who to aim for) in such a way that their chances of winning are maximized. In case it makes no difference for a cowboy who he aims at, he will decide this at random.

What are The Ugly's chances of winning the fight?



The Mlcompany rooftop terrace is home to a large barbecue that can hold 20 pieces of meat in a row. The barbecue committee has bought a large supply of hamburgers and pork roasts. For the best results, one should never place two pork roasts next to each other: the fat dripping off these roasts overheats the coals underneath. Therefore a pork roast should always lie in between two hamburgers (or between a hamburger and the edge of the barbecue).

How many different ways are there to completely fill the barbecue (meaning 20 pieces of meat in a row, meeting the requirements above)?



Alexander von Humboldt

De vergeten wetenschapper

Bryan Brouwer

De kans bestaat dat je nog nooit van Alexander von Humboldt hebt gehoord. Tot voor kort was dit ook bij mij het geval.* Het is op zijn minst merkwaardig dat zo weinig mensen deze man kennen. Naar hem zijn vermoedelijk namelijk meer plaatsen en dingen vernoemd dan naar wie ook ter wereld.† Zo is er voor de kust van Chili en Peru bijvoorbeeld de Humboldt-stroming en zijn er tientallen parkjes en monumenten naar hem vernoemd. Verder zijn er gletsjers, dorpen, geisers, rivieren, watervallen, baaien, bijna 300 plantensoorten en meer dan 100 diersoorten naar deze man vernoemd, om maar een kleine greep te nemen. Maar wat maakte deze man nou zo bijzonder?

In 1802 beklom Humboldt samen met drie anderen de vulkaan de Chimborazo in het Andesgebergte. Deze vulkaan (bijna 7000 meter hoog) gold op dat moment als de hoogst bekende

*Tot ik zijn biografie las, geschreven door Andrea Wulf.

†Zie ook: <http://www.independent.co.uk/news/people/profiles/alexander-von-humboldt-the-eccentric-explorer-was-the-most-famous-man-in-the-world-after-napoleon-a6703346.html>

berg ter wereld. Nog nooit had iemand deze berg beklommen, maar Humboldt heeft het gedaan. En dat deed hij niet alleen met zijn drie reisgenoten. Nee, hij nam ook nog een heel scala aan instrumenten mee om zo veel mogelijk metingen te kunnen doen en uiteraard notatieblokken om alles zo nauwkeurig mogelijk op te schrijven. Zo schreef hij op welke dieren en planten zij onderweg tegenkwamen, maar hij mat ook regelmatig de luchtdruk en de temperatuur. En dat deden zij allemaal zonder de moderne uitrusting die men nu zou gebruiken bij het beklimmen van zo'n vulkaan! Uiteindelijk bereikten zij de top van de berg: nog nooit was er iemand zo hoog gekomen! Toen zij op de top stonden, begon Humboldt de wereld heel anders te zien. De aarde was volgens hem een groot, levend organisme, waarin alles met elkaar verbonden was. Dit was een revolutionair idee op dat moment, en nog steeds voor een groot deel de manier waarop wij vandaag de dag naar de natuur kijken.

Terwijl hij op de top stond, besepte hij dat de vegetatiezones op elkaar gestapeld op de berg lagen. Beneden waren er voornamelijk palmbomen en bamboe. Hoger op de berg waren meer coniferen en eiken te vinden en nog hoger kwamen er meer naaldbomen. Deze observaties verbond hij met andere waarnemingen die hij gedaan had in Europa. Hij besepte dat er een verband bestaat tussen wat voor soort bomen en planten in een gebied staan en wat voor klimaat er in dat gebied heerst. Dit klinkt nu heel logisch, maar dat was het destijds helemaal niet. Voor het eerst werden klimaatzones op verschillende continenten met elkaar verbonden.



Figuur 1 Alexander von Humboldt (1806)

Het belangrijkste was echter dat Humboldt besepte dat alles in de natuur met elkaar verbonden is en afhankelijk is van elkaar. Gebeurt er bijvoorbeeld iets met diersoort X, dan zal dat effect hebben op plantensoort Y. Eens tot deze conclusie gekomen, wordt ook de kwetsbaarheid van het systeem zichtbaar. Hij was daardoor de eerste persoon die het effect van mensen op het klimaat doorhad. Hij beschreef hoe bij het Meer van Valencia door ontbossing door mensen bodemerosie kon ontstaan bij het meer. Deze ingreep van mensen op het lokale klimaat kon volgens Humboldt leiden tot een onvoorzien grote impact op het leven van toekomstige generaties.

Naast deze inzichten heeft Humboldt ook nog een grote impact gehad op vele kunstenaars, wetenschappers en politici. Tijdens zijn reis naar Amerika is Alexander ook in de Verenigde Staten geweest en daar heeft hij onder meer de derde president van de Verenigde Staten, Thomas Jefferson, ontmoet. Thomas Jefferson was zeer onder de indruk van Alexander en ze hebben na zijn bezoek nog regelmatig



Figuur 2 De route van Humboldts expeditie door Amerika

brieven uitgewisseld. Volgens Jefferson was Humboldt "een van de grootste ornamenten van zijn tijd". Ook Charles Darwin (die van de evolutietheorie) was een groot bewonderaar. Zo had hij zelfs een aantal boeken van Humboldt meegenomen aan boord van de Beagle.[‡] Alsof dat nog niet genoeg is, schreef Darwin zelfs dat hij nooit aan boord van de Beagle was gegaan als hij niet Humboldts boeken had gelezen en dan hadden we misschien nu geen evolutietheorie gehad.

Honderd jaar na zijn geboortedag (14 september 1769) gingen mensen van over de hele wereld in 1869 massaal de straat op om zijn geboortedag te vieren. Er waren heuse parades over heel de Verenigde Staten: onder meer in Philadelphia, New York, San Francisco en Chicago. Maar ook in Moskou, Melbourne en Mexico. In New York werd een optocht gehouden met 15000 deelnemers.

Iets minder dan 150 jaar later is Alexander von Humboldt bijna helemaal vergeten buiten academische kringen, terwijl hij ooit de beroemdste persoon op aarde was na Napoleon.[§] Dit is, denk ik, onterecht, omdat ons denken over de natuur nog steeds beïnvloed wordt door zijn werken. In het licht van de klimaatverandering en het klimaatakkoord van Parijs dat in 2015 gesloten is, zou je zelfs kunnen stellen dat zijn bevindingen actueler zijn dan ooit.

[‡]Dit was de reis waarin het idee voor de evolutietheorie ontstond bij Darwin.

[§]Humboldt heeft een tijdje in Parijs gewoond, maar Napoleon kon het niet zo goed vinden met Humboldt en probeerde hem welens te dwarsbomen. Het is onduidelijk waarom precies, maar het heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat Napoleons boek over de natuur, waarvoor hij een hele groep mensen naar Egypte had gestuurd om veldwerk te doen, een stuk minder goed verkocht werd dan Humboldts boeken.

Introspeletjes

Tim Baanen, Jim Vollebregt

Hoi Tim,

Omdat het thema van deze Vakidioot "Ladekast" is, leek het mij interessant om het te hebben over de raadselspeletjes die worden gespeeld bij het introkamp. Ik moest namelijk alles uit de kast halen bij mijn pogingen om de diepgaande finesses van het kabouterklappen te doorgronden en de precieze formulering van het kikkerspringen te achterhalen. Ik moet eerlijk zeggen dat de moeilijkheid van de benodigde acties mij indertijd ver boven de pet gingen.

Maar toen kwam het mentortrainingskamp en luister: nadat ik erachter kwam dat het gegeven dat mijn brief een theekopje is, en dat jouw brief een theekopje is, impliceert dat deze hele Vakidioot een theekopje is, begon ik iets meer inzicht te krijgen in de exacte werking van deze raadsels. Dat wil niet zeggen dat ik ze meteen allemaal door had, maar kijk: dat een kikker die van de titel van dit artikel naar het paginanummer springt, leeft en dat een kikker die van modderfiguur naar mentortrainingskamp springt morsdood is, is zo klaar als een klontje.

Nadat ik een avond stomverbaasd heb zitten kijken hoe je twee kabouters klapt, of vijf kabouters met een hoedje, ging er eindelijk een lichtje branden en verkreeg ik de vaardigheid van het kabouterklappen. Mijn dertienjarige zusje had hem veel sneller door dan ik, en samen hebben we een stuk of achtenvijftig zeer omvangrijke kabouters die naar de sportschool gaan om af te slanken voor de Sonja Bakker magazine zomerissue 2017, alwaar ze erachter komen dat sporten nog niet zo makkelijk is en dientengevolge uitgeput op de bank belanden waar ze de rest van hun leven blijven zitten en slechts in uitzonderlijke nood een vin veroeren. Het moge duidelijk zijn dat de benodigde klapsequentie heel wat om handen had. Het heeft ons dan ook de hele avond gekost om deze te oefenen.

Leukste van alles is natuurlijk het overbrengen van de raadsels op je mentorkindjes. Om hen te zien worstelen om in de rol van Ranonkeltje de mentale signalen op te vangen die nodig zijn om de juiste persoon een hand te geven was voor mij een van de hoogtepunten van afgelopen intro.

Maar goed, ik ben ook benieuwd naar jouw ervaring met de introkampspeletjes. Nu je (hopelijk) bekend bent met de meeste van deze raadsels, vind je ze net zo vermakelijk als ik?

Groetjes, Jim

P.S. Een driehoek van het "Idioot"-label bovenaan de pagina, naar het Vakidiootlogo onderaan de pagina, naar het woord dientengevolge is voor...

Hoi Jim,

Je bent zeker niet de enige die bij zijn introductie verwoed bezig was de introspelletjes te doorgronden en te oefenen. Toch was dit meer uit een wens om er eindelijk vanaf te zijn. Liever was ik verhuisd naar het land van Geen Idee waar ze geen kikerspringen, Chinees tellen of zelfs het concept introspelletjes kennen. (Maar in het land van Geen Idee woont wel Ranonkeltje, hebben ze wel theepotten en kunnen ze ook kabouterklappen.) Otto mag dan houden van raadsels, spelletjes en puzzels oplossen en juist niet van spoilers, maar ik was op dat moment precies van tegenovergestelde mening.

Laten we ook vooral niet al te lang stilstaan bij de spelletjes om namen te onthouden. Ik was het derde lid van mijn mentorgroepje van wie de naam met een "T" begon, dus waren de keuzes voor het allitererende bijvoegelijke naamwoord wel erg beperkt. Het enige object dat in mijn tas zat en iets zei over mijzelf was een verkreukeld papiertje met een Deense vlag en ik werd steeds gemept met de krant, omdat ik zo'n makkelijke naam had.

Sommige van mijn vrienden keken dus ook raar op, toen ik twee intro's geleden mentor werd. Er zit echter een heel goede verklaring achter die wending. Vergeef me als ik te vergezocht bezig ben, maar het belangrijkste wat ik heb geleerd sinds dat eerste jaar, is dat al deze introspelletjes alleen bedoeld zijn om mentoren te amuseren. Hier is een Chinees geteld rijtje redenen:

Als het aantal toestanden van een bit gelijk is aan 1: op het mentorkamp ben ik tot diep in de nacht bezig geweest met het aanwijzen van een route die een hogesnelheidsstoomgoederendubbeldekker alleen retour kan rijden als Wilders in Den Haag is, die ik na het mentorkamp nooit meer heb vertoond;

dan is het aantal ruimtelijke dimensies waar we momenteel in leven gelijk aan 2: je hebt nooit een tekort aan mentoren want degenen die de oplossing van de spelletjes nog niet kennen, worden zo extra aangespoord om mentor te worden;

en is het kleinste driecijferige priemgetal waarvan alle permutaties van substrings van lengte twee ook priemgetallen zijn, gelijk aan 3: het feit dat je mentor moet worden om Superpong te kunnen meemaken.

Je zegt zelf ook al dat je het overbrengen op de eerstejaars het leukste aan de spelletjes vond. Aangezien je nu al mentor bent geweest, zou ik je vragen om nog eens goed te kijken of je meningen hierdoor niet te rooskleurig zijn geworden. Als je niet een beetje terughoudend bent en niet nog eens goed nadenkt over de route die je wilt rijden, gaat het treintje van ons aller plezier nooit vooruit komen.

Groetjes, Tim

P. S. De driehoek is van mij!

Hoe noem je de stelling?

Tim Baanen

Een populair verhaal vertelt dat David Hilbert een college bijwoonde over lineaire algebra en quantummechanica. Aan het einde van het college stelde Hilbert de volgende vraag: "Dr. Von Neumann, ik zou graag willen weten wat dat nou eigenlijk is, zo'n Hilbertruimte." Het is in de wiskunde gebruikelijk dat elke nieuwe ontdekking vernoemd wordt naar degene die het verzonnen heeft. Of tenminste, de eerste die het verzonnen heeft en niet Euler, Gauß of Bernoulli heet. Naast de duidelijke nadelen (zoals de wet van Stigler, dat vernoemingen nooit naar de echte ontdekker worden vernoemd*) zal ik betogen dat er nog wat andere nadelen aan zitten.

Het schrijnendste voorbeeld van foute vernoemingen is wel de verschillende algoritmen om een minimale opspannende boom te vinden. Zo is er het algoritme van Kruskal, ontdekt door hemzelf, het algoritme van Prim, daarvoor al ontdekt door Jarnik en daarna door Dijkstra, en het algoritme van Sollin, daarvoor al ontdekt door Borůvka, Choquet, Florek, Łukasiewicz, Perkal, Steinhaus, en Zubrzycki.

Ook heeft de achternaam van iemand natuurlijk vrij weinig te maken met de stellingen en definities die diegene opstelt. Neem nu de scheidingsaxioma's in topologie, die je netjes in een hiërarchie van implicaties kunt neerzetten. Als je ze willekeurig door elkaar husselt, zoals 'Hausdorff', 'Tychonov', 'normaal', 'regulier', 'Urysohn', 'Fréchet' en 'Kolmogorov', dan heb je helemaal niets aan de namen om ze weer op de juiste volgorde te zetten.[†] En dan heb ik het nog niet eens over de grammaticale bochten waarin je je moet wringen om concepten als "(volledig-Hausdorff)ruimten" netjes op te schrijven, terwijl er gewoon een productieve grammaticale regel is voor "ruimten die volledig Hausdorffs zijn".

Vreugde uit namen

En dat terwijl je zoveel meer lol kan beleven door je namen goed te kiezen. Concepten als vezels, staken, kiemen en schoven wor-

den aanzienlijk levendiger door hun namen. Deze levendigheid hadden ze niet gehad als ze iets als "Whitneybeeld" of "Cartanruimte" zouden heten. Wat dat betreft hebben een aantal vakgebieden enorm geluk gehad dat iemand zelfstandig zo'n beetje alle concepten heeft uitgevonden, want als je echt alles dezelfde naam geeft, wordt het zelfs voor wiskundigen te onoverzichtelijk.

Neem nu de intuïtionistische wiskunde. Omdat Brouwer zo'n beetje alle stellingen verwerpt die voor klassieke wiskundigen interessant zijn, moest hij vrijwel in zijn eentje een hele nieuwe wiskunde opbouwen. Hierdoor gebruiken intuïtionisten niet meer Cauchyrijen om reële getallen te maken, maar krimpene en verschrompelende segmenten. Overigens zijn intuïtionisten ook op andere gebieden taalvirtuozen. Je hoeft maar een college bij te wonen van de notoire Wim Veldman om dit door te krijgen. Denk maar aan mooie invectieven als "We zien dat de klassieke wiskundige zijn zondige ladenprincipe al $\omega + 1$ keer heeft gebruikt. Is er nog hoop op vergiffenis?" of natuurlijk "Alle klassieke stellingen zijn teleurstellingen."

Uitspraken over verzamelingen

Maar ook binnen wat minder controversiële vakgebieden van de wiskunde kunnen we allemaal mooie verwoordingen vinden. Zo

* Uiteraard heet de ontdekker van deze wet Robert K. Merton.

† Over normaal en regulier zal ik het verderop in dit artikel nog eens hebben.

gaat er het verhaal dat een zekere wiskundige geen goede naam kon verzinnen voor een soort verzamelingen en ze toen maar een "muis" noemde.³ Nu nog spelen deze muizen een rol in de verzamelingenleer, en zijn uitgebreid tot een begrip "wezel" voor een speciaal soort muis, wat leidt tot stellingen die eruit zien als "Als er een instortende wezel is, is er geen alomgeldig heelalletje."

Maar het vernuft beperkt zich niet tot woorden: ook volkomen nieuwe leestekens hebben dit soort flauwe geschiedenissen. Na het voetnootteken * is de traditionele opvolger †, in het Engels uitgesproken als "dagger". Niet nader te noemen muiswiskundigen konden het niet laten om allemaal nieuw wapentuig uit te vinden, wat tot de volgende zinnen leidde:⁵

We admit that † doesn't seem to look like a hand-grenade. The mice of inner model theory don't resemble the mice in our backyard as well. "Hand-grenade" is just another math term in the tradition of daggers, swords, and pistols.

Nederlandse naamgevingen

Sinds de tijd van Simon Stevin hebben Nederlandstalige wiskundigen een extra verantwoordelijkheid op het gebied van naamgeving. Omdat Stevin dacht dat het Nederlands de oertaal was die Adam en Eva spraken,¹ en ook veel nuttiger was dan het Grieks of Latijn, besloot hij alle wetenschappelijke uitdrukkingen een Nederlandse vertaling te geven. Het woord "filosofie" verving hij met "wijsbegeerte", "chemie" werd "scheikunde", en "algebra" moest "stelkunde" worden. Het is nog steeds mogelijk om

in het Nederlands te praten over evenwijdige krommen en raaklijnen in plaats van parallele curves en tangensen.

Hierin gaat de Bond tegen Leenwoorden nog een stapje verder. Zij willen dat elke uitdrukking die in het Nederlands gemaakt wordt, met oorspronkelijke Nederlandse woorden gemaakt wordt. Volgens hen moet je dus praten over toeleiding over de aardschappelijke getallen, zeggen dat de keuzegrondstelling gelijkwaardig is aan de hulpstelling van Zorn en het welgevolginsbeginsel en gevolgtrekken dat in een pendelende ring met eenheid, elk leestbeeld bevat is in een grootst leestbeeld.

Overigens ben ik van mening dat "normaal" en "regulier" verwoest moeten worden

Vooruit, ik geef toe dat er een geval is waarin je beter naar iemand kan vernoemen. Om de een of andere onverklaarbare reden zijn er veel te veel begrippen die "normaal" of "regulier" heten. Naast de verdeling heb je onder andere ook nog ruimtes, getallen, reeksen, functies, vectoren, een vergelijking, ondergroepen, matrices en elementen van een C^* -algebra die normaal heten, en die hebben vrij weinig met elkaar te maken op de naam na.

Bovendien betekent "normaal" iets als "vol doet aan een regel", precies wat "regulier" natuurlijk ook al betekent, en dat draagt helemaal niet bij aan het begrijpen van je definitie. Immers zou dan zo'n beetje alles "normaal" moeten heten want dat is precies het hele idee van een definitie. Dus gebruik niet iemands naam of een afgezaagde term, maar wees eens creatief!

³Een muis is tegenwoordig gedefinieerd als een voormuis die daarnaast nog bepaalde eigenschappen heeft, en een voormuis is uiteraard zelf ook weer gedefinieerd als een bepaald soort oermuis.

⁵Gevonden in Ralf-Dieter Schindler, *The core model for almost linear iterations*, <https://arxiv.org/abs/math/0002089>.

¹Niet te verwarren met vergelijkbare ideeën van Jan Gerardsen van Gorp. Zijn naam is geheel ontoevallig de oorsprong van een mooi antiek woord voor taalkundige onzin: *goropisme*.



Donkere materie en WIMPs

Peter Speets

Op 7 november 2016 publiceerde Erik Verlinde zijn theorie voor de verklaring van donkere materie. Zwaartekracht zou op grote afstand niet met $1/r^2$ afnemen. De verklaring voor donkere materie die de meeste aanhangers heeft, is op dit moment echter (nog?) die van de WIMP: de *weakly interacting massive particle*. Waarom is de WIMP geen slechte verklaring voor het ontbreken van massa in het universum?

Van slechts 5% van de massa in het universum weet men ongeveer wat het is. De overige 95% van de massa bestaat uit donkere materie (23%) en uit donkere energie (73%)*.†. Hoe weet men eigenlijk dat er zoveel materie is waarvan men geen idee heeft wat het is? Dit heeft te maken met de snelheid waarmee sterren rond het middelpunt van een sterrenstelsel bewegen. Het is op de achterkant van een bierviltje uit te rekenen dat er massa in een sterrenstelsel ontbreekt:

De zwaartekracht die op een ster werkt op afstand r , is GmM/r^2 . Hierin is M de massa van alle materie tussen het middelpunt van het sterrenstelsel en de baan van de ster in en m de massa van de ster. G is de gravitatieconstante. Door het behoud van impuls wil de ster eigenlijk gewoon met een snelheid v ten opzichte van het middelpunt van het sterrenstelsel doervliegen, maar wordt door de zwaartekracht steeds naar het centrum van het sterrenstelsel getrokken. De zwaartekracht richting het centrum van het sterrenstelsel moet gelijk zijn aan $\frac{1}{2}mv^2/r$, als de ster in een cirkelvormige baan rond wil blijven vliegen. Dit is de middelpuntzoekende kracht.‡ Door te kijken hoe snel sterren bewegen als functie van hun afstand, is op deze manier te bepalen hoeveel massa er in de bol zit die door de baan van de ster wordt ingesloten. De massa tussen§ $r = 0$ en $r = 25$ kpc is in zonnemassa's¶ $2,8 \cdot 10^{11} M_{\odot}$, maar de massa die bepaald is door de sterren te tellen is $9 \cdot 10^{10} M_{\odot}$. Er is dus volgens deze grove schatting pakweg 75% van de massa verdwenen. Dit is kleiner dan 95%, omdat er geen donkere energie meegenomen is in de berekening.

Voor het verschil tussen de geobserveerde massa en de massa volgens de rotatiesnelheid van sterrenstelsels zijn drie verklaringen:

- Er is veel meer materie zoals neutrino's, waterstofwolken en niet-lichtgevende objecten, zoals planeten, dan geobserveerd.
- De zwaartekracht werkt op grote afstand anders dan hoe de meeste natuurkundigen denken.
- Er is een onontdekte materievorm die voor de extra massa zorgt (donkere materie).

* De extra procent komt door afronding.

† Massa en energie zijn equivalent.

‡ Voor natuurkundigen: ja, dit is een schijnkracht.

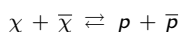
§ Één parsec is 3,2 lichtjaar. Ter vergelijking: de zon bevindt zich op een afstand van 8 kpc vanaf het middelpunt van de melkweg.

¶ De massa van de zon is $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ kg.

De verklaring dat de donkere materie uit gewone, maar nog niet geobserveerde, materie bestaat, is inmiddels uitgesloten. Gewone materie zendt namelijk altijd warmtestraling (*black-body radiation*) uit, dus zou met infa-rood telescopen te zien moeten zijn. Tevens blokkeren gaswolken het zicht op andere sterren en sterrenstelsels, omdat de gaswolken altijd een deel van het sterrenlicht zullen absorberen. Omdat alle bekende materie, behalve de neutrino's, met fotonen kan interageren, kan niet alle donkere materie uit al geobserveerde materie bestaan. Neutrino's kunnen ook slechts een beperkt deel van de 'verloren' massa verklaren, omdat neutrino's veel te licht zijn.

Donkere materie zal dus of een schijnmassa zijn, omdat zwaartekracht minder goed werkt op grote afstand, of donkere materie bestaat uit onontdekte deeltjes die niet of nauwelijks reageren. Een type van deeltjes waarnaar nu gezocht wordt, zijn de zogenaamde WIMPs: *weakly interacting massive particles*. Deze deeltjes heten WIMPs, omdat er wordt aangenomen dat ze, net zoals neutrino's, via de zwakke kracht kunnen interageren. Deze deeltjes zijn echter veel zwaarder dan neutrino's. WIMPs zijn (waarschijnlijk) zelfs 100 keer zwaarder dan protonen of neutronen.

Deze WIMPs zouden gecreëerd zijn vlak na de oerknal, toen de dichtheid en temperatuur van het universum veel hoger was. Als WIMPs bestaan uit een deeltje χ en een antideeltje $\bar{\chi}$ en reageren met een deeltje p en een antideeltje \bar{p} dan vormen ze een evenwicht:



Omdat donkere materie niet geclusterd is in sterren en planeten, maar zich verdeelt over een sterrenstelsel, komen WIMPs elkaar slechts zelden tegen om materie te vormen. Tevens zal gewone materie niet zo snel donkere materie vormen, omdat het (vooralsnog) hypothetische donkere materiedeeltje veel zwaarder is dan een proton of een neutron. De energie die nodig is om een WIMP te vormen, zal dus allemaal van de vrijgekomen kinetische energie na een botsing moeten komen. Alleen vlak na de oerknal zijn er genoeg deeltjes met deze hoge kinetische energie.

Omdat WIMPs zowel slecht interageren als een lage dichtheid hebben, zijn ze lastig te detecteren. Veel WIMP experimenten bestaan daarom uit een met edelgas gevulde tank onder de grond om zoveel mogelijk kosmische straling uit het experiment te houden. Als een WIMP interageert met een atoomkern van het gas, kan er röntgenstraling opgevangen worden door fotondetectoren die opgesteld zijn aan de rand van de gastank. Omdat er slechts een paar WIMP interacties per jaar voor de hele tank worden verwacht, is het vrij lastig om een WIMP interactie te filteren uit de ruis. Neutrinointeracties, maar ook straling van kleine hoeveelheden uranium in het materiaal van de detector zelf zorgen al voor meer signaal dan de verwachte hoeveelheid WIMP interacties. Daarom zijn WIMP detectoren één van de meest stralingsvrije plaatsen ter wereld, omdat het kleinste beetje straling de ruis te groot maakt om interacties met donkere materie te onderscheiden van interacties met de straling. Hoewel er steeds grotere WIMP-detectoren worden gebouwd, is er nog geen bewijs voor het bestaan van dit deeltje, dus vooralsnog is het een raadsel waar 23% van de materie heen is.



PUZZEL

Toversokken

Marc Houben

Een succesvol tovenaar en sokkenverzamelaar heeft na jaren werk een collectie van 36 groene, 56 blauwe en 76 rode sokken weten te vergaren. Hier was hij vanzelfsprekend erg trots op, en hij liet dan ook graag zijn sokkenverzameling aan al zijn medetovenaars zien. Echter, op een bepaalde dag besloot de tovenaar zijn levenskeuzes te heroverwegen, en bedacht hij dat hij eigenlijk liever alleen grijze sokken zou willen hebben.

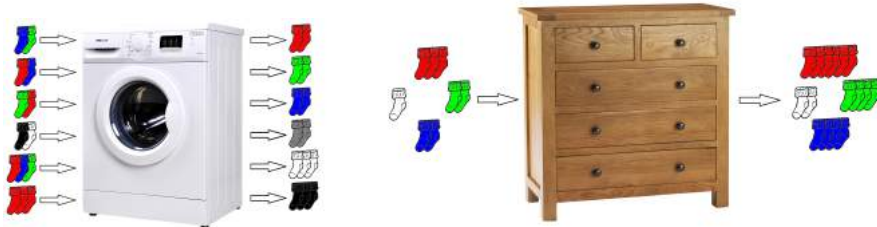
Om dit te bewerkstelligen kan hij gebruik maken van de *magische wasmachine*. Deze wasmachine heeft, naast andere onrealistische functies, de opmerkelijke eigenschap dat er na een wasbeurt altijd evenveel sokken uitkomen als je erin hebt gedaan.

Als je twee sokken van een verschillende (primaire) kleur in de magische wasmachine doet, veranderen deze in een paar van de overige (primaire) kleur. Bijvoorbeeld: als je een groene en een blauwe sok in de wasmachine doet, dan komen er twee rode sokken uit.

Je kan ook drie sokken in de wasmachine doen: als je een groene, blauwe en een rode sok in de wasmachine doet, dan komen er drie witte sokken uit. Als je drie sokken van dezelfde primaire kleur (dus drie rode, drie blauwe of drie groene) in de wasmachine doet, dan komen er drie zwarte sokken uit.

Tenslotte, als je een witte en een zwarte sok in de wasmachine doet, dan komt er één paar grijze sokken uit.

De tovenaar heeft ook een *magische ladekast*: Hij doet 's nachts al zijn sokken in de magische kast, en dan zullen de sokken zich de volgende dag verdubbeld hebben.



We gaan er vanuit dat de tovenaar op dag 1 begint met 36 groene, 56 blauwe en 76 rode sokken, en dat hij op een dag zijn wasmachine zo vaak kan gebruiken als hij wil.

De vraag is nu: kan de tovenaar, door geschikt gebruik te maken van zijn magische huishoudelijke apparaten, alleen grijze sokken overhouden? Zo ja, hoeveel dagen heeft de tovenaar hier minstens voor nodig? Zo nee, leg uit waarom.

Als je een oplossing hebt, dan kan je die sturen naar vakidoot@A-eskwadraat.nl.

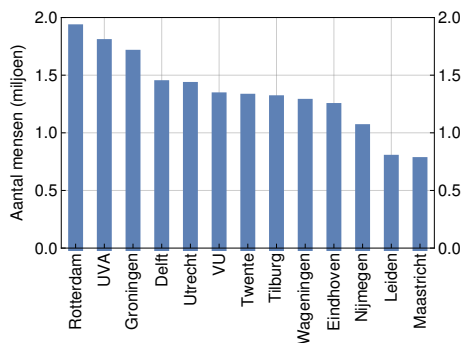
De winnaars (!) van de creativitaalpuzzel (uit Vakidoot 1617-2 "Taal") zijn geworden: Merlijn Staps & Sven Bosman. Omdat ze hun oplossing gezamenlijk hebben ingestuurd, mogen ze een gezamenlijke prijs ophalen bij de A-Eskwadraatkamer.

De Dichtstbijzijnde Universiteit van Nederland

Peter Speets

In oktober 2014 schreven Diederik Smit en Rudolf Julius van *De Speld* dat de Universiteit Utrecht de meest dichtstbijzijnde universiteit van Nederland is.* Klopt dit wel? De Vakidoot checkt voor u de feiten.

In het artikel van *De Speld* beroepen Smit en Julius zich op een ranglijst opgesteld door de Universiteit Utrecht. Hierover valt echter niets te vinden op de site van de universiteit. Ook bij navraag bij verschillende studenten van de Universiteit Utrecht blijkt er niets van een dergelijke ranglijst bekend te zijn. Om toch uit te zoeken of het artikel van *De Speld* hout snijdt, heeft de Vakidoot een eigen onderzoek uitgevoerd naar de meest dichtstbijzijnde universiteit. Wat blijkt? Niet de Universiteit Utrecht is de meest dichtstbijzijnde universiteit van Nederland, maar de Erasmus Universiteit Rotterdam.



Figuur 1 Het aantal inwoners van Nederland dat het dichtst bij woont bij één van deze universiteiten.[†]

de bekendere universiteiten van Nederland, is de Universiteit Leiden voor veel mensen niet de dichtstbijzijnde universiteit. Dit heeft te maken met de nabijheid van de universiteiten van Rotterdam, Delft en Utrecht. De universiteit die het minst dichtbij is, is de Saba University School of Medicine. Deze universiteit is voor slechts 24.300 mensen het dichtstbij.

Utrecht, volgens *De Speld* het meest nabij, moet vier andere universiteiten voor laten gaan die voor meer mensen dichterbij liggen dan de Universiteit Utrecht. In het artikel van *De Speld* zijn ook kleinere gespecialiseerde universiteiten meegenomen. Omdat de Universiteit voor Humanistiek ook in Utrecht ligt, zou Utrecht zelfs nog slechter scoren op de lijst dan nu het geval is. Het artikel van *De Speld* beoordelen we daarom als **niet waar**.

* www.speld.nl/2014/10/31/universiteit-utrecht-opnieuw-dichtstbijzijnde-universiteit/

[†]Bron: bevolkingsdichtheidskaart CBS 2014

De Fotostrip

