



perio*diek

op regelmatige tijden terugkerend jaargang 2010 nummer 3¼

Inhoud

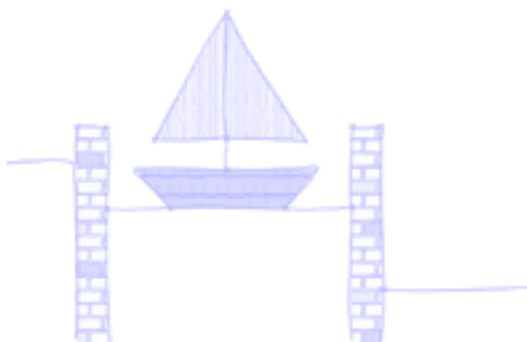
6 Onwetendheid, kappers en oneindige uien

Wetenschap is vaak logisch, maar een enkele keer gaat toch niet alles zoals je verwacht. Zo kent de wiskunde ondanks haar logische precisie paradoxen en kan jouw meting aan een deeltje dat deeltje flink beïnvloeden.



10 Water in de lift

In Nederland zijn we best wel goed met water. Dijken zijn geen probleem, en als we meer ruimte nodig hebben gooien we een meer vol met zand en noemen we het 'polder'. Van hoogteverschillen overbruggen hebben we echter iets minder kaas gegeten. Hoe krijg je een schip een berg op?



32 De boodschapper van het universum

Per seconde vliegen er vijftig triljoen door je lichaam. Om ze te zien heb je een groot vat chloor nodig. En ze komen in drie smaken. Waar hebben we het over?

En verder

- 4 In het nieuws
- 14 Snösmeltning i Svealand
- 18 De waarheid achter statistiek
- 21 Consultant in pak
- 26 Kokkerellen
- 36 Graven naar tijden
- 38 Breinwerk

28 Typografie

Typophilia: An excessive attachment to and fascination with the shape of letters, often to the exclusion of other interests and object choices. Typophiliacs usually die penniless and alone.

— Erin Morelli



Colofon

Redactie Marion Dam, Ronniy Joseph, Herbert Kruitbosch, Ellen Schallig, Pjotr Svetachov, Marten Veldthuis, Erik Weitenberg

Scribenten Roel Andringa, Monique van Beek, Ivar Postma

Met dank aan Susan Klooster

Adverteerders TNO (p. 13), Bain & Company (p. 20), ASML (p. 25)

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

Oplage 1300 stuks

Druk Scholma

ISSN 1875-4546

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

22 Voor de verandering blind

Heb jij ooit de kleine wijzer van een klok zien bewegen? Hoewel hij voortdurend beweegt, zien we dat eigenlijk niet. Als er daarentegen op een goede ochtend een gele bulldozer voor je keukenraam staat, zul je dat waarschijnlijk opmerken. Waarom werkt ons hoofd zo raar?

Van de redactie

Soms kom je lastige zaken tegen: som 3b van dat tentamen, naar de wc moeten tijdens een film, geen geld meer op je rekening hebben.

Als je met de trein reist, is het knap lastig als de treinen zich niet aan de dienstregeling houden. De dienstregeling zelf zit echter wel goed in elkaar en heeft dan ook een internationale prijs gewonnen. Wist je dat het eigenlijk heel veel weg heeft van grafentheorie?

Je kunt op internet plaatjes tegenkomen: "Zoek het verschil." Het kan nog best lastig zijn om het verschil te spotten, maar als je het eenmaal ziet, denk je vast iets in de trant van: "Hoe heb ik dát niet kunnen zien?!" Je bent gelukkig niet de enige en het verschijnsel heeft zelfs een naam.

Som 3b van je tentamen ging over statistiek. Jij vindt dat misschien een beetje moeilijk, maar waarschijnlijk ga je wel netjes met je data om. Helaas kun je er niet vanuit gaan dat iedereen dat zo netjes doet. Er zijn allerlei vuile trucjes toe te passen op data om ervoor te zorgen dat de uitkomst eruit ziet zoals jij dat wilt. Onze eigen wiskundigen Erik en Monique kunnen je de fijne kneepjes van het vak leren.

Het is ook altijd een uitdaging om de Periodiek met gevarieerde onderwerpen te vullen. Mocht je nu denken "dát is leuk om in de Perio over te lezen," of "hier kan ik een leuk artikel over schrijven," neem dan vooral contact met ons op!

— Ellen

In het nieuws

Verstrengelde fotonen van de tap

Het nut van verstrengelde fotonen, fotonen met gekoppelde eigenschappen, werd in de vorige Periodiek al uitgelegd. De productie van deze verstrengelde fotonen was voorheen niet zo makkelijk. De traditionele manier was het splitsen van laserlicht via een bètabariumboraatkristal. Dit leverde soms inderdaad twee verstrengelde fotonen op, soms slechts één, maar ook vaak genoeg geen fotonen. Onderzoekers uit Cambridge hebben onlangs een 'verstrengelingskanon' gebouwd, bestaande uit een indium-arsenide halfgeleider van minder dan 10 nm groot. Gooi er een 80 MHz wisselstroom door en er komen allerlei verstrengelde fotonen uit. Het lijkt erop dat de kwantumcomputer al meer in zicht komt.

newscientist.com

Survival of the fittest: DEET-bestendige muggen

Oma's remedie tegen de welbekende zomerse kamikazepiloot kan binnenkort de deur uit. Na onderzoek is gebleken dat het gen voor DEET-resistentie bij muggen dominant is. Na selectie van DEET-resistente muggen, door middel van menselijke proefpersonen, zijn deze doorgefokt met willekeurige andere muggen. Wat bleek? Na hevig doorkruisen bevatte de helft van

de populatie het gen. Dus die citroenplant kan binnenkort ingeruimd worden voor een stevige klamboe.

kennislink.nl

Regen op bestelling II: de regenlaser

In de vorige Periodiek verscheen een artikel over regeninductie. Nu is er wellicht een manier bijgekomen om regen te laten vallen: lasers! Een groep onderzoekers heeft ontdekt dat laserlicht de kleine druppeltjes water in wolken kan laten samenklonteren tot grotere druppels. Ze zijn er nog niet precies achter wat dit effect veroorzaakt, maar als het toepassen van deze methode haalbaar blijkt, zullen we het waarschijnlijk al snel in gebruik zien. Helaas werkt dit nog niet in de Sahara: we kunnen nog altijd geen water maken van gebakken lucht.

kennislink.nl

Super-Gen: Tibetanen ademen beter

Waarom kunnen Tibetanen wel op grote hoogte werken zonder last te krijgen van hoogteziekte, maar wij niet? Wetenschappers hebben uitgevonden hoe dat komt: bij Tibetanen zijn twee nieuwe genvarianten gevonden. Veel Tibetanen hebben minder hemoglobine in hun bloed – te veel hemoglobine kan problemen opleveren op grote hoogte – maar gebruiken de kleine hoeveelheden zuurstof efficiënter.

Als je deze genvarianten hebt, neem je minder zuurstof op, maar gebruik je het efficiënter. Een volgend onderzoek zal gaan over hoe zuurstof beter benut wordt: men weet nog niet precies hoe Tibetanen efficiënter met zuurstof omgaan.

news.sciencemag.org

Kogelvrij t-shirt

Onderzoekers aan de University of South Carolina hebben een manier gevonden om een t-shirt te maken dat sterk genoeg is om kogels af te weren. Eerst wordt een lap katoen in een boriumoplossing gelegd en vervolgens wordt deze lap in een oven gestopt. De katoenvezels veranderen in koolstofvezels die daarna reageren met de boriumoplossing. Wat overblijft zijn vezels van boriumcarbide, een van de sterkste stoffen op aarde. De vezels zijn veel flexibeler dan de platen van boriumcarbide die nu in kogelvrije vesten gebruikt worden. Men hoopt met deze techniek ook veel lichtere auto's en vliegtuigen te produceren.

ecouterre.com

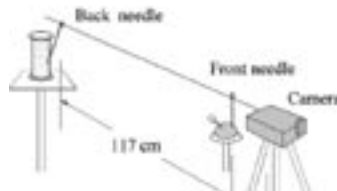


Leuke nieuwtjes uit de wondere wereld der wetenschap

Nooit meer onscherpe foto's

Onderzoekers aan de universiteit van Toronto hebben een nieuw soort camera ontwikkeld, die op meerdere plaatsen tegelijk kan scherpstellen. Eerst wordt de afstand tot objecten in het beeld bepaald. Het systeem bevat meerdere gewone camera's die vervolgens op verschillende afstanden worden scherpgesteld. De beelden hiervan worden aan de hand van de afstands-informatie vervolgens samengevoegd. Zo kun je meerdere afstanden scherp krijgen.

individual.utoronto.ca/iizuka



om zelf een motorgeluid te kiezen dat elektrische auto's bij snelheden tot 30 km/h produceren. Autofabrikanten zien een kans om merkgebonden geluiden aan hun elektrische auto's te koppelen. Zo kan het klassieke geluid van een ronkende motor gebruikt worden, maar ook geluiden die voertuigen in sciencefictionfilms produceren.

timesonline.co.uk

Buigbaar lcd-scherm

Schermen die doorhebben dat je aan ze zit, zijn tegenwoordig al redelijk ingeburgerd. Toshiba heeft een flexibel scherm ontwikkeld, dat ongeveer een halve millimeter dik is en aanvoelt of en hoe ver je het buigt. Het scherm is uitgerust met een door het bedrijf ontwikkeld flexibel *backlight*, dat kan worden omgebogen tot een krommingsstraal van vijf centimeter, en een gewone buigingssensor. Het huidige prototype kan de informatie van de sensor al gebruiken om bijvoorbeeld in te zoomen in Google Earth, maar als het project doorgezet wordt, zal het daar waarschijnlijk niet bij blijven.

techon.nikkeibp.co.jp

Oliefiltreren

Onderzoekers aan de universiteit van Pittsburgh hebben een filter ontwikkeld dat olie tegenhoudt en water doorlaat. Het filter bestaat uit katoen gewekt in een polymeer die bindt met water, maar olie afstoot. Door een groot vangnet te bouwen en deze door zee te verslepen is het mogelijk om olie van water te scheiden. Het filter is al succesvol getest aan de kust van Louisiana.

news.pitt.edu

misschien wel. Onderzoekers van het Max Planck Instituut hebben geconcludeerd dat het menselijke genoom bij Europeanen en Aziaten minimaal 1-4% aan Neanderthalergenen bevat. Ze hebben het Neanderthalergenoem, gevonden in oude botten, vergeleken met dat van mensen anno 2010. Blijkbaar hielden onze voorouders wel van een beetje Neanderthaler.

nature.com

Iedere auto een ander motorgeluid

Elektrische auto's zijn in opkomst, maar niet iedereen is daar blij mee. Ze zijn zo stil dat ze voor voetgangers, met name voor blinden, een gevaar vormen omdat ze niet gehoord worden. De EU, Japan en de VS overwegen daarom om autofabrikanten de vrijheid te geven

Wat ben jij een Neanderthaler!

Wel eens afgevraagd waarom je huisgenoot er 's ochtends uitziet alsof hij uit een grot gekropen is? Aan een stevige kater hoeft het niet te liggen maar aan zijn genealogie



Onwetendheid, kappers...

DOOR ROEL ANDRINGA

...en oneindige uien

Zo'n 80 jaar geleden waren er twee mensen die de wetenschap op haar zekere en alwetende grondvesten deden schudden. De eerste was Werner Heisenberg, die met zijn onzekerheidsrelaties in 1927 het klassieke idee dat deeltjes altijd welbepaalde grootheden hebben van tafel veegde. De tweede was Kurt Gödel, die met zijn onvolledigheidsstellingen in 1931 Hilberts pogingen om de wiskunde volledig consistent en vrij van paradoxen op te stellen een verrassende draai gaf.

Beide lijken het gevolg te zijn van 'zelfreferentie'. In wat volgt zal een korte schets van beide ontwikkelingen gegeven worden en op het eind zullen wat vragen opgeworpen worden omtrent de implicaties voor de fysica van Gödels onvolledigheidsstellingen.

De meesten zullen de leugenaarsparadox "Deze zin is niet waar" kennen. Tarski legde de oorsprong van deze paradox uit door te zeggen dat onze spreektaal 'semantisch gesloten' is; de taal is in staat om uitspraken over haar eigen zinnen te doen en kent dus een mate van zelfreferentie. Onder 'semantiek' kun je hier dan de betekenis van de symbolen van een taal verstaan. Daar tegenover staat het begrip 'syntax', dat slechts de onderlinge relaties tussen deze symbolen weergeeft. Een voorbeeld daarvan is de grammatica van een taal.

De leugenaarsparadox kun je uitleggen door te stellen dat je dat soort semantische uitspraken over de taal zelf alleen kunt doen in een zogenaamde 'metataal', een 'taal over de taal'. De oorspronkelijke taal zelf noem je dan 'objecttaal', en binnen de objecttaal zou je geen uitspraken over zinnen uit diezelfde objecttaal mogen doen; die moet je beoordelen op waarheid in de metataal. Zo is zelfreferentie uitgesloten, en kun je een hele hiërarchie van metatalen opstellen.

Je verwacht natuurlijk dat een wiskundig, formeel systeem paradoxen zoals de leugenaarsparadox niet zou mogen hebben. Maar de wiskunde verkeerde begin

vorige eeuw in een lichte staat van crisis. Dat had alles te maken met de zucht naar één uniek wiskundig fundament. Getallen zijn objecten die vaak als redelijk fundamenteel worden gezien. Maar mensen als Frege en Russell wilden deze objecten reduceren tot eigenschappen van nog fundamenteelere objecten: verzamelingen. Verzamelingen zijn namelijk objecten die je heel breed kunt toepassen en heel abstract zijn.

Dat de verzamelingenleer ook haar paradoxen kent, werd door onder andere Russell aangestipt. Hij stelde de verzamelingenleer-variant van de volgende vraag: "Als in een dorp de kapper alle mannen scheert die zichzelf niet scheren, scheert hij zichzelf dan ook?"¹



Hilbert begon daarom een programma om de wiskunde volledig te 'formaliseren'. En wel zodanig, dat er geen 'onwetendheid' in voor zou komen: elke stelling zou moeten kunnen worden bewezen of weerlegd, zodat er voor vervelende kappers geen plek meer was. Zo'n formalisatie komt er in het kort op neer dat je als fundament een systeem aanlegt dat alleen bestaat uit symbolen en waar bepaalde reken-

¹ Deze vraag kan niet beantwoord worden, wat makkelijk ingezien kan worden door aan te nemen dat de stelling waar is, en vervolgens dat hij niet waar is. Zo waren er meer paradoxen; een ander voorbeeldje is de Burali-Forti paradox omtrent ordinaalgetallen.

regeltjes voor gelden. Elke verwijzing naar concrete wordt weggestript. Oftewel: het is een puur syntactisch systeem zonder semantische referenties. Hilberts formalisatie bestond in het kort uit twee stappen:

- (1) Aangezien getallen als fundamentele bouwstenen konden worden beschouwd wilde hij de rekenkunde eerst formaliseren.
- (2) Daarna wilde hij de consistentie van dit formele systeem bewijzen via ‘metawiskunde’.

Een systeem wordt als (syntactisch) consistent gezien als niet zowel “X is waar” als “X is niet waar” bewezen kunnen worden. De metawiskunde in stap (2) is het wiskundige equivalent van de metataal die Tarski introduceerde om de leugenaarsparadox te bestrijden, en wordt ook wel *proof theory* genoemd. Hilbert was ervan overtuigd dat op deze manier alle problemen in de wiskunde opgelost konden worden. En dat deze consistentie ook kon worden bewezen!

Peano rekenkunde

Het resulterende formele systeem had dus als uitgangspunt de rekenkunde van de natuurlijke getallen. Deze rekenkunde was al eerder geaxiomatiseerd door Peano in de 19^e eeuw via vijf axioma’s waar alleen de begrippen ‘getal’, ‘nul’ en ‘opvolger’ worden gehanteerd. Het getal ‘2’ wordt dan bijvoorbeeld gezien als de ‘opvolger van de opvolger van nul’. Hilberts formalisatie van dit systeem van Peano betekende dat je die getallen nu als strikt abstracte entiteiten ging zien. Het object ‘nul’ wordt zo gerepresenteerd als **0**, en een opvolger wordt opgeschreven als een apostrof: ‘. Het getal ‘2’ kent dan een abstracte tegenhanger in het formele systeem en kan opgeschreven worden als **2**. Dit is dan gelijk aan **0''**. We neigen ernaar om dit weer als getallen te interpreteren, maar in het formele systeem is dit slechts een string van symbolen onderhevig aan duidelijke rekenregels! Dit formele systeem wordt tegenwoordig TNT genoemd, wat voor *Typographical Number Theory* [8] staat en de formalisatie van de getallentheorie benadrukt.



Gödel (rechts) met Einstein in Princeton. Gödel heeft ook bijdragen geleverd aan Einsteins algemene relativiteitstheorie door een oplossing te vinden die tijdreizen toelaat.

Op deze manier kon men een strikt formeel systeem opschrijven dat de Peano-rekenkunde kon reproduceren. Omdat het systeem alleen abstracte objecten kent en alleen welbepaalde rekenregeltjes volgt, hoopte Hilbert dat dit soort constructies dát felbegeerde consistente wiskundige fundament zou geven dat vrij was van onwetendheid. En bewijsbaar consistent, uiteraard.

Gödel

Kurt Gödel begon vol ambitie eind jaren '20 aan het tweede probleem uit een lijst die Hilbert had opgesteld: “Bewijs dat de rekenkunde consistent is.” Dat zorgde echter voor een verrassing! Hij vond namelijk dat je elke string van symbolen in TNT, wat we in een taal als een ‘stelling’ zouden interpreteren, een unieke code kon meegeven via priemfactorisatie. En we zagen al dat deze TNT de Peano-rekenkunde wordt geacht te kunnen reproduceren, precies omdat deze model stond voor onze TNT. Dit proces van een unieke code meegeven aan elke string van symbolen binnen TNT noemen we ‘Gödelisatie’, en deze Gödelisatie laat toe dat het formele systeem TNT uitspraken over haar eigen syntax kan doen. Aangezien we al eerder zagen dat zelfreferentie voor problemen zorgt zou er nu een duivels lachje op de achtergrond moeten gaan klinken.

Gödel was zo in staat om via recursieve methodes metawiskundig een zin Γ te construeren die bin-

nen TNT ongeveer hetzelfde effect had als de leugenaarsparadox in onze spreektaal: onbepaaldheid. De details zijn vrij technisch en nogal subtiel, maar het resultaat was dat Gödel de volgende stellingen kon bewijzen:

- Als TNT consistent is, dan is er een zin Γ te bedenken die niet te bewijzen valt binnen TNT.
- Als TNT consistent is, dan valt dit niet te bewijzen.

De eerste stelling zegt dus dat TNT onvolledig is; er zijn kennelijk zinnen binnen TNT die niet te bewijzen zijn. Specifieker: Gödel formuleerde de zin Γ , die over zichzelf zegt dat ze niet bewijsbaar is. Maar het is vooral de tweede stelling die Hilberts programma ernstig in verlegenheid bracht, want dit was nou juist stap (2) in zijn programma! Nu gelden deze stellingen niet voor *alle* formele systemen, maar wel voor een heel brede klasse. We zagen al dat het systeem TNT de rekenkunde moest kunnen reproduceren en dat het consistent moest zijn. Een derde eis is dat de axioma's algoritmisch 'beslisbaar' moeten zijn. Wanneer je van deze drie eisen afstapt, is het mogelijk om Gödel te omzeilen.

En dus zat Hilbert met een probleem: de kapper van Russell leek keihard terug te zijn gekomen. Of, om met de woorden van Duke Nukem te spreken: "It's time to kick ass and shave. And I'm all out of shaving lather."

Nog meer crisis

Een andere crisis, maar dit keer in de natuurkunde, werd door Max Planck opgelost in 1900. Het probleem was dat de toen geldende theorie over straling voorspelde dat hoe hoger de frequentie is van uitgezonden straling, des te meer er van deze straling zou worden uitgezonden. Dat weerhoudt je ervan om een gezellig avondje bij de open haard te hebben, gezien je binnen no-time weggebrand zou worden. Planck loste het probleem op door te veronderstellen dat deze stralingen in discrete pakketjes werden uit-

gezonden. De kwantummechanica was geboren, maar wat het nu precies betekende was Planck de eerste jaren een volstrekt raadsel. En hij was niet de enige.

Deze kwantummechanica werd curieus genoeg op twee verschillende manieren ontwikkeld. Enerzijds had je Schrödinger, die de hele zaak in termen van golfmechanica opschreef. Anderzijds had je Heisenberg, die de theorie formuleerde in termen van matrices. Beide beschrijvingen bleken volledig equivalent te zijn, en het was Heisenberg die het onzekerheidsprincipe formuleerde.



Heisenberg in zijn jonge jaren.

Kort gezegd is het idee in de kwantummechanica dat een systeem altijd kan worden beschreven met een golf functie. Alles heeft een golf karakter, alleen komt dit golf karakter bij een elektron wat duidelijker uit de verf dan bijvoorbeeld bij een ui omdat een elektron iets kleiner is. Fysische grootheden kunnen dan verkregen worden door met operatoren op de desbetreffende golf functie in te werken. De mogelijke meetwaarden zijn dan niks anders dan de eigenwaarden van deze operatoren. Heisenberg merkte op dat deze operatoren in het algemeen niet commuteren². En operatoren die niet commuteren hebben geen gezamenlijke basis van eigenvectoren, iets wat je van lineaire algebra kent. Fysisch betekent dit het volgende:

Wanneer twee operatoren niet commuteren, dan zijn de bijbehorende grootheden niet tegelijkertijd gedefinieerd.

Normaal wordt als voorbeeld de positie en impuls van een deeltje gegeven, maar het geldt dus in het alge-

² Dit houdt in dat de volgorde van inwerken op zo'n golf functie uitmaakt: $AB \neq BA$. Voor matrices geldt dit vrij algemeen. Ook voor operatoren kun je dit inzien: voor een functie $\psi(x)$ geldt in het algemeen dat $x(\partial_x \psi(x)) \neq \partial_x (x\psi(x))$.

meen voor elk setje operatoren dat niet onderling commuteert. Fysisch is dit enigszins als volgt te begrijpen.

Wanneer je een meting wilt verrichten aan een deeltje, moet je er bot gezegd “deeltjes tegenaan smijten”. Denk aan licht om dit artikel te lezen en elektronen om het oppervlak van een materiaal in kaart te brengen via een elektronenmicroscop. Die deeltjes interacteren met je systeem en zullen dit systeem volgens de kwantummechanica altijd enigszins verstoren. Het idee om het meetsysteem los te zien van datgene wat je meet is hiermee dus definitief van de kaart. Je kunt dit beschouwen als een soort zelfreferentie: volgens de kwantummechanica is er niks op tegen om metingen te verrichten, maar datgene waar je de meting mee verricht (fotonen, elektronen, etc.) is zelf ook weer onderhevig aan de kwantummechanica! Dit doet enigszins denken aan Gödels onvolledigheidsstellingen: de ‘theorie grijpt terug op zichzelf.’

Gödel zelf moest hier echter weinig van hebben. Het verhaal gaat dat toen John Wheeler op een koude winterdag op Princeton eens aan Gödel vroeg wat voor connectie hij zag tussen zijn eigen onvolledigheidsstellingen en Heisenbergs onzekerheidsrelaties, Wheeler door een verontwaardigde Gödel uit het kantoor werd gegooid.

Interessante vragen, optimisten en pessimisten

Nu zijn er talloze interessante vragen te bedenken. Ten eerste: had Wheeler een punt? Ligt er misschien een fundamenteel aspect ten grondslag aan de bevindingen van Gödel en Heisenberg?

Ten tweede zijn fysici op zoek naar die ultieme beschrijving van de natuur, in een vlag van bescheidenheid de *Theory Of Everything* (TOE) genoemd. Maar deze theorie is geschreven in de taal van de wiskunde. Als het fundament van deze wiskunde haar eigen consistentie niet kan bewijzen, zullen we dan ooit wel die TOE kunnen vinden? De meest voor de hand liggende kandidaat, de snaartheorie, wordt door steeds meer mensen steeds minder als ‘unieke onderliggende

theorie’ geïnterpreteerd, voornamelijk op basis van fysische redenen. Maar de onvolledigheid van de wiskunde zou deze status als ultiem eindstation nog eens extra kunnen afzwakken.

Mensen als Hermann Weyl ervoeren het werk van Gödel als “constante afvoer van het enthousiasme en vastberadenheid” waarmee zij hun onderzoek beoefenden [5]. De natuurkundige Freeman Dyson was echter juist optimistisch. Hij zag hierdoor de natuur als een soort ui waarvan men elke keer weer een schil afhaalt maar nooit de kern zal bereiken, als een fascinerende reis die nooit ten einde komt [3][5]. En die eeuwige werkverschaffing voor natuur- en wiskundigen oplevert, natuurlijk.

En met deze geruststelling wordt in elk geval *deze* fascinerende reis door de wereld van onzekerheid en onwetendheid beëindigd.

Verder lezen en geraadpleegde literatuur

Veel van het eerste deel is gebaseerd op [3], een bijzonder boek dat een kruising lijkt te zijn tussen een populaire en technische beschrijving; enige voorkennis over logica is handig maar niet noodzakelijk. Een technische behandeling staat in [4]. De implicaties voor de fysica zijn onder andere in [5] beschreven en door Hawking in een van zijn toespraken [7]. [6] is een van de artikelen die claimen een brug te hebben geslagen tussen de onvolledigheidsstellingen en het onzekerheidsprincipe. [1] en [2] zijn de oorspronkelijke artikelen van respectievelijk Gödel en Heisenberg over hun stellingen. •

Referenties

- [1] “Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I”, K. Gödel
- [2] “Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik”, W. Heisenberg
- [3] “There’s something about Gödel”, F. Berto
- [4] “Gödel’s incompleteness theorems”, J. van Oosten
- [5] “Gödel and physics”, J.D.Barrow
- [6] “From Heisenberg to Gödel via Chaitin”, C.S.Calude and M.A.Stay
- [7] “Gödel and the end of physics”, S.W.Hawking
- [8] “Gödel, Escher, Bach”, D.Hofstadter

Water in de lift

DOOR ELLEN SCHALLIG

Wij Nederlanders zijn al eeuwen heel goed in dijken bouwen, kanalen graven en algeheel met water omgaan. Kleine hoogteverschillen in waterwegen lossen we gemakkelijk op door sluisen. Maar wat nu als je een hoogteverschil van meer dan twintig meter in één keer moet overbruggen?

Het grootste gedeelte van Nederland is nogal plat. Voor hoogteverschillen tot zo'n vijf meter in een waterweg kun je prima twee paar deuren in een smal gedeelte van je waterweg plaatsen en net zo lang water toevoegen of laten afvloeien tot het gewenste waterpeil bereikt is. De deuren blijven gesloten door de waterdruk, tot het waterpeil binnen en buiten de sluis precies even hoog is. Tot een meter of tien kun je nog steeds met sluisen werken, maar dan worden er zulke gigantische hoeveelheden water gebruikt dat je gemalen moet inzetten om water terug stroomopwaarts te kunnen pompen.

Onze buurlanden hebben echter wel grotere problemen dan een paar meter hoogteverschil. Zij hebben een interessanter landschap en dus ook grotere uitdagingen te overwinnen. Je hebt alleen wel de ruimte no-

dig om de verschillende constructies te bouwen. Verschillende plaatsen vragen om verschillende manieren van aanpak. Bij glooiende hellingen kun je bijvoorbeeld prima zowel in horizontale als in verticale richting bouwen, maar in de buurt van steile afgronden moet je iets anders verzinnen.

Slippery Slopes

Al halverwege de negentiende eeuw bouwde men in het huidige Polen in het Elblągkanaal zogenaamde hellende vlakken om in totaal bijna honderd meter hoogteverschil te overbruggen. Dit was een groot voordeel ten opzichte van sluisen, omdat een boot een stuk sneller 'boven' of 'beneden' was en er veel minder of geen water nodig was, dat dan weer teruggepompt moest worden. Elk hellend vlak bestaat uit twee paar rails met op elk paar een onderstel waarop de boten vervoerd worden. De boot wordt op een onderstel geladen dat in het water zit en wordt daarna naar de andere kant van de helling vervoerd.

Niet alleen in Polen heeft men hellende vlakken gebouwd. In België, in de buurt van Ronquières, werd in 1968 een hellend vlak met een lengte van 1400 meter en een hoogteoverbrugging van ruim 60 meter geopend. Door deze constructie kan een schip in 40 minuten dit hoogteverschil overwinnen, waar eerder minstens een dag intensief sluisen passeren voor nodig was. Het verschil met de Poolse constructie is dat in Ronquières de schepen in een grote bak water vervoerd worden in plaats van op een onderstel. De bak met water weegt zo'n 5500 ton en wordt in evenwicht gehouden door een contragewicht dat onder de rails door omlaag glijdt, waardoor de bak omhoog gaat.

Een hellend vlak is een bijzondere vorm van een scheepslift: er wordt niet alleen een verticale afstand

De wet van Archimedes

Archimedes heeft ooit gezegd: "Elk drijvend lichaam verplaatst zijn eigen gewicht aan water." Dit principe wordt in elke scheepslift gebruikt: als een schip een tank binnenvaart, verplaatst het een precies even grote watermassa als zijn eigen massa. De waterhoogte blijft natuurlijk gelijk, dus de tank met een schip is dan even zwaar als de tank zonder schip. Hierdoor hoeft je nooit moeilijk te doen met meer of minder contragewichten!

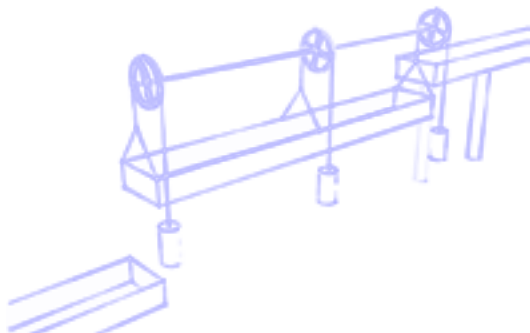
Belangrijk is wel dat alles wat mee omhoog moet, in de tank of op het schip moet liggen voordat het schot van de tank sluit. Na afsluiting kan geen water meer wegvloeien en val je dus buiten de boot.

afgelegd, maar ook een horizontale. Bij 'gewone' scheepslijsten legt het schip alleen een verticale afstand af en deze zijn dus uitermate geschikt om gebouwd te worden op krappere plaatsen.

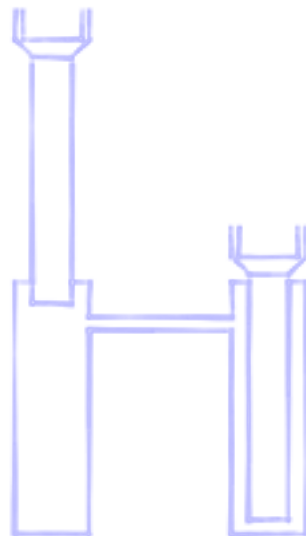
Hijsbakkies

De alleroudste scheepslift van de wereld werd in de negentiende eeuw gebouwd in het toen industrieel ver vooruitlopende Groot-Brittannië, om de rivier de Weaver en de Trent and Mersey Canal te verbinden. In eerste instantie was het hijsmechanisme hydraulisch: de lift heeft twee bakken met water die zo met elkaar verbonden zijn dat de ene bak omhoog gaat als de andere omlaag gaat. De hoge bak krijgt extra water mee en is dus zwaarder dan de lage bak, en zal daarom omlaag gaan. Zie figuur 1 hiernaast.

Echter, omdat het hydraulische systeem ontzettend roestgevoelig was en er veel te veel tijd werd besteed aan het repareren van de liften, ging men in 1908 over op een elektrisch systeem. De twee bakken werden ontkoppeld en kregen ieder een groot aantal katrollen en contragewichten. Nu konden de liften gehesen worden door de katrollen aan te drijven, en nog onafhankelijk van elkaar ook.



FIGUUR 2 Een elektrische scheepslift. Een bak met water (en boten) hangt aan katrollen en wordt met behulp van contragewichten omhoog gehouden. Door de katrollen te bewegen met een elektromotor beweegt de lift. De lift bij Strépy-Thieu bestaat uit twee van deze 'schachten'.



FIGUUR 1 Een hydraulische scheepslift. De twee kolommen (en het verbindingsstuk) zijn gevuld met water. De bakken houden elkaar in evenwicht als ze even zwaar zijn. Om de bovenste bak te laten zakken, wordt er extra water aan toegevoegd.

In België werd goed naar het werk van de mensen uit Cheshire gekeken en in het Centrumkanaal bij La Louvière verzezen de oudste nu nog werkende scheepslijsten (1888–1917). Sinds 1998 staan ze op de Werelderfgoedlijst van de UNESCO. Samen zijn ze goed voor een verticale overbrugging van bijna 70 meter en ze werken allemaal hydraulisch.

Toch was men niet helemaal tevreden. Naarmate de scheepvaart toenam, en vooral de grootte van de schepen, werd duidelijk wat de beperkingen van deze scheepslijsten waren. Hun capaciteit was te klein! Om ervoor te zorgen dat de steenkoolschepen sneller naar hun bestemming konden varen, werd eind twintigste eeuw overgegaan op de bouw van een grotere lift. Deze lift bij Strépy-Thieu is met een verticale overbrugging van 73,15 meter de hoogste scheepslift ter wereld. De constructie zelf is meer dan 100 meter hoog en 81 meter breed en gemaakt van beton en staal. Ook deze lift bestaat uit twee onafhankelijk opererende bakken die aan contragewichten vastzitten. Elke lift heeft



FIGUUR 3 The Falkirk Wheel

8 paar contragewichten die vastzitten met 144 kabels met een doorsnede van 8,5 cm. Als je deze kabels bij elkaar zou nemen, zou je één kabel met een dikte van 102 cm krijgen. Dat is dus een flinke trekkracht! Dat moet ook wel, want het gewicht van de bak is zo'n 5550 ton.

Het heeft lang geduurd voor de lift klaar was; de uiteindelijke kosten waren vier keer zo hoog als de originele raming en een aantal keer is het nut van het project betwist. Met de teloorgang van de steenkoolindustrie was het scheepvaartverkeer nogal afgenomen, en men dacht dat vervoer over de weg veel sneller zou zijn. Gelukkig blijkt de lift toch niet helemaal een nutteloos project: de scheepvaart over het Centrumkanaal is in de 21^e eeuw weer gestaag toegenomen.

Kunst als een reuzenrad

Scheepsliften zijn niet alleen handig. Ze kunnen ook heel mooi of apart zijn. Een goed voorbeeld daarvan is de draaiende scheepslift bij Falkirk in Schotland: *the Falkirk Wheel*, die je ziet in figuur 3. Deze lift verbindt de Forth and Clyde Canal met de Union Canal. Vroeger zaten hier elf sluizen tussen, maar deze werden vanaf de jaren dertig niet meer gebruikt. Om de grote steden in Schotland toch weer met elkaar te verbinden via water, werd besloten om een grote scheepslift te bouwen die een hoogteverschil van 24 meter in één keer kon overbruggen. Men wilde niet alleen dat het een nuttige constructie zou worden, het moest ook

een spectaculair bouwwerk worden om het nieuwe millennium te vieren. Aangezien de lift als een soort reuzenrad opereert, moest er iets bedacht worden om te voorkomen dat de schepen uit de lift zouden vallen. De bakken worden overeind gehouden doordat een set tandwielen gekoppeld aan de motor van de lift in tegengestelde richting draaien. De tandwielen zijn door middel van wieljes verbonden aan de bakken.

Toekomst

Scheepsliften worden niet alleen in Europa gebruikt, ook op het Noord-Amerikaanse en Aziatische continent staan er wel een paar. Hoewel de hierboven genoemde lift bij Strépy-Thieu op dit moment het grootste hoogteverschil overbrugt, zal deze niet altijd de grootste lift ter wereld blijven. De Chinezen hebben het op hun heupen gekregen en bouwen een scheepslift bij de recent afgebouwde Drieklovendam (natuurlijk de grootste waterkrachtcentrale ter wereld) in de Blauwe Rivier. Aangezien de dam zelf ook de grootste ter wereld is, hoort daar wel een dito scheepslift bij.

Er moet een maximale hoogte van 113 meter overbrugd worden, maar aangezien het waterpeil in zowel het stuwmeer als de ondergelegen rivier flink kan variëren, moet de lift flexibel zijn. Het ontwerp is ook een beetje Europees, want de Chinezen hebben de hulp ingeroepen van Duitsland. Het is de bedoeling dat de lift in 2014 operationeel is.

Kortom, hoewel zulke imposante bouwwerken niet in Nederland voorkomen, is de ontwikkeling de laatste decennia in andere delen van de wereld hard gegaan. Het record zal binnenkort in handen van China komen te liggen. Mocht dit Amerika dwarszitten, dan kunnen ze altijd nog een scheepslift proberen te bouwen die de Niagara Falls overwint. •

Referenties

- [1] www.andertonboatlift.co.uk/
- [2] whc.unesco.org/en/list/856/
- [3] www.canal-du-centre.be/
- [4] www.thefalkirkwheel.co.uk/
- [5] www.ctgpc.com/benefits/benefits_a_5.htm



Mijn fascinatie

Doelgericht innoveren. Nieuwe producten, nieuwe diensten, nieuwe mogelijkheden creëren. Creatieve antwoorden vinden op de vragen die de samenleving stelt. Werken aan betere oplossingen: sneller, veiliger, slimmer, efficiënter. Dat is mijn fascinatie.

werkenbijTNO.NL



Snösmeltning i Svealand

DOOR IVAR POSTMA

“Fika!” zei Jonas. “Dat is het belangrijkste woord dat je de komende maanden nodig zult hebben.” Als informaticus weet je dat je op de goede plaats bent aanbeland, als ze voor de koffiepauze een speciaal woord hebben bedacht.

Een dag eerder was ik aangekomen in een vreemde stad die de komende vijf maanden mijn thuis zou worden. Die ochtend was ik met een koffer vol kleren en andere essentiële bezittingen beland op het centraal station van Uppsala. Uppsala is een stad ter grootte van Groningen ongeveer zeventig kilometer van de Zweedse hoofdstad Stockholm. Het is de vierde stad van Zweden en het vervult een soortgelijke rol als Groningen in Nederland. Uppsala is een typische studentenstad en is het thuis van de oudste universiteit van Scandinavië. *Uppsala Universitet* bestaat al sinds 1477 en is in haar geschiedenis altijd een van de meest gerenommeerde universiteiten van Europa geweest. Vandaag de dag studeren er zo’n 25.000 (voltijd) studenten aan de universiteit van wie ongeveer 3.000 uitwisselingsstudenten zijn. Net als

in Groningen bepaalt het hoge percentage studenten in belangrijke mate het straatbeeld. Hoewel het Groningen niet zal overtreffen in het aantal fietsen, is het ook hier bij Centraal Station een ware zoektocht naar een vrij plaatsje. Daarnaast kent de stad vele oude gebouwen die toebehoren aan de universiteit. Een voorbeeld hiervan is het huis en de bijbehorende tuin van de bioloog Carl Linnaeus (1707–1778), een van de bekendste alumni van de universiteit en de grondlegger van de huidige biologische classificatie. In dezelfde periode was ook Anders Celsius, geboren en getogen in Uppsala, student en professor aan de universiteit. Meer recente namen van afgestudeerden zijn die van Dag Hammarskjöld, oud-Secretaris Generaal van de VN, en – in mijn eigen vakgebied – Niklas Zennström, medeoprichter van onder andere Kazaa en Skype.



Ikea

Terug naar mijn eerste dag in Uppsala. Een stadsbus bracht mij van het station naar het Science Park in het zuiden van de stad. Daar sleepte ik mijn koffer door de verse sneeuw tot ik voor een roze gebouw stond op het binnenterrein van het *Infomationsteknologiskt Centrum*, kortweg ITC. In de uren daarop kreeg ik een stoomcursus studeren in Uppsala waarbij het vooral opviel hoeveel het onderwijs in informatica aan de UU overeenkomt met dat van informatica aan de RUG.

's Middags kon ik de sleutel ophalen van mijn nieuwe stulpje, een studentencomplex voor ongeveer zeventig bewoners verdeeld over drie gebouwen op een steenworp van het ITC. Deze gebouwen staan op een van de hoge heuvels in Uppsala waardoor ik vanuit mijn kamer een mooi uitzicht heb op het industrieterrein van de stad. Helaas biedt het geen zicht op de twee culturele reuzen van de stad: het slot en de domkerk. Wel kan ik een ander stukje Zweedse glorie zien: het blauw en geel van de Ikea. Zijn stereotypen niet prachtig?

Studeren

De reden dat ik naar Zweden ben vertrokken was dat het mij na vijf jaar Groningen een goed moment leek om eens een ander stekje in de academische wereld op te zoeken. Hoewel er in eerste instantie meer overeenkomsten dan verschillen zijn, is het toch een leuke ervaring om in een nieuwe omgeving te studeren.

Het studiejaar is hier net als in Groningen opgedeeld in twee semesters die op hun beurt weer verdeeld zijn in twee periodes van ongeveer tien weken. In elke periode volg je twee of drie vakken. Voor de meeste internationale studenten komt daar nog een vak Zweedse taalverwerving bij. Dat is niet verplicht, maar wel heel erg leuk. Inmiddels kan ik zonder problemen een Zweeds boek lezen en lukt het ook al aardig om een gesprek te voeren met de autochtone bevolking. Voor hen die geen talenknobbel hebben is het wel een fijne geruststelling dat je je met alleen Engels ook prima kunt redden.



Het opvallendste verschil in het dagelijks college volgen is dat iedere week zijn eigen rooster heeft. Voor sommige vakken betekent dat dat je de ene week drie keer college hebt en de volgende week geen. Verder ligt de nadruk zeer sterk op presenteren. Tot nu toe heb ik bij ieder vak minstens één keer een presentatie moeten geven. Soms gaat dit maar om een presentatie van vijf minuten, soms mag je een halfuur vullen. Ook hebben alle vakken een practicumonderdeel. Wederom hoeft dit niet heel intensief te zijn, maar de link met de praktijk lijkt bij alle vakken verplicht te zijn.

Fika

Met een beetje pech begint een dagje studeren in Uppsala al om acht uur. De dag is opgedeeld in twee delen van vier uur: voor de lunch (8 tot 12 uur) en na de lunch (13 tot 17 uur). Die lunch is, zoals in veel landen, een stuk belangrijker dan in Nederland. Waar de Hollanders om kwart over twaalf snel een bammetje wegproppen kun je hier tijdens de lunch een goede warme maaltijd nuttigen in de kantine. Naast gezonde voeding is de lunch ook een belangrijk moment in het sociale leven van de Zweden. In de grote steden is er dan ook volop gelegenheid om rond het middaguur uitgebreid te eten en hier wordt dankbaar gebruik van gemaakt.

Zweden hebben de naam om als volk nogal terughoudend in hun sociale contact te zijn. Dat is op het eerste gezicht helemaal waar. Zweden houden niet van smalltalk. Een gesprekje over het weer in de metro, de Zweed voelt zich er maar ongemakkelijk bij. Er bestaat echter een goede truc om de mensen uit hun schulp te trekken. Zweden zijn namelijk uiterst behulpzaam. Als je op zoek bent naar wat interactie met je burens hoeft je alleen maar te pretenderen dat je niet

snapt hoe de wasmachine werkt of dat je die brief van de immigratiedienst niet kunt lezen. Je behulpzame buur zal je met liefde een hand toesteken en dat is een prima manier om een sociaal praatje aan te knopen. Mocht dit bevallen dan kun je als dank nog wat fika aanbieden.

Fika is een Zweeds toverwoord. Of je nou je buurman wilt bedanken, een knappe blondine beter wilt leren kennen of met een oude vriend herinneringen op wilt halen, fika brengt uitkomst. Het betekent weinig anders dan theeleuten (of liever koffieleuten), maar dan tot in de kunst verheven. In Zweden zijn ze dol op koffie. En niet zomaar koffie, goede koffie. Op iedere hoek in het centrum vind je een koffiehuis. Deze koffiehuisen zijn altijd gevuld, mede dankzij het sociale stelsel dat in Zweden bestaat. Verse ouders kunnen tot hun kind 18 maanden is onbeperkt ouderschapsverlof opnemen. Je ziet dan ook veel jonge moeders en, verbazingwekkender, veel jonge vaders die zich op een doordeweekse dag samen met kinderwagen nestelen in de designbanken van de Wayne's Coffee. Naast prima koffie kun je daar ook brownies, kanelbullar, semlor en wienerbröd krijgen. Stuk voor stuk zoete broodjes die je naast je koffie



naar binnen werkt. Het maakt koffiedrinken tot een lekkere en leuke sociale gebeurtenis.

Nations

Wie in Uppsala gaat studeren kan niet om de studentnationer heen. Een *nation* is soort van studentenvereniging en studentenvakbond in een. Uppsala telt er dertien. In Zweden hoef je als student geen collegegeld te betalen, maar in Uppsala ben je verplicht om lid te worden van een nation. Je nation regelt praktische zaken zoals je studentenkaart, en activiteiten zoals een lentebal of sportmiddagen. Daarnaast hebben de meeste nations een bibliotheek met studieplaatsen en een kroeg waar je relatief goedkoop kunt eten en drinken.

De traditie van de nations in Uppsala is al bijna zo oud als de universiteit zelf. De oudste nog bestaande nation is Södermanlands-Nerikes Nation waarvan de voorloper al in het jaar 1595 werd opgericht. Alle nations hebben namen die verwijzen naar regio's of steden in Zweden. Oorspronkelijk sloot je je als student aan bij de nation van je eigen streek, maar inmiddels kan iedereen zelf een nation uitzoeken die bij hem past. Zo vind je bij Snerikes veel internationale studenten, is Kalmar een meer alternatieve nation en sluiten alle Zweedse corpsballen zich aan bij Stockholm's Nation. Overigens ben je als lid van de ene nation ook altijd welkom bij feestjes of activiteiten van andere nations.

De nations vormen tevens het centrale punt van het uitgaansleven. Alcoholische dranken zijn nogal prijzig in Zweden en in een normale kroeg betaal je zomaar 40 kronen (ongeveer 4 euro) voor een biertje. Bij de meeste nations ligt de prijs rond de 24 kronen. De hoge prijzen op alcohol worden veroorzaakt door de monopoliepositie die de Zweedse overheid heeft op de verkoop van alcohol. Supermarkten mogen slechts dranken met een alcoholpercentage tot 3,5 procent verkopen. Voor iets sterkers moet je naar Systembolaget, de staatsslijterij.

Lentekriebels

Net als Nederland kende ook Zweden dit jaar een strenge winter met veel sneeuw. Tot aan Pasen was Uppsala een wonderlijke sneeuwwereld. Een warme jas en waterdichte schoenen zijn op zo'n moment zeker geen overbodige luxe. Hoewel het voor prachtige plaatjes zorgt, brengt een berg sneeuw natuurlijk ook wel wat overlast met zich mee. Gedurende de winter maken sneeuwschuivers overuren om de wegen nog enigszins begaanbaar te maken. Op vele plaatsen ontstaan metershoge sneeuwbergen die begin mei nog steeds niet helemaal weggesmolten zijn. Maar behalve overlast zorgt de witte deken ook voor veel pret. Studenten wanen zich kind terwijl ze zittend op een slee (of, bij gebrek daaraan, een wok) van de heuvel bij het slot afglijden. Oudere sportievelingen halen de ski's van zolder om door de weilanden te langlaufen. Massieve sneeuwbalgevechten breken spontaan uit. Zelf heb ik van de mogelijkheid gebruik gemaakt om een Zweedse skipiste op te zoeken. Zo wordt je uitwisseling ook nog een mini-wintersportvakantie.

Eind maart begonnen toch de eerste tekenen van lente zich langzaam te tonen. En terwijl Uppsala van een witte in een groene stad verandert, maken haar inwoners een soortgelijke metamorfose door. De donkere decemberdagen, waarop de zon minder dan zes uur per dag te zien is, veroorzaken bij zelfs de meest blij Zweed een lichte winterdepressie. Maar terwijl de dagen langer worden, de sneeuw smelt en het kwik stijgt, beginnen de lentekriebels zich meester te maken van de bevolking. Dit komt tot een spetterend hoogtepunt op 30 april, tijdens Valborg. Dit luidt het begin van de zomer in en wordt nergens zo uitbundig gevierd als in de studentenstad Uppsala. Vanaf 7 uur 's ochtends vlucht iedereen zijn huis uit om buiten in een stralend zonnetje te genieten van veel champagne. De anders zo rustige Zweedse studenten veranderen in uitbundige feestbeesten. Nergens wekt een klein beetje zon zo veel energie op als in Uppsala. •

De waarheid achter statistiek

100% kans dat je deze titel leest

DOOR ERIK WEITENBERG EN MONIQUE VAN BEEK

Uit recent onderzoek blijkt dat hetero's tegenwoordig steeds vaker slachtoffer zijn van geweld. Niet alleen in het uitgaansleven, maar ook bij verkeersongevallen en in supportersrellen zijn het vooral de hetero's die het moeten ontgelden.

—*De Speld*, 26 nov 2009

Zoals jullie hebben kunnen lezen in een vorige editie van dit blad, is statistiek een tak van de wiskunde die ons veel kan vertellen over de wereld om ons heen. Het is ook de tak die verreweg het meest wordt beoefend door niet-wiskundigen. Nu is dat natuurlijk in de eerste plaats erg fijn; de meesten van ons kunnen immers rekenen op verbazing en onbegrip als we iemand toevertrouwen dat we vaker dan nodig met getallen omgaan. Soms heeft het echter minder prettige gevolgen: niet iedereen die statistiek beoefent is er erg goed in, en bovendien, niet iedereen die statistiek beoefent heeft er het beste mee voor.

Het schokkende nieuwsbericht hierboven heb ik geleend van *De Speld*, die waarschijnlijk met gepaste trots tot de laatste categorie behoort. Het is een mooi voorbeeld van de kracht van statistiek, die hier gebruikt wordt om onzin te vertellen. Dat gebeurt wel vaker, maar het is niet altijd even opvallend. In dit artikel zullen we een paar voorbeelden geven van hoe je complete larie kunt verkondigen met een goed klinkende wetenschappelijke onderbouwing.

Slapen met het licht aan

In een onderzoek aan het universitair medisch centrum van Pennsylvania, in Amerika, is naar voren gekomen dat kinderen die 's nachts vaak met het licht aan slapen, vaker bijziend worden op latere leeftijd. De onderzoekers concludeerden dat je dus 's nachts het licht uit moet hebben omdat je anders waarschijnlijk bijziend zult worden.

De heldere lichten onder jullie hebben misschien gezien dat de conclusie hierboven niet helemaal waterdicht was, en in een latere studie (in Ohio) is ook

gebleken dat het helemaal niet waar is; ouders die zelf bijziend zijn, hebben vaker de neiging hun kind een nachtlamp te geven, en bijziendheid is erfelijk. Het is de makkelijkste en dus meest gemaakte fout als het op statistiek aankomt: correlatie en oorzaak door elkaar halen.

In het wild vind je dit soort conclusies vaak terug – zeker als er bijvoorbeeld campagne moet worden gevoerd voor verkiezingen. Iedereen wijst er maar al te graag op dat in de zojuist verstreken regeerperiode van de tegenstander meer werkloosheid, slechter onderwijs, meer belasting en slechter weer gekomen is.

Een plaatje zegt meer

Stel dat wij, studenten, meer geld zouden willen hebben van het rijk voor het betalen van onze zware, zware levens. Om te laten zien hoe oneerlijk de rijkdom verdeeld is, vergelijken we de stuif met de enorme subsidie aan het lemming-antizelfmoordfonds.

Een plaatje zegt meer dan duizend woorden. Daarom gaan we ons punt kracht bijzetten met een afbeelding van Nederland, waarin we een deel inkleuren. Alle mensen die in het gekleurde gebied wonen, betalen mee aan onze studiefinanciering! We kleuren nog een gebied in, daarin wonen alle mensen wiens belasting naar de lemmingen gaat. Het resultaat staat hiernaast.

Zoals je ziet is het resultaat schokkend, en iedere welkenkende politicus zal het met ons eens zijn dat de prioriteiten van de staat wel erg slecht verdeeld zijn. Alleen een kniesoor let tenslotte op zulke details als bevolkingsdichtheid, die in de Randstad een tikkeltje hoger ligt dan in het noorden van het land.

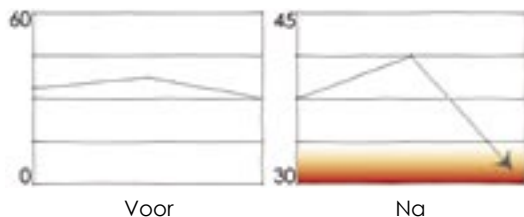
Plaatjes bieden een bijna onuitputtelijke bron van overtuigingskracht. Terwijl je in tekst nog wel eens met een schuin oog wordt aankeken op woordkeuze als “de verschrikkelijke toename van 3,4%”, is het heel gemakkelijk om hetzelfde sentiment over te brengen met een mooie grafiek (en een stuk minder opvallend).

Ter illustratie presenteren we graag het Grote Periodiek-onderzoek naar studievoortgang onder haar lezers. In figuur 2 zie je de schokkende cijfers over de jaren 2001 tot 2003, waarin zichtbaar is hoe het gemiddelde aantal studiepunten dat onze lezers behaalden in een jaar achteruit rende. Voor onze publicatie in de krant kan, moeten we het nog wel een beetje ‘verbeteren’. Gelukkig is dat goed te doen: we knippen gewoon alle nutteloze informatie eraf.

Recycle je metingen

Niet elke onderzoeker heeft geluk. Zo verzamelen de meeste doorgaans gegevens over hetgeen ze onderzoeken, maar dat is soms een beetje lastig. Geen nood! Met gegevens over iets anders dat hetzelfde klinkt kun je een heel eind komen. Net als bij een ongemakkelijk gesprek verander je gewoon subtiel van onderwerp.

Laten we zeggen dat iemand een hekel heeft aan de faculteit. Hij doet een keurige steekproef met veel ondervraagden uit alle lagen van de universiteit, en vraagt ze



FIGUUR 2

of ze kritiek hebben op de faculteit. Veel mensen hebben wel iets, bijvoorbeeld een tentamen dat pas na elf dagen op Progress stond in plaats van tien, of de koffie die 50 cent kost in plaats van 45. Onze onderzoeker kan nu in grote bolle letters schrijven dat 87% procent van de ondervraagden ontevreden is over de faculteit, met een mooie lijst van klachten in een kadertje.

Mocht dat niet werken, dan zijn er nog meer opties. Zo kunnen we, in het kader van het Grote Periodiek-onderzoek, melden dat lezers die geen Engels spreken veel meer studiepunten halen. Helaas kunnen we om overheidsredenen onze methode niet met je delen. Wel willen we kwijt dat het aanvankelijk niet gemakkelijk was om de juiste informatie te verzamelen voor dit onderdeel, maar na vele steekproeven (van twee personen) boekten we eindelijk succes met een duidelijk significant verschil!

“Kinderachtige voorbeeldjes hoor,” hoor ik je denken. En terecht. Maar hun soortgenoten komen wel degelijk voor in het wild. De meeste wetenschappers (en met name statistici) zijn best goed in statistiek en gebruiken het op een nuttige manier. Maar sommige bedrijven vinden statistiek vooral leuk als het laat zien dat hun product werkt en doen hun onderzoeken op zo’n manier dat (of net zo vaak tot) het resultaat prettig is. Niet altijd, en niet altijd expres. Maar het kan geen kwaad even na te denken voor je aan iedereen vertelt dat je laatst las dat 82% van de statistische gegevens verzonnen zijn. •



FIGUUR 1

■ Studenten
■ Lemmingen

Referenties

- [1] D. Huff. *How to lie with statistics*. 1954.



WHAT DO YOU WANT TO DO NEXT?

JOIN BAIN!

Het is in deze tijden misschien een minder gehoorde boodschap, maar onze oproep aan topstudenten is duidelijk: Bain & Company is onverminderd op zoek naar getalenteerde starters die per direct aan de slag kunnen als Associate Consultant.

Wij zijn een toonaangevend strategy consultancy bureau met een sterk internationaal netwerk en onze cliënten blijven een beroep doen op onze teams om met een voorsprong uit deze turbulente tijden te komen.

Uitgedaagd? Ga naar www.bain.nl of neem contact op met Carolien Verboom (amsterdam.recruiting@bain.com)

BAIN & COMPANY

Consultant in pak

DOOR BAIN & COMPANY

Veel bèta's hebben niet direct een beeld bij het werk van een consultant. "Dan adviseer je toch bedrijven?" Freek van der Blij studeerde Technische Wiskunde in Groningen en werkt nu als Associate Consultant bij Bain & Company. Hij geeft ons een kijkje in het dagelijks leven van de strategieconsultant, en legt uit waarom dit ook voor bèta's interessant is.



Wat doet een starter bij Bain?

Bain helpt CEO's en topmanagers bij het nemen van besluiten over complexe strategische vraagstukken, zoals het bekijken van de haalbaarheid van een fusie of overname, of het bepalen van een langetermijn-groei-strategie. Ons werk richt zich niet alleen op de vraag "wat te doen" maar ook op "hoe dat dan te doen".

Als startende consultant maak je volwaardig onderdeel uit van het team. Je bent betrokken bij het uitdenken van de gehele oplossing en het uitvoeren van analyses die dit onderbouwen. Daarnaast werk je intensief samen met de klant om ervoor te zorgen dat veranderingen breed gedragen worden en het resultaat blijvend is.

Kun je een voorbeeld geven van een case waar je aan gewerkt hebt?

Op dit moment maak ik onderdeel uit van een team dat voor een grote telecomspeler werkt, die zijn omzet op de zakelijke markt wil vergroten. Na het ontwikkelen van een nieuwe strategie, is de fase waar we nu in zitten gericht op het succesvol implementeren van deze strategie. En het leuke is dat we nu al echt resultaat beginnen te zien!

Mijn rol binnen de case is erg afwisselend. De afgelopen tijd heb ik bijvoorbeeld samen met de productmanagers nieuwe producten geïntroduceerd, door middel van een gebruikersenquête de wensen van de klant in beeld gebracht en een "business case" gemaakt om de omzet voor de komende vijf jaar te voorspellen. Erg bijzonder vind ik dat je al direct vanaf de start van je carrière op zoveel gebieden iets kan bijdragen. Daarnaast krijg je al vanaf het begin enorm

veel verantwoordelijkheid, zo leid ik na zes maanden al besprekingen met de klant.

Hoe was het om als wiskundige, dus zonder economische achtergrond, bij Bain te beginnen?

Het gemis aan economische kennis haal je snel in door veel vragen te stellen en je analytische vaardigheden te gebruiken om te begrijpen waar het echt om draait. Je analytisch vermogen is daarbij van groot belang om de klant te helpen om op basis van data en grondige analyse een gefundeerde beslissing te nemen.

Waarom heb je voor consultancy gekozen in plaats van voor de wetenschap of een bedrijf in de techniek?

Nog steeds vind ik wiskunde inhoudelijk erg interessant. Ik wilde echter wiskunde gebruiken om problemen uit de realiteit op te lossen en niet als doel op zich. Strategieconsultancy is daarbij de ideale mix van het vinden van slimme, inhoudelijke oplossingen en het behalen van tastbare resultaten. Bovendien geeft het mij veel energie om in teamverband een case tot een goed einde te brengen.

Waarom heb je voor Bain gekozen?

Binnen de strategieconsultancy behoort Bain tot de wereldwijde top. Dat brengt brede (internationale) carrièremogelijkheden en interessante opdrachten met zich mee. Bovendien spreekt de onderscheidende aanpak van Bain me aan: een uiterst pragmatische aanpak en focus op resultaat. Maar de doorslag in mijn keuze voor Bain gaven toch de mensen: informeel, enthousiast, leergierig en ondernemend, kortom: erg leuk om mee samen te werken! •

Voor de verandering blind

DOOR MARION DAM

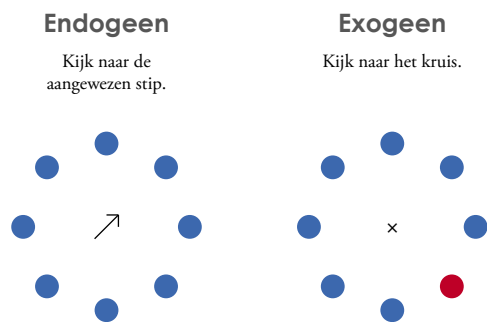
Je kunt iets of iemand aandacht geven, je kunt even worden afgeleid, sommige dingen merk je in het geheel niet op en andere dingen vallen juist zo nadrukkelijk op dat ze je irriteren. Je hersenen spelen een spelletje met je, zo lijkt het soms wel. Twee opmerkelijke verschijnselen omtrent aandacht zijn *change blindness* en het Stroopeffect. Waarom zien we grote verschillen soms niet en waarom kunnen we de kleur van het roodgedrukte woord groen zo moeilijk opnoemen?

Je kunt niet al je aandacht zelf richten. Dat je soms wordt afgeleid, is biologisch bepaald. Aandacht is er in twee soorten: endogene en exogene aandacht. Endogene aandacht is gerichte aandacht. Stel, je zoekt iemand in een volle zaal, dan kies je zelf op welke criteria je let (waar je endogeen je aandacht op richt) om die persoon te vinden. Weet je dat diegene een roze pet draagt, dan scan je de zaal dus af op die eigenschap. Als er opeens een witte koelkast in de zaal zou staan, zou dit je opvallen, ondanks dat je naar roze dingen kijkt. Dit laatste is een vorm van exogene aandacht. Dit houdt in dat sommige dingen automatisch je aandacht trekken, of je dit nu wilt of niet. Exogene aandacht is van groot belang voor gevaarherkenning. Als je alle andere signalen uit zou sluiten als je ergens endogeen je aandacht op richt, sluit je dus ook de signalen uit die je waarschuwen voor gevaar. Dingen trekken alleen exogeen je aandacht als ze opvallend zijn of als ze niet passen bij de verwachting die je hebt van de situatie.

Change Blindness

Niet opvallen kan van levensbelang zijn. Roofdieren en sluipschutters bijvoorbeeld willen liever niet opgemerkt worden. Monty Python gaf al een duidelijke instructie *how not to be seen*, maar er komt meer bij kijken dan alleen stil blijven zitten als je naam geroepen wordt. Met goede camouflage en op basis van het biologische principe *change blindness* ofwel verandingsblindheid, kan een sluipschutter dicht bij zijn doel komen. Maar waarom ziet de vijand hem niet, ook al kijkt hij nog zo goed?

Een belangrijke test voor sluipschutters is de handtest: ga met een ander aan tafel zitten, en laat de andere persoon een krant lezen. Leg je handen met je knokkels omhoog op tafel. Probeer je handen om te draaien, dus met je knokkels naar het tafelblad, zonder dat de ander het merkt. Hoe doe je dit? Je voelt waarschijnlijk wel aan dat een abrupte beweging niet



FIGUUR 1 Twee soorten aandacht.



FIGUUR 2 Het Stroopeffect: benoem de kleuren van de tekst.



FIGUUR 3 Voorbeeld van change blindness. Zoek het verschil.

de geschiktste manier is: dit zal altijd worden opgemerkt. De juiste manier is uiterst traag, het liefst met slechts een centimeter per minuut. Dat de lezer dit niet opmerkt, komt door change blindness. Een mens merkt veranderingen die erg langzaam verlopen, niet op. Zo zie je de maan niet verplaatsen aan de hemel, en zo zijn er ook talloze filmpjes te vinden op internet waar een groot voorwerp van kleur verandert zonder dat je dit opmerkt. Pas als je het filmpje versneld af laat spelen, bemerk je het grote verschil.

Stel, we nemen het eerste en het laatste beeld van zo'n filmpje met dus een duidelijk verschil tussen deze beelden en we laten ze na elkaar zien. Tussen beide beelden laten we echter heel kort – nog geen seconde – een zwart vlak zien. Grote kans dat je het verschil nog steeds niet opmerkt. Laten we het zwarte vlak echter weg, dan is het verschil meteen duidelijk. Dit heeft te maken met het feit dat door het zwarte vlak onze hersenen de beelden niet over elkaar heen kunnen leggen. Het kortetermijngeheugen neemt niet een hele foto in een keer in zich op, maar slechts een beperkt aantal dingen. Een gemiddeld kortetermijngeheugen heeft plek voor zeven chunks. Zo'n chunk kan van alles zijn: een woord, een cijfer of een detail van een foto.

Een mens kan dus maar ongeveer zeven details van een foto onthouden. Alleen deze kun je voor en na het zwarte vlak met elkaar vergelijken, niet de hele foto.

Het duurt dus even – afhankelijk van waar je kijkt – voor je het verschil ziet. Zo kunnen vrij grote dingen, die niet exogeen je aandacht trekken, verdwijnen uit foto's zonder dat je het merkt.

Chunks

Een mooie test om te laten zien wat voor dingen als chunk kunnen dienen, is de onderstaande reeks: lees onderstaande letters aan iemand voor en vraag hem of haar om dit te onthouden, maar breng een rust in bij de streep:

SV—PDW—ZN—BKP—NPS

Als het goed is, kan degene die dit moet reproduceren, niet veel meer dan de eerste zeven letters herhalen. Doen we echter precies hetzelfde experiment, maar zetten we de streepjes anders:

SVP—DWZ—NB—KPN—PS

Nu komt de persoon waarschijnlijk veel verder, omdat hij nu geen chunks 'verspilt' aan losse letters, maar afkortingen als chunk ziet.

Is het erg dat onze hersenen dit niet kunnen? In principe niet. Het zou verspilde moeite zijn als je elk detail precies in je opnam en elke kleine verandering waar zou nemen. Dit heeft ermee te maken dat in kleine, langzame veranderingen geen gevaar schuilt: de maan die een paar centimeter verschuift, is stukken minder gevaarlijk dan een tijger die achter je aan zit. Abrupte gebeurtenissen trekken om deze reden vaak wel meteen de aandacht: een plotselinge beweging kan duiden op gevaar en vereist dus ook je aandacht.

Het is wat lastig dat de natuur eerst ontdekte dat er geen gevaar in langzame bewegingen school, er dus geen mechanisme voor bouwde om ze op te merken, maar dit vervolgens wel misbruikte: roofdieren leerden al gauw dat sluipen naar de prooi de beste manier was om hem te vangen. Een kat sluipt bijvoorbeeld stiltejes naar een muis toe, tot hij dichtbij genoeg is om met één sprong de muis te kunnen vangen.



Het sleutelwoord voor sluipschutters is dus: traagheid. Alleen door alles zo langzaam mogelijk te doen, kunnen ze onopgemerkt blijven. Camouflage speelt natuurlijk ook een belangrijke rol, want hij moet ook na zijn schot, als de vijand poolshoogte komt nemen, onzichtbaar zijn.

Stroopeffect: bananen zijn geel

Je kunt dus niet altijd je aandacht zelf richten. Soms wordt het specifiek door iets getrokken, soms is het verschil te klein om te zien. Er is nog een derde fenomeen: het Stroopeffect, ofwel het bekende testje dat je de kleur van een tekst moet benoemen, maar de tekst zelf moet negeren. Zie figuur 2.

Je ziet twee informatiebronnen tegelijk, namelijk woord en kleur. Er worden twee mentale processen in werking gesteld: lezen en kleurbenoemen. Je krijgt te maken met een aandachtstekort, maar je hebt niet zelf controle over welk proces je onderdrukt. Lezen hebben we vanaf jongs af aan al geleerd. Het is voor ons een routine geworden. Als we een tekst zien, lezen we het vaak meteen. Het is geautomatiseerd, en daardoor moeilijk te onderdrukken. Door dit automatisme wordt er direct een betekenis aan het woord toegekend. Het lezen botst met de taak die je uit moet voeren. Dit wordt het Stroopeffect genoemd.

Probeer je mensen van dit verschijnsel te overtuigen, vraag dan een dyslecticus als proefpersoon. Omdat lezen voor deze persoon minder automatisch gaat, heeft hij er veel minder moeite mee. Hetzelfde geldt als je het testje moet doen in een taal die je niet zo goed beheerst.

Het Stroopeffect treedt ook op als iets waarvan het bekend is dat het een kleur heeft, in een andere kleur geschreven wordt, zoals *banaan* in het rood gedrukt. Het woord *banaan* staat in ons hoofd bijna gelijk aan de kleur geel, omdat het er direct mee geassocieerd wordt.

Kortom, je hersenen spelen inderdaad soms een spelletje met je. Dit is echter bijna altijd zinvol. Het zou vermoeiend zijn als we elke trage beweging opmerkten, en dat lezen een automatisme is, is bij verkeersborden bijvoorbeeld best handig. Alleen bij testjes die je op deze menselijke gebreken wijzen, valt op dat je sommige dingen niet kunt. •

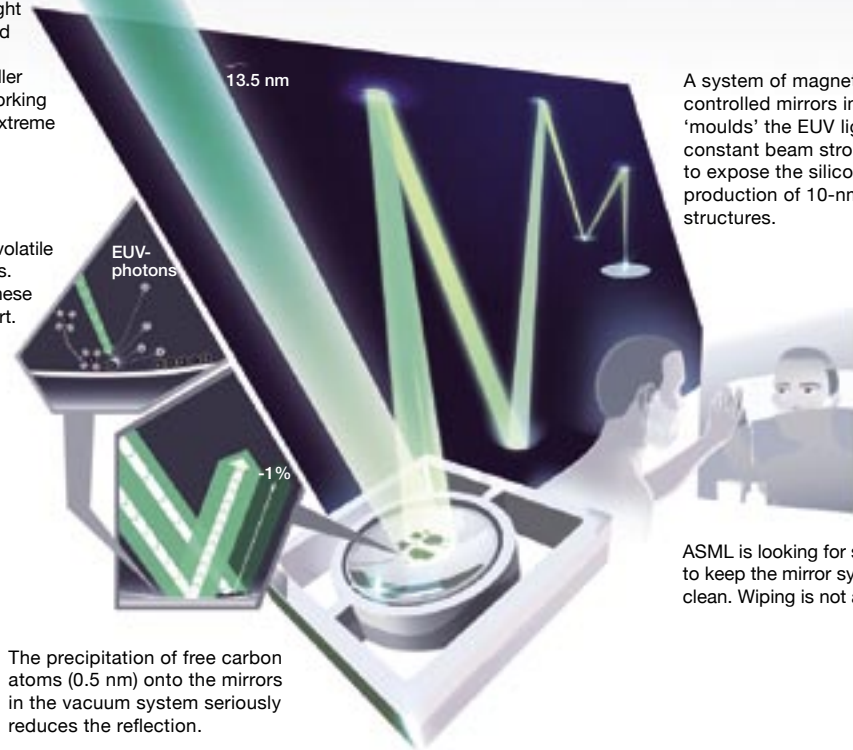
Referenties

- [1] Frank Agter. "Aandacht: fenomeen, functie, onderzoek en stoornissen."
- [2] P.J.G. Keuss en R.J. van Holthuysen. "Compendium van de psychologie, deel 2/3: geheugen en aandacht."

Tomorrow, we'll be able to make 10-nm-chips. Today, you can figure out how.

Up to now, Deep UV light (193 nm) has been used for chip production. In order to enable smaller chips, ASML is now working on the application of Extreme UV light (13.5 nm).

The vacuum contains volatile hydrocarbon molecules. EUV photons smash these organic molecules apart.



The precipitation of free carbon atoms (0.5 nm) onto the mirrors in the vacuum system seriously reduces the reflection.

A system of magnetically controlled mirrors in a vacuum 'moulds' the EUV light into a constant beam strong enough to expose the silicon for the production of 10-nm-chip-structures.

ASML is looking for solutions to keep the mirror system clean. Wiping is not an option.

For engineers who think ahead

Profile: Worldwide market leader in chip lithography systems | Market share: 65% | R&D-budget: EUR 500 million | Opportunities for: Physicists, Chemists, Software Engineers, Electrotechnicians, Mechatronicians and mechanical engineers | Discover: ASML.com/careers



ASML

Kokkerellen

DOOR ELLEN SCHALLIG

Pasta is geweldig studentenvoedsel. Het is niet duur, makkelijk te bereiden, lang te bewaren en het combineert goed met allerlei groentes. Je kunt het in allerlei vormen en gradaties van ‘versheid’ kopen en het is je vast al eens opgevallen dat verse pasta lekkerder is dan de gedroogde variant.

Sterker nog: hoe verser de pasta, des te beter! Maar de verse pasta in de plaatselijke super is misschien nog steeds niet zo vers als je zou willen. Of het is je te duur. Dan zit er maar één ding op: zelf pasta maken!

Voor pasta heb je meel met veel gluten nodig; deze maken de pasta elastisch. Meel van durumtarwe bijvoorbeeld bevat veel gluten en is daarom zeer geschikt om pasta van te maken. Je kunt naar een bakker gaan en daar vragen om glutenrijk meel, maar in de supermarkt is ook wel wat te vinden als je goed zoekt.

Bereiding

- 500 gram glutenrijk tarwebloem
- 50–100 gram bloem om de pasta uit te rollen
- 1 theelepel zout
- 4 grote eieren
- 2 eetlepels olijfolie

Maak van het bloem een bergje op het werkblad en maak daarin een kuil. Zorg daarbij dat er genoeg bloem op de bodem overblijft. Laat de eieren in de kuil glijden en doe daar het zout en de olijfolie bij. Let op dat het niet overstroomt!

Strijk met een vork langs de binnenkant van de kuil en werk de losgelaten bloem beetje bij beetje door de eieren. Ga hiermee door tot al het ei opgenomen is en je het deeg met je vingers durft te bewerken.

Kneed het deeg tot een samenhangend geheel. Als het wat te droog is, voeg dan een beetje water toe. Mocht het te nat blijven tijdens het kneden, doe er dan wat bloem bij. Kneed nog zo’n 10 minuten door en wikkel het strak in vershoudfolie. Laat een halfuur rusten. In deze tijd kun je prima de vulling voor je pasta maken.



Voor de pasta: bereidingstijd 30 + 30 minuten, moeilijkheid: 🍳🍳🍳🍳🍳

Aantal personen: 🍴🍴🍴🍴

Voor de saus: bereidingstijd 20 minuten, moeilijkheid: 🍳🍳🍳🍳🍳

Verdeel het deeg in porties niet groter dan een tennisbal. Pak je deegroller en bestuif die en het werkblad met bloem. Rol de porties deeg uit tot vellen van ongeveer 1,5 mm dik. Ze moeten niet veel dikker zijn, want dan kan de pasta kleverig worden tijdens het koken.

Je kunt de vellen op elkaar stapelen door ze te bestuiven met bloem, zodat ze niet aan elkaar plakken. Voor lintvormige pasta kun je de vellen oprollen en in plakken van de gewenste breedte snijden; natuurlijk kun je ook creatief doen met allerlei uitdrukvormpjes.

De pasta is gedroogd enkele dagen houdbaar in de koelkast en enkele maanden in de vriezer. Droog de pasta door de linten (of andere vormen) op een theedoek te leggen en te wachten. Rol de linten losjes op zodra ze bijna droog zijn.

Natuurlijk kun je ook de pasta meteen koken en opeten. Hieronder heb ik een heerlijk en zomers recept van Nigella Lawson opgenomen voor lintpasta met kastanjechampignons en citroen.

Kastanjechampignons

- 250 g kastanjechampignons
- 80 ml (extra vierge) olijfolie

- een flinke snuf zout
- 1 klein teentje knoflook, fijngemaakt
- geraspte schil en het sap van 1 citroen
- blaadjes van enkele takjes verse tijm
- 1 bos(je) verse peterselie, gehakt
- geraspte Parmezaanse kaas naar smaak
- 500 g (zelfgemaakte) lintpasta

Snijd de champignons in dunne plakjes. Bak ze ongeveer een minuut in een koekenpan met wat olijfolie op hoog vuur. Doe dan plakjes in een kom met de olie, het zout, de knoflook, het citroensap, de citroenschil en de tijmblaadjes.

Kook de verse pasta 2 minuten (gedroogde zelfgemaakte pasta ongeveer 5 minuten) in ruim water met een flinke snuf zout. Laat het uitlekken met behoud van een beetje vocht en doe dat in de kom met de paddestoelen.

Hussel alles goed door elkaar. Doe de gehakte peterselie, geraspte kaas en peper er naar smaak bij en hussel nog een keer. Drapeer het op een bord en eet smakelijk.

Deze maaltijd is goed te combineren met de tiramisu van Periodiek 2009-4! •





Typografie: de kunst van het zetten, drukken en vormgeven van teksten. Een van de belangrijkste bezigheden van ons layouters van de Periodiek. Maar wat valt er nou allemaal over te weten, iedereen kan toch wat zinnen neerplempen op een wit vel?

Geschiedenis



De uitvinding van *movable type* rond 1450 door Johannes Gutenberg bracht een revolutie teweeg op het gebied van schrijven. Stalen blokjes met daarop een letter worden verzameld en naast elkaar geplaatst op een zetplank, om vervolgens inkt te ontvangen en op papier gestempeld te worden. Na het drukken worden de letters weer teruggelegd in de lades waar ze uit kwamen. De woorden uppercase en lowercase zijn hier nog steeds bewijs van: de kapitalen (hoofdletters) lagen vaak in een kleinere lade boven de lade met de onderkasten.

Die tweede lade kwam er overigens pas enige tijd later bij. In de vijftiende eeuw stapten Italiaanse humanistische schrijvers af van de gotische letterstijl, en over op de *lettera antica*: een geheel nieuwe stijl met niet alleen kapitalen, maar ook onderkasten.



Veel lettertypen die we nu gebruiken – Garamond, Palatino en Jenson bijvoorbeeld – zijn vernoemd naar printers (mensen, niet apparaten) uit de vijftiende en zestiende eeuw. Niet alleen vernoemd natuurlijk, ze zijn ook ontworpen om te lijken op de letters die deze printers in hun tijd ontwierpen, of lieten ontwerpen. In 1499 wordt door Aldus Manutius de *cursiva humanistica* voor het eerst omgezet naar movable type. Tegenwoordig noemen we dit italic, en dat is inderdaad een hommage aan het land van oorsprong: Italië.

LETTERS

Chalet Paris Nineteen Sixty

Letters zijn net mensen. Ze hebben een anatomie, een eigen karakter, en ze komen in families. Sommigen zijn dik, en sommigen worden door veel mensen lelijk gevonden, maar zijn toch heel bekend.

Voor de artikeltekst gebruiken wij de Garamond-familie, Adobe Garamond Pro om precies te zijn. Dit lettertype (noem het geen font wanneer een typograaf in de buurt is) hebben we niet alleen gekozen omdat het er zo mooi uit ziet. Een professioneel lettertype kost al gauw honderden euro's per computer. Adobe Garamond Pro komt gratis mee met de installatie van de Adobe Creative Suite, een set van onder andere Photoshop, Illustrator en InDesign, de software waarmee we vijf keer per jaar dit blad uitbrengen.

Het verschil tussen een professioneel lettertype en eentje die je gratis van het internet plukt is vaak duidelijk te zien. Afgezien van de vormen van de letters zelf, over smaak valt tenslotte te twisten, zijn gratis lettertypen meestal niet compleet. Gratis en goedkope lettertypen bevatten vaak geen echte italics, gewichten of small caps.

Professionele lettertypen zoals Garamond komen met een heel bereik aan verschillende gewichten. Ook komen ze met een volledige set van ligaturen, zoals de fi-combinatie aangegeven in de titel. Zelfs voor getallen heb je de keuze tussen stijlen zoals *proportional oldstyle*: 123456789, en *proportional lining*: 123456789. Naast proportional heb je ook nog de *tabular oldstyle* en *tabular lining*. Bij die twee nemen de getallen allemaal evenveel horizontale ruimte in.

In de achttiende eeuw werd de picapunt geïntroduceerd, de maateenheid voor letters. Hoewel de meeste software tegenwoordig ook millimeters aankan – een punt zijnde 0,35 mm – is de standaard nog steeds punten. Twaalf punten maken een pica, en die wordt vaak gebruikt voor grotere elementen zoals kolombreedte. De grootte van een font wordt gemeten vanaf de cap height tot onder de descenders, plus een beetje witruimte, een overblijfsel uit de tijd van de movable type.

Lettertypen en fonts

Een lettertype is een complete verzameling fonts. Traditioneel gezien is een font een alfabet van tekens in een bepaalde grootte, bij een bepaald gewicht.

“Goedkope lettertypen bevatten vaak geen *italics*, **gewichten** of SMALL CAPS. Je kunt letters dan *slanten*, ze **dikker** maken, of hoofdletters VERKLEINEN, maar dat ziet er niet (hetzelfde) uit.



ANTI-ALIASING De rechterhelft is geanti-aliased.

Daarnaast meten we nog de x-height: vanaf de baseline tot aan de bovenkant van letters zonder stokken. De x-height is de belangrijkste invloed op hoe groot een lettertype aanvoelt. Alle letters in de ondertitel twee pagina's terug zijn 21 punts groot, maar de Century Schoolbook "Lijk" lijkt veel groter dan de Garamond "in".

Sommige lettertypen zijn prettiger op bijvoorbeeld je computermonitor dan andere. *Screen fonts* zijn speciaal gemaakt voor weergave op monitoren, tegenwoordig vaak speciaal bijgewerkt voor heldere weergave op TFT's, rekening houdend met verschillende anti-aliasing methoden.

Times Roman (niet New), gemaakt voor een zekere Londense krant, is veelvoorkomend in geprinte media. Net als Helvetica zie je hem echter ook veel terug op websites, zij het in de Times New Roman-variant die Microsoft heeft laten maken.

Georgia is een van de scherm-tegenhangers van Times Roman. Georgia is opener, met meer spatieëring en duidelijk minder tekens per regel. Hierdoor is het beter geschikt voor weergave op een monitor.

De typografie deelt fonts in in twee grote hoofdcategorieën. De serifs zoals Garamond hebben kleine uitsteeksels aan het einde van de tekens. Dit ziet er klassieker uit en leest prettiger voor lange teksten. Daarnaast kennen we de sans-serifs zoals Helvetica en Verdana. Deze kom je vaak tegen in koppen, logo's en losse zinnen.

Helvetica is een van de bekendste en meest gebruikte sans-serif lettertypes ter wereld. Wanneer je er op gaat letten kom je hem overal tegen. Er zijn hele cult-followings, er is een film over en hij heeft een aartsvijand: Arial.

Verdana is een sans-serif lettertype dat speciaal voor weergave op een computerscherm is gemaakt. In vergelijking met Helvetica heeft hij vooral een grotere x-height en simpelere rondingen.

De serifs delen we vervolgens in in *old style* (waaronder Garamond), *transitional* en *modern*. Het grootste verschil tussen old style en moderne lettertypen is dat old style lettertypen weinig verschil hebben in dikte van de lijnen. Transitional zit er tussenin. Binnen sans-serif kennen we de categorieën grotesque, neo-grotesque, humanist en geometric.

TEKST

Letters vormen woorden, woorden zinnen, zinnen alinea's. Het is aan de typograaf om deze massa letters leesbaar te houden. In de zevende eeuw heeft men hier de spatie voor verzonnen. Geen onbelangrijke uitvinding zoals je kunt lezen. Nog steeds gebruikt men niet overal de spatie; Chinees en Japans zijn hiervan duidelijke voorbeelden.

Maar spaties kunnen ook een bron van ergernis zijn, in elk geval voor de persoon die de tekst vorm moet geven. Met enige regelmaat komen de woorden dusdanig op de pagina dat de spaties zich uitlijnen waardoor er lelijke stroken vallen in een alinea, ook wel *rivers of white* genaamd, en je komt ze vaker tegen in uitgevulde tekst dan bij andere uitlijningen. We lossen dit op door ofwel woorden te veranderen, ofwel door afbreekkens te gebruiken. Maar die hebben weer de nare eigenschap zich te willen opstapelen, waardoor je ineens elke regel met een streepje eindigt. De typograaf heeft ook altijd pech!

Tussen de regels hebben we ook een soort spaties. Hier heet het *leading* (ook wel regelafstand), naar de loden strips die vroeger gebruikt werden om de verschillende regels metalen letters te scheiden. Standaard is de leading meestal zo'n 120%, dus voor 9,5pt komt dat neer op 11,4pt leading.

En zodra je eenmaal de spaties op de juiste plaats hebt, zul je zien dat zich een hoerjong bovenaan de kolom heeft gezeteld. In het Engels heet het een *widow*, en het is de naam voor de laatste regel van een alinea, wanneer deze in zijn eentje naar de volgende kolom doorschuift. Daarnaast kennen we de weeskinderen. Dit is zowel het laatste woord van een alinea, wanneer deze in zijn eentje op een regel terecht komt, als de eerste zin van een alinea, wanneer hij als enige in de kolom overblijft en de rest van de regels van de alinea doorgeschoven wordt naar de volgende kolom.

Soms kun je naast herschrijven nog wat trucs doen. Als er naast de tekst nog meer elementen op de pagina staan, kun je daaraan gaan schuiven, om zo plaatselijk de kolom minder breed of hoog te maken.

Al met al biedt de typografie je meer knopjes om aan te sleutelen dan het gemiddelde mengpaneel. Al zie je ze niet in programma's zoals Word, ze zijn er wel, en als je tekst professioneel wilt opmaken, zul je ze op een gegeven moment allemaal gaan gebruiken. •

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque viverra dolor non nunc. Nam sed nisi nec elit suscipit ullamcorper. In leo ante, venenatis eu, volutpat ut, imperdiet auctor, enim. Cras gravida. Suspendisse molestie sem. Praesent a lacus vitae turpis consequat semper. Integer porta. Donec sit amet enim. Praesent a eros. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse fermentum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque viverra dolor

Als je de leading te klein maakt, dan gaan de bovenkanten en onderkanten van letters elkaar raken. Dit begint wanneer de leading gelijk is aan de fontgrootte.

Meer weten?

Ellen Lupton gaat in haar boek "Thinking with Type" dieper op de materie in.

Boodschapper van het universum

DOOR RONNIY JOSEPH

Elke seconde gaan er vijftig triljoen door je lichaam. Sterke kernkracht negeren ze, massa hebben ze vrijwel niet, en op het foton na zijn ze het meest voorkomende deeltje: neutrino's. Zeventig jaar geleden werd hun bestaan voorspeld [1] en vijftig jaar geleden zijn ze echt gevonden. Wat blijkt? Ze komen van heinde en verre, vanuit het diepste van de zon tot de verste waarnemingshorizon van het universum. En dat maakt ze tot één van de belangrijkste deeltjes binnen de astrofysica.

Voor de niet-fysici onder ons even een korte kennismaking met het neutrino. Neutrino's zijn elementaire deeltjes die ontstaan als gevolg van de zwakke wisselwerking, die zich voornamelijk toont bij radioactief verval. Ze hebben een spin $\frac{1}{2}$ en geen lading. Dit maakt ze tot een van de meest ongreepbare deeltjes, want ze hebben geen wisselwerking met de sterke kernkracht en de elektromagnetische kracht. Dus wat overblijven, zijn de zwaartekracht en de zwakke wisselwerking. Zoals de naam al zegt is deze laatste wisselwerking relatief gezien zwak en verlopen reacties onder invloed hiervan langzaam, wat het detecteren bemoeilijkt.

Omdat neutrino's niet wisselwerken met de sterke kernkracht, reageren ze niet op de aanwezigheid van materie. Hierdoor passeren ze ons en alles wat zich maar op hun pad bevindt zonder verstoring en gaan ze ongeschonden verder met hun tocht door het universum. Deze eigenschap van onverstoortbaarheid maakt ze perfect voor een nieuwe kijk op het universum, via waarnemingen die met fotonen niet mogelijk zijn.

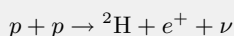
Waarnemingen van bijvoorbeeld processen die zich afspelen in het diepste van de zon. Maar daarvoor moeten ze wel eerst gevonden worden.

Zonnebrand, zonne-energie en zonneneutrino's

De zon is niet alleen onze grootste bron van zonnebrand en energie maar ook onze dichtstbijzijnde grote neutrino-bron. De zon wint zijn energie namelijk uit kernfusie van waterstof tot helium, via de proton-protoncyclus. Dit was ooit, veertig jaar geleden, pure theorie. De zon bestaat voornamelijk uit waterstof; gravitationele energie was niet genoeg om de energie te leveren, chemische reacties evenmin. Dus het moest kernfusie zijn waar de zon op draait. Het probleem is alleen dat in de eerste stap energie verloren leek te gaan. Gelukkig bedacht Wolfgang Pauli [3] een theoretisch neutraal deeltje dat de impuls en de energie weg zou dragen: het neutrino. Zo is deze zonder ooit waargenomen te zijn in de reactievergelijking geplaatst.

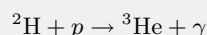
De proton-protoncyclus

De proton-protoncyclus verloopt in drie stappen. Eerst worden twee protonen (p) gefuseerd tot een deuterium-deeltje. Een van de protonen vervalt namelijk via bèta-erval tot een neutron, een positron (e^+) en een neutrino (ν).

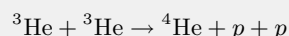


Aan het neutrino is te zien dat deze reactie als gevolg van de zwakke wisselwerking plaatsvindt en daarom

kun je ervan uitgaan dat dit een langzame reactie is. Het zeer reactieve deuterium dat hierbij is ontstaan, reageert met een proton om helium-3 en een gamma-foton te produceren.



Vervolgens reageren twee helium-3-kernen tot een helium-4-kern en twee protonen, die zich weer in de reactiecyclus storten [2].



Het was nu alleen zaak om het zonnemodel te verifiëren. Produceert de zon echt op deze wijze zijn energie? Het antwoord op deze vraag was wat moeilijker. Het probleem met de zon is dat we alleen tot een bepaalde diepte de zon in kunnen kijken. Naarmate je dieper gaat, neemt de dichtheid van de materie toe. Hoe meer materie, des te groter de kans dat een foton geabsorbeerd wordt en ons dus niet bereikt. Een foton dat in de kern ontstaat bij fusie verlaat niet direct de zon, maar neemt daar rustig een miljoen jaar voor, omdat hij afwisselend geabsorbeerd en uitgestraald wordt door de materie in de zon. Het neutrino verlaat de zon echter zonder omwegen doordat het nauwelijks reageert met de hoeveelheden materie in de zon. Hierdoor is het neutrino het ideale testobject om het zonnemodel te verifiëren.

De verdwenen neutrino's

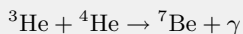
Veertig jaar geleden bedacht Ray Davis Jr. een experiment om de zogenaamde zonneneutrinoflux te meten, de hoeveelheid neutrino's per vierkante meter per seconde. De neutrino's in de hierboven beschreven proton-protoncyclus waren voor zijn experiment niet te gebruiken door hun lage energieën. De zon produceert gelukkig op andere manieren ook neutrino's met hogere energieën. Zoals eerder beschreven

reageert het meeste helium-3 in deze cyclus tot helium-4, maar er is een fractie die een ander pad volgt. Bij dit andere pad ontstaan neutrino's met een hogere energie.

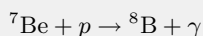
Het idee achter Davis' experiment was om gebruik te maken van een reactie met chloor-37, een stof die dit specifieke neutrino zou absorberen via het 'inverse' bètaverval, waardoor radioactief argon-37 ontstaat. Dit argongas wordt dan onttrokken en hieruit valt te meten hoeveel neutrino's er ingevangen zijn. Omdat deze reactie via de zwakke wisselwerking verloopt, zullen er niet zoveel plaatsvinden en is een detector van redelijke grootte vereist om voldoende neutrino's in te vangen. In dit geval was dat een detector met de luttel inhoud van 450.000 liter C_2Cl_4 . Daarbij werd deze detector 1,5 km onder de grond geplaatst in de Homestake Gold Mine in South Dakota, om de detector af te schermen van kosmische straling. Om de detector af te schermen van de natuurlijke radioactiviteit van het gesteente in de mijn, werd deze omhuld door een nog grotere tank gevuld met water. De neutrino's die ontstaan als gevolg van de kosmische straling en de natuurlijke radioactiviteit hebben van deze barrières net zo min last als de neutrino's van de zon. Dus ook hiermee moest rekening worden gehouden bij het bepalen van de zonneneutrinoflux.

Alternatieve neutrino productie

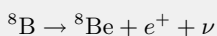
Een gedeelte van het helium-3 uit de proton-protoncyclus fuseert met helium-4 tot beryllium-7:



Dit vangt op zijn beurt weer een proton op waarna boor-8 ontstaat:



Dit vervalt uiteindelijk in beryllium-8 waarbij een positron en een neutrino vrijkomen met een hogere energie.



Om genoeg argon te laten ontstaan zou de detector een maand lang meten: het radioactieve argon heeft een halfwaardetijd van 35 dagen. Nu zou je verwachten dat na een maand lang meten de achtergrond-neutrino's meer argon zouden creëren dan je in eerste instantie had verwacht van de zonneneutrino's alleen. Het tegenovergestelde gebeurde juist. De hoeveelheid gemeten neutrino's was namelijk een derde van wat ze hadden verwacht. Een groot probleem: dit zou betekenen dat of het experiment niet gevoelig genoeg was, of het zonnemodel niet klopt [4].

Het experiment bleek in orde, want ook andere experimenten bevestigden het resultaat; tweederde van de voorspelde neutrino's ontbrak. Dat zou betekenen dat de zon anders in elkaar zou zitten dan was aangenomen.



Het Homestake Experiment.

Kwestie van smaak

Naar aanleiding van het neutrino gebrek in de experimenten werd voorgesteld dat het toenmalige standaardmodel van de deeltjesfysica niet volledig was. Tegenwoordig weten we dat er van neutrino's drie soorten zijn, ook wel smaken genoemd. Ze ontstaan door radioactief verval en worden genoemd naar het deeltje waarmee ze ontstaan. In de proton-protoncyclus is er het neutrino dat ontstaat met het elektron: het elektron-neutrino. Dan zijn er nog het muon-neutrino en het tauon-neutrino en natuurlijk hun antipartners. De neutrino's die in de zon ontstaan zijn de elektron-neutrino's. Wat naar aanleiding van de experimenten werd voorgesteld was dat het elektron-neutrino op weg naar de aarde van smaak zou veranderen. Dat wil zeggen: verandert in een muon- of tauon-neutrino. Dit wordt neutrino-oscillatie genoemd en was allerminst verwacht in het toenmalige standaardmodel.

In het oude model werd aangenomen dat het neutrino net als het foton geen massa zou hebben en daardoor dus onder andere op de snelheid van het licht zou reizen. Neutrino's zonder massa zouden eveneens niet kunnen oscilleren. Omdat oscillatie de beste verklaring geeft voor het neutrino gebrek werd aangenomen dat neutrino's wel een massa hebben, waardoor ze in staat zijn om van smaak te veranderen. Dit werd later bevestigd door experimenten bij het Sudbury Neutrino Observatory [5].

Neutrinovision

Nu het mogelijk is om alle drie de smaken van neutrino's te detecteren en daarmee het zonnemodel is bevestigd, is de volgende stap het universum op een revolutionaire manier waar te nemen. Neutrino's worden niet alleen in de sterren geproduceerd maar ook in de meest gewelddadige smeltkroezen van het universum.

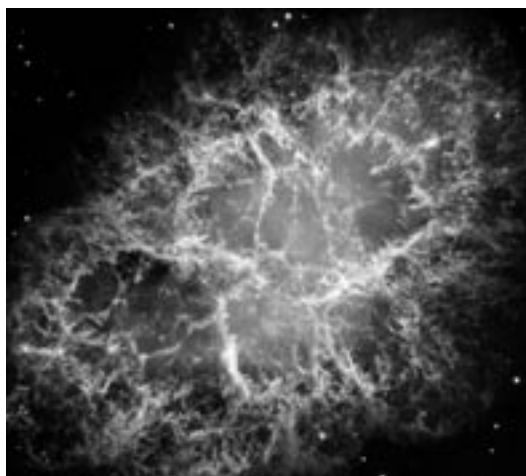
Massieve sterren eindigen hun leven als een supernova, een geweldige explosie waarbij de kern van een ster zijn buitenste lagen afwerpt. Men veronderstelde dat het grootste deel van de energie weggedragen werd door neutrino's. Deze veronderstelling werd later bevestigd toen er in 1987 optisch een supernova vanuit de Grote Magelhaense wolk, een satellietsterrenstelsel, werd waargenomen. Men zag eveneens een toename in neutrinoflux.

Voor het waarnemen van supernova's op galactische afstanden zijn neutrino's dus uitermate geschikt vanwege hun 'onaantastbaarheid'. De huidige astronomie doet waarnemingen via fotonen. Optische telescopen gebruiken fotonen in het optische deel van het spectrum, radiotelescopen met radiofotonen en zo wordt elk gedeelte van het spectrum benut. Het nadeel van fotonen is helaas dat deze worden verstrooid of geabsorbeerd door het stof en gas dat zich in de ruimte bevindt, het interstellair medium. En zelfs hoog-energetische kosmische straling heeft zijn beperkingen. Deze kan worden beïnvloed door magnetische velden of elektrische ladingen die zich ook in het universum bevinden. Doordat kosmische straling wordt

afgebogen, kunnen we de locatie van verre bronnen van kosmische straling niet nauwkeurig bepalen. Neutrino's worden echter niet beïnvloed door materie en elektrische velden en nauwelijks door magnetische velden. Dus zodra men in staat is om zulke neutrino's te meten, kan bepaald worden wat de exacte bron was van de toename in flux, doordat neutrino's nauwelijks verstrooid worden.

Tot kort geleden kon men neutrino's meten met een energie tot 10^6 eV: oftewel neutrino's afkomstig van de zon en supernova's. Maar in het universum bestaan nog sterkere bronnen van hoog-energetische deeltjes, want de kosmos biedt twee nog sterkere deeltjesversnellers. De eerste zijn zwarte gaten, die materie om zich heen verzamelen in accretieschijven, waar materie tot immense relativistische snelheden wordt versneld. De tweede zijn actieve galactische nucleï, de supermassieve zwarte gaten die zich in het midden van sterrenstelsels bevinden. Deze zenden mogelijk neutrino's uit met een energie tot 10^{20} eV.

Nu is het aan een nieuwe generatie neutrino-telescopen om deze waar te nemen. Deze detectoren moeten nog groter en gevoeliger zijn dan voorheen en de projecten zijn al begonnen. In het oerijs van Antarctica werd de AMANDA, *Antarctic Muon And Neutrino Detector Array*, aangelegd. Het is een kubustelescoop van 1450 bij 2450 meter, voornamelijk bestaande uit ijs, met daarin een kubusrooster aan optische modules. Het idee is dat de neutrino's afkomstig van de Noordpool-zijde van de aarde met een dermate hoge energie frontaal op kernen van ijs- of watermoleculen botsen. Daarbij worden deeltjes geproduceerd, muonen en hadronen, die bewegen met snelheden hoger dan de snelheid van het licht in dat medium. Dit klinkt misschien vreemd, omdat Einstein ons ooit vertelde dat niets sneller dan het licht kan gaan. Dat klopt, niets kan sneller gaan dan de snelheid van het licht in vacuüm. Maar door een medium, bijvoorbeeld water, beweegt licht met een lagere snelheid. De snelheid is dan $\frac{c}{n}$, de snelheid in het vacuüm gedeeld door de brekingsindex. Als deeltjes deze snelheid overschrijden, zenden ze zogenaamde Cherenkovstraling uit, die opgepikt wordt door de detectoren. [6]



De Krabnevel, een restant van een supernova.

Toekomstige neutrino's

De neutrinowaarnemingen hebben de laatste jaren grote stappen gemaakt, van theoretisch concept tot het aantonen van de correctheid van het zonnemodel. AMANDA is samen met andere telescopen een van de eerste in deze generatie neutrinotelescopen. Zij zullen voor ons een tipje van de sluier oplichten wat betreft zwarte gaten en actieve galactische nucleï. Ze zullen ons misschien een heldere kijk geven op de verste randen van het universum. Wellicht geven zij een antwoord op de vragen rond de eigenschappen van donkere materie. In ieder geval zullen ze ons een revolutionaire kijk op het universum gunnen. •

Referenties

- [1] Trafton, A. "Experiment confirms famous physics model." News office (2007).
- [2] Kutner, M. "Astronomy: A physical perspective 2nd edition." Cambridge university press.
- [3] Riesselmann, K. "Logbook: Neutrino Invention." Symmetry (2007).
- [4] Haxton, W.C. "Neutrino Astrophysics." Arxiv (2008).
- [5] Waxman, E. *et al.* "Neutrino Astrophysics: A New Tool for Exploring the Universe." Science 315, 63 (2007).
- [6] Halzen, F. *et al.* "Neutrino Astrophysics Experiments beneath the sea and ice." Science 315, 66 (2007).

Graven naar tijden

DOOR HERBERT KRUITBOSCH

Of je ouders nu in Leeuwarden of Utrecht wonen, door de trein te nemen kun je ze in het weekend bezoeken. Zonder al te veel over te hoeven stappen, kom je vanzelf aan. Maar net zoals het drugsbeleid en de snelheid van je pc was dit in de jaren '60 anders. Treinen werden toen veelal gebruikt voor het vervoeren van grondstoffen, en personenvervoer was minder essentieel.

Toen personenvervoer belangrijker werd, introduceerden de NS een nieuwe dienstregeling: Spoorslag '70. Deze dienstregeling had het allemaal: treinen reden vaker, aankomst- en vertrektijden waren ieder uur hetzelfde, overstapmogelijkheden herhaalden ook en de intercity werd geïntroduceerd.

Van zo'n dienstregeling zou je in geen tien jaar af willen stappen en daarom werd hij pas na 37 jaar vervangen door de NS-dienstregeling 2007-2009. Door nieuwe trajecten was een nieuwe dienstregeling nodig om overstaptijden te verbeteren.

Voor de wiskunde achter de dienstregeling vroegen de NS het Centrum Wiskunde en Informatica van de Universiteit van Amsterdam om hulp. Daar werd bekeken hoe de aankomst- en vertrektijden berekend

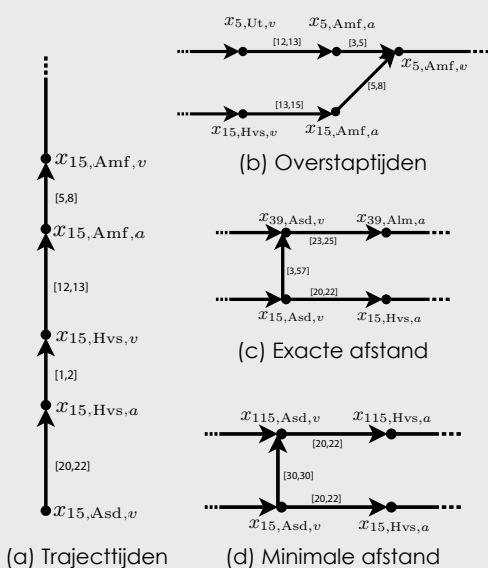
konden worden. Om het probleem op te lossen, is het belangrijk om te bepalen hoe alle vereisten wat betreft deze tijden gerepresenteerd kunnen worden. Omdat de tijden zich uurlijks herhalen, geldt voor een aankomst- of vertrektijd $x \in [0, 59]$. Het verschil tussen twee tijden is daarmee te berekenen als $(y - x) \bmod 60$. Zoals $(14 - 11) \bmod 60 = 3$, $(11 - 14) \bmod 60 = 57$ en $(52 + 12) \bmod 60 = 4$.

Bij een netwerk van sporen heb je met etappes, trajecten en stations te maken. Een etappe is een trein die rijdt tussen een begin- en eindstation met eventuele tussenstations, zoals etappe 15 die langs Amsterdam, Hilversum en Amersfoort gaat. Ook is er een etappe 115 die langs dezelfde stations gaat, maar een half uur later. Beide etappes volgen daarom hetzelfde traject. Je kunt elke etappe zien als een lijst van stations. Omdat je voor tussenstations zowel de aankomst- als de vertrektijd wilt bepalen, geef je beide apart een element in de lijst. Dit gaat voor etappe 15 als volgt:

$$x_{15,Asd,v} \rightarrow x_{15,Hvs,a} \rightarrow x_{15,Hvs,v} \rightarrow x_{15,Amf,a}$$

waarbij a voor aankomst en v voor vertrek staat.

Er is een minimale en een maximale reistijd tussen Amsterdam en Hilversum. Je kunt zo stellen dat $x_{15,Hvs,a} - x_{15,Asd,v} \in [20, 22]$. De trein moet ook tussen de 1 en 2 minuten stoppen in Hilversum zodat passagiers kunnen in- en uitstappen: $x_{15,Hvs,v} - x_{15,Hvs,a} \in [1, 2]$. Je wilt per paar van opeenvolgende elementen uit de lijst dus nog een extra gegeven opslaan: de minimale en de maximale tijd die de trein tussen beide kan hebben. Dit kun je als in figuur 1a met een graaf weergeven. De knopen stellen geen stations voor, maar aankomst- en vertrektijden die je wilt bepalen. Een andere etappe die deels langs dezelfde stations komt, zal dus zijn eigen knopen hebben.



FIGUUR 1 Vereisten aan de dienstregeling

Als je moet overstappen, moet je voldoende tijd hebben om van perron te wisselen. In Amersfoort moeten mensen van etappe 5 naar etappe 15 kunnen overstappen. De tijd om van perron te wisselen ligt tussen de 5 en 8 minuten: $x_{15,Amf,v} - x_{5,Amf,a} \in [5, 8]$. Door het koppelen van twee trajecten komt nu het karakter van de graaf naar voren (zie figuur 1b).

Treinen die hetzelfde spoor gebruiken, dienen genoeg afstand te houden om zo botsingen te voorkomen en kleine vertragingen van voorliggende treinen op te kunnen vangen. Etappe 39 en etappe 15 gebruiken vanaf Amsterdam voor een deel van de route hetzelfde spoor. Je kunt een afstand tussen beide voorstellen door een minimaal verschil in vertrektijd van bijvoorbeeld 3 minuten: $x_{39,Asd,v} - x_{15,Asd,v} \in [3, 57]$ (zie figuur 1c). Ook kunnen etappes over hetzelfde traject 30 minuten van elkaar vertrekken, zoals met stoptreinen en sneltreinen wel gebeurt (zie figuur 1d).

Graafmachine

Iedere pijl in de graaf heeft een interval. Als het verschil tussen de tijden op het begin en eind van die pijl niet in dat interval zit, dan is die pijl inconsistent en moeten de tijden worden aangepast. Het lastige is natuurlijk dat je daarmee andere pijlen ook weer inconsistent kunt maken, je hebt immers met een graaf te maken. Gelukkig is het probleem alsnog op te lossen met het Bellman-Ford-algoritme.

In een graaf waar alle pijlen een afstand hebben, leidt dit algoritme tot de kortste route tussen een beginknoop en een eindknoop. Voor iedere knoop houdt het algoritme bij wat de kortste tot dan toe gevonden afstand naar die knoop is. In het begin staan alle knopen dus op ∞ , behalve de beginknoop die op 0 staat. Nieuwe routes worden gevonden door alle pijlen bij langs te gaan. Als je op een gegeven moment een kortere route naar een knoop vindt dan de routes die je eerder had gevonden, verlaag je de (tot nu toe) kortste afstand die bij die knoop staat. Als je de pijlen in een specifieke volgorde bekijkt, convergeren de tijden bij de knopen uiteindelijk, en vind je de ‘echte’ kortste afstand.

Voor de dienstregeling gebruik je Bellman-Ford net andersom. Je begint door alle knopen op 0 te zetten, dus alle treinen vertrekken en komen aan om 0 minuten over het hele uur. Dat is een onhandige dienstregeling, dus vervolgens ga je één voor één de tijden aanpassen. Als er een inconsistentie is, dan wordt de graaf aangepast door het begin of het einde van de pijl te veranderen. Het is echter belangrijk dat je hierbij tijden alleen verhoogt. Als er een inconsistente pijl is, veranderen we de graaf als volgt.

Stel dat de pijl van A naar B loopt, dat t_A de vertrektijd bij A is en t_B de aankomsttijd bij B . De rit waar de pijl voor staat, heeft een interval $[d_{\min}, d_{\max}]$ van mogelijke tijdsduren. Als de huidige tijdsduur van de rit, $t_B - t_A$, kleiner is dan $d_{\min}$, dan verhogen we de aankomsttijd: $t_B := t_A + d_{\min}$. Net zo verhogen we de vertrektijd ($t_A := t_B - d_{\max}$) als de rit te lang duurt.

De oplettende lezer heeft wel door dat alle berekeningen op tijden modulo 60 werken en een verhoging effectief een verlaging kan zijn. Daarmee klopt de eerdere argumentatie niet meer. Stel nu dat er een pijl van A naar B gaat met t_A en t_B zoals hierboven. Dan is $t_B - t_A \in [d_{\min}, d_{\max}] \pmod{60}$ equivalent aan $t_B - t_A \in [60k + d_{\min}, 60k + d_{\max}]$ voor een bepaalde waarde van k . Gelukkig is voor alle pijlen een minimale en een maximale k te berekenen. De nieuwsgierige lezer kan hierover meer lezen in [1].

De zoekruimte is nu eindig en het algoritme kan een oplossing vinden voor de graaf. Maar naast het berekenen van de vertrek- en aankomsttijden willen de NS ook dat er altijd voldoende treinen op een station zijn om te vertrekken en dat de dienstregeling goed aansluit op die van het buitenland. De dienstregeling is dus veel meer dan alleen maar graven naar tijden. •

Referenties

- [1] Schrijver, L. “Wiskunde achter het spoorboekje.” Centrum voor Wiskunde en Informatica en Universiteit van Amsterdam.
- [2] Schrijver, L. en Steenbeek, A. “Spoorwegdienstregelingontwikkeling.” Centrum voor Wiskunde en Informatica.

Vorig breinwerk

DOOR PJOTR SVETACHOV

De oplossing van het afgelopen breinwerk is ABCDE = 93529. Voor de volledigheid hebben we de oplossing van de puzzel hiernaast afgebeeld. Tussen de goede inzendingen werd het boek *Geheim-talen: van de farao's tot de kwantum-cryptografie* van Mark Frary verloot. Deze is gewonnen door Keri Vos. Gefeliciteerd! •

2	4	5	9	8	8	4	7	1	6	3
2	5	4	8	9	4	7	9	6	1	3
5	2	4	8	4	9	9	7	1	6	3
5	2	5	4	8	7	7	9	6	1	3
2	5	4	5	7	8	9	3	6	3	1
2	4	5	7	9	9	8	3	3	6	1

Nieuw breinwerk

DOOR PJOTR SVETACHOV

Toen we begonnen met het maken van deze Periodiek, ontvingen we een vreemd pakketje met daarbij een bericht met een kreet om hulp:

In 2106 werd het Battersea Project opgericht met als doel onderzoek doen naar parallelle universums. Later, in 2228, werd er eindelijk contact gelegd met onszelf uit een andere dimensie en werden ook objecten heen en weer gestuurd. Wat we toen nog niet wisten, was dat deze transuniversele reizen beide universums instabiel maakten en uit onze analyse bleek dat in 2496 beide universums zouden ophouden met bestaan. Gelukkig hadden we nog genoeg tijd om een oplossing te vinden. Door twintig Wataw-generatoren te bouwen en deze een morfisch veld te laten genereren, konden de universums gered worden. Het veld moet in beide universums op dezelfde plaats in tijd en ruimte worden gegenereerd. En hier gaat het mis: het is 2496, we hebben nog maar een paar minuten te gaan. Door de instabiliteit in de ruimtetijd staan opeens de generatoren in de verschillende universums niet op exact dezelfde plaatsen. Maar er is nog hoop! De generatoren genereren

het morfische veld namelijk direct naast zichzelf en met een druk op de knop kunnen we de generatoren draaien om het veld te verplaatsen. Helaas hebben we zelf niet genoeg tijd om te berekenen waar de velden gegenereerd moeten worden. Daarom hebben we dit pakketje naar jullie gestuurd. Door de juiste posities voor 1 oktober 2010 jullie tijd in te voeren en op de groene knop te drukken zal het apparaat de correcte kalibraties naar de machines in onze tijd verzenden.

Overigens was er ook een postscript:

P.S. Maak je geen zorgen over een eventuele paradox. Het apparaat verzendt de gegevens naar een tijdcoördinaat die exact een nanoseconde later is dan onze verzending van dit pakket.



Nou, jullie horen het: wil je het bestaan van je achterachterachterachterachterkleinkinderen redden en bovendien het boek *Tellen van de tijd* van Jean Lefort winnen? Los dan de puzzel hiernaast op en stuur deze voor 1 oktober in naar perio@fmf.nl! •

De regels

- In het diagram hiernaast staan de generatoren aangegeven.
- Bij elke generator hoort een veld.
- De velden kunnen alleen direct links, rechts, onder of boven een generator staan.
- De velden mogen elkaar niet raken, ook niet met hoekpunten.
- Je ziet twee puzzels en elk heeft meerdere oplossingen, maar ze hebben één oplossing gemeen, gevraagd wordt deze te vinden.

