

Kennis en Kilimanjaro

Deze tekst van Vincent Icke, hoogleraar sterrenkunde, is overgenomen uit *De eekhoornformule*, Aula, tweede druk, p. 13.

Aanspoelen op een onbewoond eiland is, zoals de ervaren reiziger weet, meestal een onthutsende ervaring. Elke keer als het me weer overkomt, denk ik: wat weet ik toch weinig! Wat een futiliteit, al dat onderwijs, die opeenstapeling van feitjes en weetjes, begeleid door zoveel kennisgekwaak. Mijn kennis van kokos, bijvoorbeeld, beperkt zich tot wat de toko voorgeraspt in plastic biedt. En nu sta ik, *ajoen ajoen*, aan de voet van die hoge klapperboom, en weet niet waar te beginnen. Mijn ervaring op de ijsberg waar ik de vorige keer belandde, helpt me nu helemaal niets. Maar door een lange reeks van schipbreuken op meer of minder afgelegen stranden heb ik tenminste dit geleerd: kennis legt het altijd af tegen kunde. Kennis is beperkt, verouderd snel, en is vaak gewoon fout. Heb ik me toch weer laten koeioneren door al dat geneuzel rondom het kennisdebat! Had ik maar beter naar Descartes geluisterd. *Discours de la méthode* is een bekende titel. Maar die vier woorden zijn slechts het topje van de ijsberg, een beginnetje van de eigenlijke titel van een van de belangrijkste boeken aller tijden. *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences* is het voluit, ofwel *Over het verstandig gebruik van je hersens bij het zoeken naar waarheid in de wetenschappen*.

Daar staat dus niet: over het gebruik van je geheugen. Dat is voor ministers, staatssecretarissen en wetenschapsquizzers. 't Is niet voor niets dat de wetenschapper het imago heeft van een *nerd*, een allesweter, een betweter. 't Is geen toeval dat het Internet en het World Wide Web zo populair zijn: je kunt er niks beter mee begrijpen, maar je kunt er wel van alles opzoeken.

Hier sta ik dan op mijn eiland, geen droge draad meer aan m'n lijf en geen computer in zicht. Ik vraag me af: zou ik de top van gindse berg, kunnen bereiken, om vandaar uit te kijken over zee? Hoe hoog is die berg wel niet? Eén kilometer? Tien? Of misschien wel honderd? Een kennisklungel weet dat de hoogste berg op aarde zowat negen kilometer hoog is. Maar er zou er best eentje van honderd kunnen zijn die nog niet is ontdekt. Net toevallig op mijn eiland.

De weter moet nu toegeven dat hij daar nog niet aan had gedacht omdat het niet voorkomt in zijn *database*. Maar de zoeker, de mens van de methode, kan zó zien dat dat op aarde niet gaat.

Dat kunt u dus ook, op voorwaarde dat u even nadenkt. Denk nu aan een klosje naaigaren. Pak er desnoods een uit de naaimand. Daarmee gaat u de hoogte bepalen van de hoogste berg op onze planeet. Natuurlijk niet door het klosje af te rollen; er zit hoogstens vijfhonderd meter draad op, en dat is onvoldoende.

Bovendien is het niet nodig om een tastbaar klosje bij de hand te hebben. Een denkbeeldig exemplaar is genoeg, plus natuurlijk vertrouwen in *la méthode*. Als de landelijke obsessie met weten en kerndoelen u reeds heeft verlamd, lees toch verder: er is redding. Wat drukt de berg omlaag? De zwaartekracht. Die is sterker naarmate de berg hoger, en dus zwaarder, is. Wat houdt de berg omhoog? De sterkte van het materiaal waar de berg van gemaakt is. Wanneer die twee aan elkaar gelijk zijn, maakt de verpulverende kracht van de zwaarte juist evenwicht met de samenbindende krachten tussen de atomen. We willen dus twee dingen weten: hoe zwaar is een berg? En: hoe sterk is het materiaal van een berg?

Dat zoeken we op. Denkt althans de kennisfanaat, die meteen de bibliotheek in snelt (ook wegbezuinigd? Jammer, misschien staat het op de CD-ROM met spelletjes die u gratis bij uw computer kreeg). De massa van de berg! Een derde maal pi-erkwadraat maal haa, maal de soortelijke massa van olivijn en orthopyroxen. De kracht tussen atomen! De tweede en de derde viriaalcoëfficiënt maal een, gedeeld door de tiende macht van er, minus ... bent u daar nog?

Inderdaad, je kunt al dat soort dingen moeizaam opzoeken en uitrekenen, maar hersens, gaan sneller dan handen. Dit zoeken we dus niet op, dit denken we even door.

Vraag: *hoe hoog is een berg die nog net niet als een pudding in elkaar zakt onder zijn eigen gewicht?*

Daar komt dat garenklosje van pas. Stel dat ik op een zeer hoge klip sta en het garen afrol. Dan komt er een steeds langere draad omlaag te hangen. En daarmee gebeurt hetzelfde als met de berg: hoe langer de draad, hoe zwaarder het gewicht dat aan het bovenste stukje van het garen trekt.

We kunnen dus vragen: *hoe lang is een draad die nog juist niet knapt onder zijn eigen gewicht?*



Hoe zwaar is een meter draad? Met andere woorden: hoeveel weegt een garenklosje van een gegeven lengte? Nadenken. Op een gewoon klosje zwart garen zit 500 meter. Gewicht? Vijf gram? Nee, te weinig. Vijf ons? Te veel. Vijftig gram? Dat kan wel zowat.

Dat is een van de belangrijkste geheimen van de smid: als je een schatting maakt, moet je niet tellen van 1-2-3 (lineair) maar 10-100-1000 (logaritmisch). Je moet denken in 'ordes van grootte'.

Dus vijfhonderd meter weegt vijftig gram, ofwel een tiende gram per meter.

Vervolgens: hoeveel gewicht kan een garendraad dragen?

Orde van grootte! Eén ons: vast wel. Tien kilo: zeker niet. Eén kilo moet kunnen. Dat is alles.

Een draad die een kilo zwaar is, breekt nog net niet. Een meter draad weegt een tiende gram. Dus een draad van tienduizend meter is juist nog sterk genoeg om zijn eigen gewicht te kunnen dragen. En daarom denk ik, zittend aan het strand van mijn eiland: die berg daar kan nooit hoger zijn dan tien kilometer. Of het nou Kilimanjaro is of Kilauea, hoger gaat niet. De zwaartekracht, die de tegenstander van de bergbeklimmer lijkt, komt in zoverre te hulp dat het na tienduizend meter klauteren wel afgelopen is met het getob. De jonge onderzoeker kan thuis verder experimenteren met allerlei details. Een pak melk van een liter weegt een kilo, dus je kunt die breeksterkte meteen scherper stellen door te meten hoeveel pakken melk je aan de draad kunt hangen: Is garen niet veel minder sterk dan rots? Dat valt wel mee: je kunt een kras in een steen maken door er een draad langs heen en weer te schuren. Is materie onder uitrekking wel even sterk als onder druk? En zo zijn er nog wel wat bezwaren. Het kan allemaal beter, maar die tien kilometer blijft een uitstekende schatting. Het is in elk geval veel meer dan één kilometer, en veel minder dan honderd.

Op een onbewoond eiland op aarde ben ik nog nooit aangespoeld. Maar in de loop van mijn omzwervingen door de ruimte ben ik dikwijls komen aanwaaien in de een of andere verlaten uithoek van het heelal. Daar staat je verstand bij stil, zegt de kennisdebatter. Gezever! Daar houdt je kennis op, dat wel, maar je verstand gaat daar nu juist op volle toeren draaien.

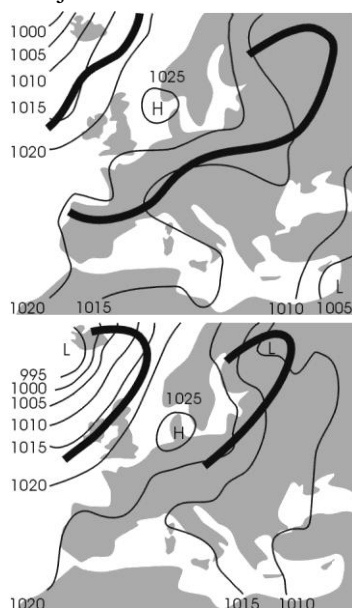
En zo bedenk je dan dat een planeet als de aarde een bol moet zijn, op een enkele uitstulping van tien kilometer na. Zo snap je ook dat kleinere dingen schonkiger kunnen zijn: de kern van komeet Hale-Bopp is knolliger dan een eigenheimer, en een baksteen kan zelfs echte hoeken hebben. Columbus had het kunnen bedenken: mijn ei moet kleiner zijn dan honderd kilometer, anders zou het de bol van Columbus zijn. Dus kan ik westwaarts naar Indië varen.

Intussen ben ik alweer vertrokken naar het volgende kosmische eiland, waar weer meer te denken valt juist omdat we er bijna niets weten. En vanaf dat schitterende oord sein ik een kaartje terug naar de aarde, zonder klapperbomen erop maar met een nieuwe peinsproef. Neem een verse rol wc-papier. Wikkel die geheel af. Prop het papier in de brievenbus van het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen. U hebt nu een kartonnen kokertje over. Daarmee kunt u de vraag beantwoorden: hoeveel sterren kan ik 's nachts zien?

De vlinder van Lorenz

‘Kan de beweging van een vlindervleugel in Brazilië een tornado in Texas veroorzaken?’ Deze vraag is afkomstig van de weerkundige Lorenz. Hij testte in de jaren 60 van de 20e eeuw met een primitief computerprogramma een model voor het weer. Op een dag wilde hij het programma langer laten rekenen en gebruikte hij de uitkomsten van halverwege een vorige ronde als startwaarden. Het bleek dat de resultaten in het begin goed overeenstemden met de vorige reeks, maar gaandeweg zeer sterk afweken. De oorzaak was dat hij zijn startwaarden afgerond had ingevoerd.

Onder andere door deze ontdekking is een geheel nieuwe tak van wetenschap ontstaan: de *Chaostheorie*. Kort gezegd komt die hier op neer: kleine oorzaken hebben soms grote gevolgen. Zeer kleine afrondingen zijn te vergelijken met de vleugelslag van een vlinder, maar toch zorgen ze ervoor dat we geen weersvoorspellingen kunnen doen op een termijn die langer is dan maximaal tien dagen — en dan moet je nog veel geluk hebben ook. Jarenlang hebben weerkundigen gedacht dat met snellere computers, betere modellen en een fijner meetnet betere weersvoorspellingen gemaakt zouden kunnen worden. Zo langzamerhand weten we beter. Zelfs met onbetaalbaar veel sensoren voor luchtdruk, vochtigheid, windsnelheid en temperatuur blijft het effect van de ‘vlinder’ een rol spelen. Bovendien zou zelfs de snelste computer zoveel rekentijd nodig hebben, dat de voorspelling als mosterd na de maaltijd zou komen. Hier zie je twee voorspellingen voor één dag die gemaakt zijn met gegevens die slechts zeer weinig afwijken.



Het drie-lichamenprobleem

In de hemelmechanica spelen soortgelijke verschijnselen een rol. De gravitatiewet van Newton beschrijft de krachten tussen de zon en alle planeten en manen. Je zou dus verwachten dat je tot ver in de toekomst kunt voorspellen hoe het zonnestelsel eruit ziet als je op één moment precies alle massa's, snelheden en posities kent. Voor één ster (stel de zon) en één planeet (bijvoorbeeld de aarde) lukt dat: de planeet beweegt in een ellips om de ster; dit is de eerste wet van Kepler.

Newton kon later de ellips exact beschrijven. Zodra er echter één voorwerp meer in het spel is, gaat de regel van de kleine oorzaken met de grote gevolgen een rol spelen. Euler, Lagrange en Poincaré hebben het ‘three-body problem’ uitgebreid bestudeerd. De vergelijkingen zijn alleen numeriek oplosbaar.

Hier zie je hoe met Coach de banen zijn berekend van een planeet bij een dubbelster. De beginpunten van de blauwe en de zwarte baan zijn nauwelijks van elkaar te onderscheiden en de startsnelheden waren gelijk. De afgebeelde banen nemen een paar jaar in beslag. Je ziet dat er dan al grote verschillen ontstaan. Ook met een zwaardere computer, een beter programma en een langere rekentijd krijg je op den duur volstrekt verschillende banen.



Ons zonnestelsel bestaat uit tien planeten, veel manen en stofringen en een paar duizend planetoiden; bovendien bevindt zich voorbij Pluto nog een wolk met kometen. Van dit ingewikkelde systeem is het nog steeds niet bekend of het op de lange duur (een paar miljard jaar) stabiel is. De planeten bewegen zich weliswaar regelmatig, maar tegelijkertijd zijn hun banen op de lange duur onvoorspelbaar.