

## **De ontdekking van ons gebrek aan kennis**

Co-referaat Van der Leeuw-lezing 2011

*Robbert Dijkgraaf*

Hoe staat met onze kennis? Toen Leonard Brezjnev eens gevraagd werd in één woord samen te vatten hoe het met de Sovjet-Unie ging, was zijn antwoord: "Goed." Toen hem vervolgens werd gevraagd wat zijn antwoord zou zijn als hij twee woorden mocht gebruiken, vervolgde hij: "Niet goed."

Ik zou in dezelfde geest willen betogen dat het in de eerste benadering goed gaat met onze kennis. We leven in een gouden tijd. Niet alleen komt er steeds meer ruwe informatie beschikbaar samen met betere technologie om die te verwerken, ook is er een groeiend deel van de wereldbevolking dat daar gebruik van maakt. De totale informatie op aarde wordt nu geschat op het werkelijk onvoorstelbare aantal van een zettabyte, dat is een 1 gevolgd door 21 nullen, ruwweg het geheugen van een miljard moderne pc's. Alleen Google gebruikt al rond een miljoen servers. Meer dan twee miljard wereldburgers hebben op dit moment via het internet toegang tot een groot deel van die immense hoeveelheid data, steeds vaker via een smartphone waar en wanneer men maar wil. Wat een verschil met de tijden toen slechts een handjevol geleerden toegang hadden tot een bibliotheek met zeldzame geschriften, diep verstoppt in een klooster of paleis.

In de tweede benadering gaat het echter helemaal niet goed. Zoals Joshua Foer terecht betoogt, gaan we steeds slordiger met al die kennis om. We vergeten steeds meer of onthouden nutteloze en onbelangrijke zaken. We leven als zwervers op de afvalberg van informatie, waar iedere dag langs allerlei kanalen nieuwe informatie over ons wordt uitgestort. Met een emmertje schuifelen we rond, op zoek naar iets nuttigs of prikkelends.

Een van de redenen van deze 'vergeetepidemie' is dat er steeds meer is om te vergeten. We lopen tegen de grenzen van de geheugencapaciteit van ons brein. Deze wordt geschat op 'slechts' een petabyte, dat is een 1 gevolgd door 15 nullen. Het grootste gedeelte van deze geheugenruimte gebruiken we (gelukkig maar) voor onze persoonlijke herinneringen; wat overblijft vullen we met hapsnap feiten. Anno 2011 kan ons brein zelf in theorie slechts één miljoenste van alle informatie in de wereld bevatten en in de praktijk is dat nog veel minder. De fractie aan feitenkennis die we onthouden, zal alleen maar kleiner en kleiner worden ten aanzien van de groeiende hoeveelheid informatie. De zucht naar compleet is bij voorbaat verloren. Uiteindelijk weten we niets over alles.

### **Kennis verbrokkelt**

Informatie groeit niet alleen, het verandert ook van aard. De kennisbasis verbrokkelt en verspreidt zich in steeds kleinere eenheden over de wereld. De moderne mens

construeert uit deze bouwstenen zijn eigen wereld. Er is in steeds mindere mate een solide fundament dat wij met elkaar delen.

Deze verbrokkeling kent meerdere aanleidingen. Allereerst graaft onderzoek per definitie verder en dieper. Dit leidt tot een enorme groei aan ruw materiaal, waarvan veel gruis. Carl Linnaeus classificeerde in de achttiende eeuw zo'n twaalfduizend planten en dieren. In zijn tijd was het toen nog mogelijk een persoonlijke relatie met deze soorten te hebben. Van olifant tot huismus, van brandnetel tot dennenboom, hadden ze allemaal nog een zekere aaibaarheidsfactor. Onlangs werd het totaal aantal organismen op aarde geschat op 8,7 miljoen, waarvan het overgrote deel nog ontdekt en benoemd moet worden. Wie kan nog wat voelen bij deze miljoenen insecten en microben? Moeten ze allemaal nog wel een naam hebben?

Ten tweede is er de moderne technologie die het mogelijk maakt deze kennis breder en in kleine eenheden te verspreiden, van het internet tot sms en Twitter. In principe is deze ontwikkeling positief. In de duizenden jaren geschiedenis van de wetenschap heeft informatietechnologie altijd een stimulerende rol gespeeld, van de uitvinding van het schrift, via de techniek van gedrukte boek tot en met het internet. Beschikbaar maken en delen van informatie houdt de wetenschap en de wetenschapper scherp. Maar door de versnippering verliezen we grote verhaallijnen die tot nu de feiten samenbonden. Iedereen knutselt zijn eigen IKEA-bouwpakket vol losse kennisonderdelen in elkaar.

Ten slotte is er de globalisering. Kennis komt uit steeds verdere hoeken tot ons. Culturen die tot voor kort slechts een beperkte rol speelden, komen ineens centraal te staan. Denk bijvoorbeeld aan de groeiende invloed en bekendheid van China. Multiculturalisme mag in vele Europese landen niet langer politiek correct zijn, het bloeit en groeit in de wereldwijde kennissamenleving.

Deze gebundelde krachten van onderzoek, technologie en globalisering zullen alleen maar toenemen. Het gevecht tegen fragmentatie lijkt dus bij voorbaat verloren. Onder het motto 'meer is minder' – er komt steeds meer, maar we delen steeds minder – zal het berglandschap van informatie slechts een paar zeer smalle hoge pieken kennen die voor iedereen van grote afstand zichtbaar zijn. Dit is de, zeg, 1 procent van de kennis die door 99 procent van de mensen gedeeld wordt. Naast dit handjevol pieken zijn er eindeloze berghellingen en voetheuvels vol kiezelstenen. Dat is de 'lange staart' van de distributie waar diversiteit groeit en bloeit, maar waar het moeilijk is boven het niveau van individuele interesse uit te stijgen. Dit is de 99 procent van de kennis die door maar 1 procent van de mensen gedeeld wordt.

Door de groeiende diversiteit van het aanbod blijft kennis steeds minder hangen. Of iets blijft plakken, hangt af van de kracht van het lijmlaagje. In het onderwijs plakken we met groot gemak overal Post-it briefjes. Maar iemand hoeft maar even een deur te openen en de tocht waait alles weg. Hoe komt het dat ik na vier jaar gymnasiale studie van het Oudgrieks, nauwelijks meer dan het alfabet (dat ik als fysicus nog dagelijks gebruik) weet te herinneren? De kracht van kennis ligt ook in de kwaliteit van het lijmlaagje.

## Het grote canonspel

Willen we het Grote Vergeten een halt toeroepen, dan zullen we een scherp debat moeten voeren over wát we precies willen onthouden en hoe. Er is geen twijfel over dat zonder concrete feitenkennis er geen werkelijke creativiteit en innovatie kan bestaan. Maar het is minder duidelijk wélke feiten we uit dit overstelpende en groeiende aanbod aan informatie moeten selecteren. Hoe kunnen we onze weg in het informatiegebergte vinden? Waar brengen we wegwijzers aan om ons niet te verliezen?

Deze vragen zijn bijzonder pertinent bij het opstellen van een canon. Dat is een typisch Hollands gezelschapsspel geworden in navolging van de succesvolle historische canon van Nederland, die onder leiding van oud-KNAW-president Frits van Oostrom is opgesteld als antwoord op het verdwijnende historisch besef. Nederland kent nu onder meer canons van het schaatsen, van de popmuziek, van het Groene Hart en voor het christelijk onderwijs. Samen met enkele collega's heb ik met de bètacanon, een lijst van vijftig onderwerpen uit de natuurwetenschappen en techniek die iedere Nederlander zou moeten kennen, ook hard aan dat spel meegedaan. We hadden er bijzonder veel plezier in om als eerste onderwerp 'de nul' te kiezen.

Deze canoniseringsgolf, die bijvoorbeeld bij onze zuiderburen volstrekt onbekend is, heeft een positieve inbreng gehad in ons denken over kennis. Natuurlijk ontstaat er onvermijdelijk een felle discussie over welke onderwerpen wel of niet in zo'n lijst moeten worden opgenomen en over de vraag of zo'n lijst niet een oneigenlijke karikatuur van de geportretteerde geeft. Maar, eerlijk gezegd, vindt zo'n debat zich voornamelijk achter de komma af. Alle roep om meer nuances is gepast en terecht, maar kan pas plaatsvinden indien er een begin van een overzicht is gemaakt. De canon is niet een karikatuur, maar eerder een schets die met enkele eerste krachtige lijnen de essentie van een onderwerp vat en die later met meer detailtekeningen genuanceerd kan worden.

## Het kusgetal

Een canon brengt begrippen in kaart die de hub van het kennisnetwerk vormen, de naaf waar vele spaken bijeenkomen. Deze onderwerpen, die vanuit vele perspectieven gezien kunnen worden, hebben wat wiskundigen een hoog 'kusgetal' noemen. Bij een stapeling van atomen in een kristal meet het kusgetal hoeveel buuratomen aan een gegeven atoom raken. Hoe hoger het kusgetal, hoe 'mooier' het kristal.

Bij het samenstellen van de bètacanon was een hoog kusgetal een belangrijk criterium. Neem bijvoorbeeld het onderwerp 'evolutie'. Dat heeft vele facetten. Allereerst kunnen we dit benaderen als een algemeen concept uit de biologie, als de verandering van het leven op aarde door middel van natuurlijke selectie. Een tweede mogelijkheid is een concreet geval te beschouwen dat de essentie vangt, bijvoorbeeld de verscheidenheid aan vinkjes op de Galapagoseilanden. Een derde weg is de historische of de persoonlijke benadering: in dit geval de figuur Charles Darwin en zijn reis met de Beagle, inclusief alle praktische en intellectuele worstelingen. Dan is er nog de invalshoek van de toepassing: vaccinaties tegen evoluerende griepvirussen, of van de actualiteit: een EO-presentator die van zijn creationistisch geloof valt. Al die perspectieven zijn nuttig en

geschikt in het onderwijs. Ze werpen ieder een ander licht op de evolutietheorie en kunnen elkaar versterken. Evolutie hoort in onze bagage.

Deze meervoudigheid doet zich zelfs voor in de hardste van de harde wetenschappen: de wiskunde. De Amerikaanse wiskundige Bill Thurston, winnaar van de prestigieuze Fieldsmedaille in 1984 voor zijn werk aan classificatie van driedimensionale ruimten, heeft daar een prachtige illustratie van gegeven in een zeer interessant en tegendraadse analyse van het nut van bewijzen in de wiskunde. Hij voert in dat artikel aan dat een exacte definitie in de wiskunde niet altijd het enige doel is. Om verdere vooruitgang te stimuleren is het ook van belang dat de context van de nieuwe ideeën goed wordt uitgedragen.

Thurston geeft als voorbeeld het begrip 'afgeleide van een functie'. Hij begint met de formele definitie, zoals je die leert in een standaard college. Deze definitie is op het eerste gezicht niet erg verhelderend, aangezien je vele eerdere elementen moet hebben geleerd – en zeer opvallend, in het artikel maakt hij ook nog een (typ)fout in deze definitie! Maar er zijn nog andere gezichtspunten. Zo komt hij bij definitie 2: snelheid. We hebben allen een intuïtief begrip van snelheid en op deze wijze zien we dat de afgeleide ook een richting kan hebben. Vervolgens komt definitie 3: de hoek van de raaklijn aan een grafiek. Deze meetkundige voorstelling maakt de generalisatie naar meerdere variabelen voor de hand liggend. Dan komt definitie 4: de infinitesimale verandering, een definitie die dicht komt bij de oorspronkelijke redeneringen van Newton en Leibniz. Maar Thurston gaat verder. Definitie 5 gebruikt symbolische notatie, definitie 6 gaat uit van een lineaire benadering, en definitie 7 bekijkt de functie door een microscoop. Zo gaat de rij nog een lange tijd door. Ieder perspectief geeft weer een nieuw inzicht. Uiteindelijk komen we aan bij definitie 37: *“De Lagrangiaanse sectie van de coraakbundel welke aanleiding geeft tot de connectievorm voor de unieke vlakke connectie op de triviale R- bundel waarvoor de grafiek van f parallel is”*. Voor bijna iedereen is dit potjeslatijn, zelfs voor menig wiskundige, maar er was een moment waarbij Thurston precies deze definitie en geen andere nodig had.

Wat is nu dé definitie van een algemeen begrip als de wiskundige afgeleide? Eigenlijk is het zonde er een van deze vele te moeten kiezen. Beter is ze allemaal te gebruiken en hun onderlinge verbanden te begrijpen. De grote waarde van het begrip 'afgeleide' is dat er zo vele perspectieven zijn. Het verdient daarom ook een plek in onze bagage.

## Wereldbol of atlas?

Er is een dieperliggende reden waarom centrale onderwerpen vele facetten hebben. Ik zou daartoe twee kennismodellen willen introduceren: de wereldbol en de atlas. In de wereldbol zien we de aarde weergegeven vanuit een planetair perspectief, een *“pale blue dot”* aan het firmament van de kosmos. De globe staat voor een universele definitie, een begrip dat allesomvattend en uniek is. We kunnen denken aan de definitie van een juridische term. Daar staat meestal geen woord te veel of te weinig in. De jurist wordt niet gevraagd daarop verder te variëren of uit te weiden.

In het andere model, de atlas, worden we geconfronteerd met een collectie kaarten. Iedere kaart overdekt een stukje van het onderwerp. Er is tevens een regel die aangeeft

hoe van de ene kaart naar de andere kaart over te stappen. Om het totale begrip te omvatten moeten we de kaarten als het ware aan elkaar plakken en zo de wereldbol construeren. Een voorbeeld van zo'n atlas is het systeem van wereldtalen. Iedere taal is dan een pagina in de atlas en woordenboeken helpen ons de begrippen van de ene taal naar de andere te vertalen. Dat vertalen is maar een benadering. Er is geen een-op-een afbeelding tussen, zeg, de woorden van het Nederlands en het Frans. Iedere taal kent onvertaalbare woorden en vaak zijn er in de andere taal juist meerdere alternatieven. We zouden kunnen zeggen dat de mensheid deze atlas van talen heeft ontwikkeld om de veelheid aan verschijnselen in de wereld te vangen. Esperanto doet weinig recht aan deze rijkdom.

Mijn inschatting is dat er maar weinig begrippen zijn die zich zo mooi in één definitie laten vangen als de wereldbol. Voor de meeste concepten zullen we onze toevlucht tot een kennisatlas moeten nemen.

### **De hagelshotmethode**

Er is een andere goede reden om te concentreren op kernbegrippen met veel facetten. Omdat onze persoonlijke kennisbasis fragieler en toevalliger wordt, neemt de diversiteit aan achtergrondkennis toe. Het onderwijs in brede zin zal zich rekenschap moeten geven van deze fragmentatie. U kent allen het peuterspeelgoed waarbij gevormde blokjes in uitgezaagde figuren als een cirkel, vierkant of driehoek getimmerd moeten worden. Waar vroeger iedereen hetzelfde vierkantje in zijn plankje had, is er nu een wereld aan figuren. Daarmee is er een groot risico dat de leraar in de klas met geweld een vierkant blokje, met hoeveel zorg ook uitgekozen, in een rond of driehoekig gaatje slaat. De gereedschapskist van de docent dient daarom zo goed mogelijk gevuld te zijn. De ene leerling kan genieten van een abstract begrip, de andere is gebaat met een alledaags voorbeeld. Als een klusjesman bij u thuis komt met alleen een hamer, voelt u zich toch ook niet gerust. Of, zoals het gezegde gaat: *If you have a hammer, everything looks like a nail.*

De moderne droom van de medische wetenschap is *personal medicine*. Geen twee ziekten zijn precies dezelfde en uiteindelijk verdient iedere patiënt bij ieder aandoening een uiterst individuele behandeling met op maat ontworpen medicijnen. De droom van het onderwijs zou *personal education* moeten zijn. Geen twee mensen zijn hetzelfde en uiteindelijk verdient iedere kind een uiterst individueel leertraject met op maat ontworpen methodes. Beide visioenen blijven voorlopig helaas een droom.

Dit verschijnsel kwam scherp naar voren in een rapport van de KNAW over een controversieel onderwerp: het rekenonderwijs op de basisschool, oftewel de staartdeling. Binnen het rekenonderwijs zijn twee scholen te onderscheiden: de realistische en de formele. De eerste probeert sommen aanschouwelijk te maken met praktische voorbeelden, de andere gaat juist uit van de heldere abstracte structuur van de getallen. Uit het KNAW-onderzoek bleek dat niet een van de twee superieur was, maar dat voor sommige kinderen de ene beter werkt dan de andere. De conclusie was dat voor een optimaal resultaat de docent beide methoden zou moeten beheersen.

Ik heb zelf die ervaring bij lezingen voor een groot publiek, zoals deze. Zeker als het esoterische onderwerpen betreft als het uitdijend heelal, de oerknal, zwarte gaten of de snaartheorie, is het niet gemakkelijk contact met de zaal te maken. Ik probeer de toehoorder mee te voeren naar mijn eigen begrip. Het eindpunt van de intellectuele reis is daarmee welbekend, maar het startpunt beslist niet. Iedereen in de zaal zal vanuit een andere achtergrond vertrekken. Mijn eigen aanpak bestaat dan vaak uit de hagelschotmethode. Ik probeer een grote diversiteit aan beeldspraken en analogieën te gebruiken in de hoop dat iets doel treft. Er is namelijk niet alleen een grote verscheidenheid aan voorkennis, er zijn ook grote individuele verschillen in denkwijzen.

Zo is er een markant verschil tussen hoe men zaken ruwweg vanuit de linkerhelft of de rechterhelft van ons brein kan benaderen. Mensen in de eerste categorie denken meer talig en voelen zich sterker aangesproken door een lineair structuur, een logisch algoritme waarin stap voor stap naar het doel wordt toegewerkt. De tweede groep denkt meer figuurlijk en wordt juist sterk aangesproken door een afbeelding of diagram. Voor hen zegt een figuur meer dan duizend woorden, terwijl de eerste groep door een plaatje hopeloos in logisch drijfzand wordt geleid. Onderzoek heeft laten zien dat deze twee groeperingen ongeveer in even grote mate voorkomen. Dit geeft al aan dat een spreker uiterst voorzichtig moet zijn een argument met een figuur te illustreren. Wat er bij de ene ingaat als koek, zal bij de andere volstrekt onverteerbaar blijken te zijn.

Er is zelfs een overtreffende trap van de breed spectrumbenadering: de toehoorder kan zélf de geschikte beeldspraak bedenken en zo, na een lange aanloop, op eigen kracht de laatste sprong maken. Na afloop van een lezing vertrouwde iemand mij eens toe dat hij er helemaal niets van had begrepen totdat ik ... had gezegd. Maar het vreemde was dat ik ... helemaal niet gezegd had. Sterker nog, ik had ... best willen zeggen, want het was een prachtig beeld. Deze persoon had het geschikte instrument zelf bedacht. Ik kon dit geschenk nu in mijn gereedschapsdoos opbergen om er in het vervolg eventueel anderen mee te helpen. Fysici noemen dit verschijnsel 'gestimuleerde emissie': letterlijk is dit het verschijnsel dat een atoom onder externe invloed een lichtdeeltje uitstraalt, maar hier is het de creativiteit en fantasie die iemand zelf de beslissende stap heeft doen nemen.

Dit zou mijn advies zijn om het Grote Vergeten te stoppen en onze feitenkennis te herstellen. Identificeer allereerst de universele kernbegrippen; ideeën, feiten, gebeurtenissen die het waard zijn te onthouden. Bestudeer die vervolgens goed en vanuit vele perspectieven. Neem de tijd en kom regelmatig terug, zodat deze plekken langzamerhand tot huisvrienden worden. Door steeds andere facetten te belichten versterken we de kracht van het lijmlaagje. Zo kan immers iedereen een individuele 'klik' vormen met de eigen ervaring en achtergrond. Zo'n gezamenlijke canon vormt de basis voor verdere kennisvermeerdering.

### **Dat zoeken we even op**

Goedgekozen feiten zijn slechts de eerste stap in het bouwwerk van onze kennis. Hoe zorgvuldig we de relevante onderwerpen ook weten te selecteren en vervolgens leren te onthouden, de volgende stap betreft de procedures waarmee we additionele feiten

kunnen vinden. Waar kunnen we iets opzoeken en in welke mate kunnen we op deze verworven kennis vertrouwen?

Deze twee soorten kennis, feitelijk en procedureel, spelen een opvallend verschillende rol in het publiek debat. Met de eerste soort nemen we graag anderen de maat; de tweede soort betrekken we eerder op ons zelf. Politici die niet weten wanneer Karel de Grote leefde of toeristen die voor de camera hun zonnige bestemming niet op de kaart kunnen aanwijzen, zijn voer voor columnisten. Het onderliggende argument hierbij is dat Kamerleden met een ondermaatse historische kennis niet geschikt zijn het landsbelang te dienen en dat die onnozele toeristen zo'n verre bestemming niet verdienen en maar beter thuis hadden kunnen blijven.

Onze eigen kennis leggen we liever langs een andere lat. Het is voldoende te weten waar we het antwoord kunnen vinden. Stel dat u bijvoorbeeld geconfronteerd wordt met een vraag over de werking van onze parlementaire democratie zoals: Welke meerderheid in de Tweede Kamer is nodig is voor een wijziging van de grondwet? Ook al weet u niet direct het antwoord (het is tweederde), u zult zich niet minder in staat en gerechtigd voelen om bij de volgende Kamerverkiezing uw stem uit te brengen. Mocht dit feit relevant zijn, dan zoekt u het eenvoudig op.

We denken over onze eigen feitenkennis, in contrast met die van anderen, als over gezond verstand. Enquêtes laten zien dat bijna iedereen het gevoel heeft precies genoeg gezond verstand te hebben. Minder zou dom zijn, meer een overbodige luxe.

Zo blijkt uit enig onderzoek in kleine kring, dat er onder ouders groot belang gehecht wordt aan de kennis van de hoofdsteden van Europa. Maar deze eis lijkt vooral voor het *oude* Europa te gelden. Gevraagd naar de hoofdsteden van landen uit het *nieuwe* Europa zoals Macedonië, Moldavië of Montenegro – om me maar tot de letter M te beperken – wordt toch even gefronst. Onze kinderen mogen dit dan wel op school moeten leren, deze landen zijn voor de oudere generatie toch wat te nieuw om nu onmiddellijk op geografische opfriscursus te gaan. Dat soort kennis zoeken we wel even op Wikipedia op. (Mocht u het zich afvragen: de antwoorden zijn Skopje, Chisinau en Podgorica.)

### ***Kennis from scratch***

Er is nog een andere wijze om kennis te verkrijgen dan onthouden of opzoeken. Je kunt het ook zelf bedenken.

Toen ons gezin in de Verenigde Staten woonde, maakten wij grote indruk op onze autochtone burens doordat wij in staat waren een pannenkoek *from scratch* te bakken, dat wil zeggen, met eieren, bloem en melk, zonder gebruik van een pak voorgemengde bestandsdelen. Ook in de wetenschap wordt er veel waarde gehecht aan het opbouwen van kennis *from scratch*. De belangrijkste ingrediënten zijn gezond verstand en logisch redeneren. In natuurkunde is er bijvoorbeeld een mooie categorie van zogenaamde Fermi-problemen, vernoemd naar de legendarische Italiaans-Amerikaanse fysicus Enrico Fermi. Fermi had de gewoonte zijn studenten allerlei vragen te stellen die je moeilijk kon opzoeken en zeker niet moest onthouden, maar die je gemakkelijk zelf kon afleiden. Beroemde voorbeeld van Fermi's vragen zijn het aantal pianostemmers in

Chicago, het aantal moleculen in de aardatmosfeer, of de tijd die het duurt de Mont Blanc met graafmachines en vrachtauto's af te graven. Na enige oefening geeft een berekening op de achterkant van een envelop een goede eerste benadering.

Natuurkundigen vinden het kunnen beantwoorden van dit soort vragen niet alleen nuttig omdat ze lui zijn en geen bergen informatie mee willen zeulen. Het oefent ook een vaardigheid die feitenkennis in zekere zin overstijgt. Als je weet hoe je een pannenkoek kunt bakken, ben je niet langer afhankelijk van de beschikbaarheid van voorgemengde pakken pannenkoekbeslag.

## **Donkere kennis**

De vaardigheid feiten te kunnen genereren in plaats van reproduceren, is relevant omdat we de meeste feiten nog niet kennen. Een van de essentiële functies van kennis is te weten wat je niet weet. Zo zijn sinds kort kosmologen ervan overtuigd dat slechts 4 procent van de inhoud van het heelal bekend is. Dat wil zeggen, 4 procent van de kosmos wordt gevormd door de sterren, planeten, gaswolken, deeltjes en straling die de moderne sterrenkunde in kaart heeft gebracht. De overige 96 procent bestaat uit nieuwe vormen van materie en energie, donkere materie en donkere energie genoemd, waarvan de aard en samenstelling nog volstrekt onbekend is. Ik noem dergelijke *known unknowns* graag 'donkere kennis'. Het is kennis waarvan we weten dat deze bestaat, alleen de inhoud is nog onbekend. Het percentage van 96 is dan alleszins redelijk. In vele andere vakgebieden komt het veel dichterbij de 100 procent.

Daarnaast zijn er de *unknown unknowns*, zaken waarvan we niet eens weten dat we ze niet weten. Dezelfde kosmologen waren twintig jaar geleden zich niet bewust van het bestaan van donkere materie en energie. De ontdekking van dat gebrek aan kennis was een van de grote doorbraken in de wetenschap. Als donkere kennis het gedeelte van de kamer voostelt dat nog niet verlicht is, zijn dergelijke doorbraken de ontdekking van een poortje dat naar een geheel nieuw vertrek leidt.

Joshua Foers hartstochtelijke oproep om het vergeten te stoppen en feiten weer een prominente rol te geven, is een belangrijk signaal, zeker omdat het de stem van een nieuwe generatie is. We zijn te lang slordig met onze kennis omgegaan. Het is tijd voor groot onderhoud en een frisse blik op wat het waard is onthouden en begrepen te worden.

Dit is extra belangrijk omdat we aan de vooravond van grote doorbraken staan. De echte explosie van informatie moet waarschijnlijk nog komen. Dat is een tegelijkertijd een beangstigende en een stimulerende gedachte. Juist omdat er nog zulke grote terreinen zijn van de informatieberg om te verkennen, is het essentieel dat we goed bepakkt op reis gaan, met alleen die zorgvuldig geselecteerde feiten op zak die het raamwerk van onze kennis vormen. Alleen dan kunnen we deze reis, misschien wel de spannendste uit de geschiedenis van de mensheid, voortzetten.

*Robbert Dijkgraaf is president van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen en universiteitshoogleraar mathematische fysica aan de Universiteit van Amsterdam.*