

# 1, 2, veel

Heinekenprijswinnaar Stanislas Dehaene begon

met getallen, en kwam bij taal, cognitie en

hersenen uit. **Liesbeth Koenen**

**A**LE JONGE KINDEREN houden van getallen, zegt Stanislas Dehaene (1965) met laconieke stelligheid. Hij doelt om te beginnen op baby's. Die reageren al heel levendig ("Wij interpreteren dat als verbazing") wanneer je ze voor de gek houdt, en een fout rekenometje maakt. Je laat ze bijvoorbeeld twee speeljes zien, zet er iets voor, en voegt er duidelijk zichtbaar nog twee toe. Stiekem doe je er nog vier bij. "Als kinderen dan ineens acht objecten zien liggen, is uit hun reactie duidelijk dat ze iets abnormaals zien", vat Dehaene samen. "Hun hersenen hebben al een systeem dat bijna net zo reageert op hoeveelheden, en op rekenen voorwerpen, als dat van volwassenen. Hoe meer we het babybrein bestuderen, des te meer zien we dat het georganiseerd is."

Zelf is de Franse wiskundige die hersenonderzoeker werd al zijn hele leven gek op getallen en rekenen: "Leren worteltrekken vond ik geweldig, een cadeautje." Dat dat beslist niet voor iedereen zo ligt, weet hij natuurlijk ook, maar hij wijdt dat vooral aan een gebrek aan onderwijzers als de zijne. "Jongens, morgen allemaal je fiets meenemen", zei die bijvoorbeeld op een goede dag. De ogen van Dehaene gaan glimmen achter zijn ronde brillenglazen als hij erover vertelt: "Hij zette ons aan de gang met de wielen. Draaien, meten. Van allemaal de omtrek en de doorsnede. Ik zie nog zo het bord voor me. Twee kolommen verschillende getallen. Bij de eerste fiets deelden we de omtrek door de doorsnede, en daar kwam 3,14 uit. Daarna deden we de tweede fiets, en daar kwam weer 3,14 uit, en bij de derde ook, en de vierde! Het was fantastisch, de eerste keer dat ik zoiets zag. Hij liet ons zelf pi ontdekken."

"Goed onderwijs is een kwestie van bouwen op de sterke intuïties die kinderen hebben", vindt Dehaene. Zijn onderzoek naar ons natuurlijke gevoel voor getallen en het vermogen ermee te rekenen vormt het hart van zijn werk, waarvoor hij op 2 oktober de A.H. Heinekenprijs voor Cognitie krijgt, de nieuwste van de vijf grote wetenschapsprijzen (50.000 dollar) die elke twee jaar worden toegekend door de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Zijn getalgevoel (*The Number Sense*) is overigens de titel van zijn bekendste boek) bracht hem tegen zijn verwachting ook bij taal, lezen, cultuur, bij het bewustzijn. En bij Amazone-indianen en ongeletterde immigranten.

**GRAND TOUR** Gemeenschappelijke deler: hersenen. Die aan het werk zijn is inmiddels bijna gewoon, en Dehaene heeft bij NeuroSpin, het gloednieuwe onderzoekscentrum even buiten Parijs waar hij een van de directeurs is, zijn apparatuur het moeste van het mooste tot zijn beschikking. Of anders toch bijna. Tijdens een *grand tour* door immense, veelal lege hallen en kamers voor patiënten, zult Dehaene met nauw verholken trots de enorme betonnen bunker showen waar de sterkste magneet (voor de kenners: 11,75 tesla) komt te staan die ooit voor mensen gebruikt is. Die is nodig om supergevoelige magneto-encefalogrammen te maken, weergaves van hersenactiviteit aan de hand van de magnetische miniveldjes die in ons allemaal aan de buitenkant van ons hoofd ontstaan door de elektriciteit in onze hersencellen. Dehaene

wil niet alleen bouw en werking van mensenhersenen begrijpen, maar ook wat er verandert. Want het idee dat babyhersenen met een lege lei vergeleken kunnen worden, mag dan naar zijn zeggen "duidelijk weerlegd" zijn, van het woord "angeboren" houdt Dehaene niet. Liever spreekt hij over de "sterke intuïties", of over "aanleg". Dat je die moet voeden staat wel vast ("Genen bouwen echt geen complete cognitieve systemen"), maar wat nu precies de effecten zijn van wat je erin stopt, is minder duidelijk.

**MUNDURUCU-INDIANEN** Dehaene: "Ik denk dat we ons fascineren hoezeer onze cultuur onze hersenen verandert. Vergeet niet dat we eigenlijk altijd de hersenwerking van mensen in onze eigen cultuur bestuderen, want daar staan de scanners. Vandaar ook mijn interesse in de Mandurucu-indianen uit het Amazonegebied, die geen enkele scholing hebben, en alleen woorden voor een, twee, drie, vier en vijf. Althans, zo lijkt het. Ze tellen nooit achter elkaar, zoals wij dat doen: 1, 2, 3, 4, 5. En 'vijf' is zoiets

Stanislas Dehaene **"We vinden dat 5 meer op 9 lijkt**

**dan op 1, ook al zit 5 er precies tussen in"**

als 'een handje'. Ze gebruiken dat vocabulaire niet zo exact als wij. Het zijn benaderingen. Tegen drie zeggen ze soms 'drie', maar ook wel eens 'vier', of 'twee'. Het lijkt een beetje op hoe wij met bijvoegelijke naamwoorden refereren aan verschillende kleuren, of groottes."

"Maar tegelijk hebben ze wel degelijk een geraffineerd niet-verbtaal begrip van getallen, dat erg lijkt op het onze. Je kunt ze bijvoorbeeld veertig stippen laten zien en er dan twintig bij doen. Dan weten ze dat het er meer dan vijftig zijn."

"Dat vind je ook bij baby's. Althans, ook die weten het ongeveer. Ook een kind weet nog niet die is dertig, of veertig. Dat is duidelijk een verbale vorm van kennis, maar je op de een of andere manier voor een paar weken tellen, taalsymbolen nodig hebt. Hoe goed het gaat hangt ook af van de afstand tussen de aantallen. Het is dus een benadering. Terwijl ons gevoel voor getallen veel meer lineair is. We hebben hier al drie Science-publicaties over gehad."

Snel, "op het oog" hoeveelheden inschatten, is volgens Dehaene een van onze basisvermogens. "Mijn collega Elisabeth Spelke noemt het *core knowledge*, kernkennis," zegt hij. "Die hebben we overigens op allerlei terreinen. Kinderen weten al dat voorwerpen bijvoorbeeld niet zomaar verdwijnen, en anderszund moeten worden. We hebben kernkennis op het gebied van ruimte, en navigatie – dat is zo universeel dat zelfs mieren het hebben. Dat hebben ze natuurlijk nodig. Die kernkennis, die proto-wiskunde is sterk gerelateerd aan de echte wereld. Het is essentieel om te overleven, het zit in onze hersenen. Neem het bijhouden van hoeveel stukjes er zijn van iets eetbaars. En sociale dieren moeten

weten: hoeveel zitten er in mijn groep, hoe groot is de groep vijanden? Apen hebben het, leeuwen. Dus in eerste instantie is wiskunde geworeld in de buitenwereld. Dat vergeten we nog wel eens, omdat we er zulke abstracte constructies bovenop bouwen."

Maar daaronder blijft er veel intact. En juist de Mundurucu-indianen kunnen daar een nieuw licht op werpen. Dehaene: "We gaven ze bijvoorbeeld een schaalverdeling te zien met aan de ene kant één stip en aan de andere kant tien. Dan geef je ze nieuwv aantallen, ofwel met woorden, ofwel door ze een nieuw aantal stippen te tonen, en je vraagt ze waar die horen. Stel, ik geef jou een setje van vijf stippen, dan ga je ongeveer op het midden van de schaal zitten. Maar de indianen zetten drie of vier dichterbij het midden. Ze verdelen aantallen anders over de ruimte. Voor hen is het een logaritmische schaal, die dus een relatieve verandering weergeeft. En je kunt dat inderdaad wel een beetje voelen. Want vraag je ons meer op of op 9 lijkt, dan zeggen we allemaal 'op 9', ook al zit 5 precies in het midden. Wij hebben verschillende lagen wiskunde en berekeningen tot onze beschikking, maar ook nog steeds die intuïties. Daar verlaten we ons nog altijd op."

"Wat wij met ons onderzoek laten zien, is dat we vooral bij hele snelle berekeningen, die niet bewust gaan, vertrouwen op die diepere intuïties. Een recent voorbeeld, nog niet eens gepubli-

veel meer onbewuste processen te zijn dan we dachten. Niet alleen visueel, maar ook de interpretatie van de betekenis, de categorisatie. We zien zelfs een respons van de motorcortex, dus van het bewegingsapparaat. Met onze technieken hebben we de weg die een prikkel aflegt gevolgd. De informatie die het netvlies bereikt is steeds hetzelfde, maar wanneer komt het afkoppelpunt, en waar gaat het heen?"

**SLAAPKWAB** Voorlopige conclusie: toegang tot het bewustzijn ontstaat 217 milliseconden nadat de informatie is binnengekomen. Voor een hersenproces is dat een lange tijd. "In die tijd hebben het visuele brein en ook de slaapkwab al een hoop werk gedaan", legt Dehaene uit. "Misschien is zelfs de betekenis al ontcijferd." Maar of je ook toegang krijgt tot die betekenis, dat hangt af van de sterkte van de prikkel, en van de vraag of we al dan niet afgeleid zijn. We liken zoiets te hebben als een 'bewustzijnsruimte'. Het berust op zeer geavanceerde verwerkingen in de prefrontale cortex – het voorste deel van de voorhoofdskwabben – en in een groot netwerk van enorm lange uitlopers van hersencellen. De kennis hierover kan heel directe gevolgen hebben voor mensen onder narcose brengen, en het beoordelen of kleine kinderen pijn voelen of niet.

Dehaene: "Collega's in Cambridge hebben bijvoorbeeld mensen onder steeds diepere narcose gebracht terwijl ze naar spraak luisterden. Die zinnen laten de triilhaarjes in het slakkenhuis trillen, maar hoever komt het signaal? Wanneer ben je je niet meer bewust van de inhoud? Wel, je slaapkwab blijkt ook onder narcose actief. Daar wordt taal verwerkt. Maar de activiteit van de voorhoofdskwab loopt naar nul. Als we die gegevens zouden kunnen gebruiken voor een simpele test die hersenactiviteit laat zien... Er zijn bijvoorbeeld ook gevallen van mensen die 'locked-in' zijn, opgesloten in hun hoofd. Die worden vaak verkeerd gediagnosticeerd."

Dehaene heeft allerlei samenwerkingsverbanden lopen. "De bedoeling, ook hier bij NeuroSpin, is om de overgang te maken tussen al en le niveau. Dus van de psychologische verschijnselen naar hersenbouw, naar cellen en moleculen en uiteindelijk genen." Dat is vaak nog het volstrekt willekeurige reeks te luisteren, dan moeten er objectief gezien te veel lagen getal- en in. De reden is dat we geneigd zijn het te zien als een logaritmische ruimte, of een in elkaar gedrukte lijn. Daar krijgen de kleine getallen meer aandacht. We gaan terug naar dat oudere systeem waarbij kleine getallen overgepresenteerd zijn in ons hoofd."

**RICHTPRIJS** "Nog een heel bekend voorbeeld is de prijs van dingen. Voor alles wat je kunt kopen, heb je een vaste richtprijs in gedachte en een bepaalde variatie daaromheen. Wat we hebben laten zien, is dat we die variabiliteit als proportioneel ten opzichte van het getal zien – in dit geval de prijs. Dat is volkomen irrationeel, want het mag dat je op een dag bereid bent om het toch zo 0.000 euro meer voor een huis te betalen, terwijl je 's middags in de supermarkt een pak koekjes van twee euro laat staan omdat je ze te duur vindt."

Met andere woorden: we zijn van nature *penny wise and pound foolish*? Dehaene blijkt die Engelse uitdrukking voor verkeerde zuinigheid niet te kennen, en is er meteen opgetogen over.

Het snelle, onbewuste rekenen en schatten bracht hem op een onderwerp waar hij eigenlijk nooit aan wilde beginnen: het bewustzijn. "Ik begon experimenten te doen met het flashen van getallen. Te kort om te ze te zien. Er bleken



FOTO: LOUÏSE WILKINSON

## STANISLAS DEHAENE

1965 geboren in Roubaix (Frankrijk)  
1989 promotie in de cognitiewetenschappen, na toegepaste wiskunde en informatica te hebben gestudeerd  
2005 benoemd tot (het jongste lid van) de Franse academie van wetenschappen en van het Collège de France.  
Dehaene is hoogleraar cognitieve psychologie aan het Collège de France en directeur van de cognitieve neuro-imaging unit van INSERM, het Franse instituut voor gezondheids- en geneeskundig onderzoek.

letters met elkaar in verbond brengen, en dat hebben we ook net gevonden voor het handgeschreven tegenover gedrukte tekst. Dat moet je niet onderschatten, het zijn heel abstracte normalisaties. Collega's hebben laten zien dat er verband is met de lesscore. Hoe beter ontkeeld het vermoeden alle typen letters te herkennen, des te beter iemand überhaupt leest."

**UITGEWAALD** Dehaene spreekt over het 'recyclen' van een hersengebied. "Dat is een stokpaarde van me", zegt hij. Een aangeboren leeskwalbe kunnen we niet hebben: lezen is cultuur, dus gebruiken we iets dat er al was. Om te zien in hoeverre scholing onze hersenen verandert, doet hij experimenten met ongeletterde immigranten en mensen die pas als volwassene hebben leren lezen. "Er is veel overeenkomst", zegt Dehaene.

Van wiskunde is zijn terrein uitgewaaid naar alle kanten. En Dehaene is nog lang niet klaar. Hij onderzoekt of we, anders dan computers, twee dingen tegelijk kunnen verwerken (daar ziet het wel naar uit). Hij kijkt naar het verband tussen rekenen, taal, muziek, beweging. Die hebben één ding gemeen: recursie. Dat wil zeggen: terugkijken op basis van berekeningen die je loslaat op de uitkomst van andere berekeningen, die weer de uitkomst vormen van... en zo eindeloos verder. Het Drostebijbel-effect is een bekende omschrijving. Zo bouwen we van klanken lettergrepen, die we gebruiken om woorden te maken, die op hun beurt gecombineerd worden tot zinsdelen, waarvan we dan langs normaal dezelfde principes zinnen maken. Recursie is volgens Dehaene vele malen moeilijker te onderzoeken is dan het bewustzijn. Zeer enthousiast: "Dit is nog niet gepubliceerd, maar we hebben een gebiedje voor in de slaapkwab gevonden waar het echt gaat om de structuur van zinsdelen."

Op zijn bureau ligt een sterk verkleidde, blauw model van zijn hersenen. En ja, hij heeft een kronkel die anders is dan bij anderen. "Maar dat hoeft niks te betekenen", lacht hij. ●

Stanislas Dehaene komt eind van de maand naar Nederland om op 2 oktober zijn Heinekenprijs in ontvangst te nemen. Hij geeft drie lezingen: - 30 september om 15.30 in de aula van de Radboud Universiteit Nijmegen (de Heineken Lecture) - 1 oktober om 14.00 uur in Groningen (locatie nog niet bekend) - 2 oktober om 12 uur bij het Nederlands Instituut voor Neurowetenschappen (NNK-NSAW) in Amsterdam 20 september 2015  
Dehaene's populair wetenschappelijke boek *The Number Sense* verschenen in 1997 bij Oxford University Press. ISBN 0195132408 (paperback). Meer informatie: [www.knaw.nl/heinekenprijs](http://www.knaw.nl/heinekenprijs).