

door Liesbeth Koenen

Prof. dr. Stanislas Dehaene, winnaar van de Dr. A.H. Heinekenprijs voor Cognitiewetenschap 2008

# ‘Alle jonge kinderen houden van getallen’

**Hij begon als wiskundige, maar rekenen bracht de Franse hersenonderzoeker Stanislas Dehaene op een stortvloed aan andere hogere functies in onze hersenen: taal, lezen, cultuur, het bewustzijn. In het nieuwe, even buiten Parijs gelegen onderzoekscentrum NeuroSpin gaat het over Amazone-Indianen, ongeletterde immigranten en baby'tjes.**

‘Jongens, morgen allemaal je fiets meenemen,’ zei de onderwijzer op een dag tegen zijn klas. Nog steeds glimmen de ogen van Stanislas Dehaene (1965) 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 zó 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 geweldig, de eerste keer dat ik zoiets zag. Hij liet ons zelf pi ontdekken.’

## De gedachte dat babyhersenen een lege lei zijn is weerlegd

Rekenen en getallen zijn altijd een feest geweest voor Dehaene, die tegenwoordig dan wel hersenonderzoeker is, maar begon als wiskundige. ‘Leren worteltrekken vond ik een cadeautje,’ straalt hij. Dat dat beslist niet voor iedereen zo ligt, weet hij natuurlijk ook, maar hij wijt het vooral aan een gebrek aan onderwijzers als de zijne. Of meer in het algemeen: ‘Goed onderwijs is een kwestie van bouwen op de sterke intuïties die kinderen hebben.’ Want gevoel voor getallen en het vermogen ermee te rekenen hebben we allemaal, en dat kan Dehaene bewijzen ook.

‘Alle jonge kinderen houden van getallen,’ stelt hij. ‘Baby’s van een paar maanden zijn totaal gefascineerd door aantallen.’ Het zijn inmiddels bekende experimenten: je legt bijvoorbeeld twee speeltjes neer, zet er dan iets

voor, legt er nog eens twee bij, maar buiten het zicht van het kind voeg je nog vier andere dingen toe. ‘Als kinderen dan ineens acht objecten zien liggen, reageren ze heel levendig,’ zegt Dehaene. ‘Wij interpreteren dat als verbaazing, maar in elk geval is duidelijk dat ze iets abnormaals zien.’

## geen enkele scholing

‘Ik heb samen met mijn vrouw gewerkt met baby’s van twee, drie maanden, en hun hersenen blijken al een systeem te hebben dat bijna net zo reageert als dat van volwassenen op hoeveelheden, en op sets voorwerpen. Hoe meer we het babybrein bestuderen, des te meer zien we dat het georganiseerd is. De gedachte dat babyhersenen zo plastisch zijn, een lege lei, is duidelijk weerlegd.’

Toch houdt Dehaene niet van het woord ‘aangeboren’. Liever spreekt hij van ‘aanleg’ of ‘neiging’. 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. Dehaene: ‘Ik denk dat we onderschatten 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 Mundurucu-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 zoals wij dat doen, en vijf is zoiets als ‘een handje’. Ze gebruiken dat vocabulair niet zo precies als

wij. Het zijn eerder benaderingen. Tegen drie zeggen ze soms 'drie', maar ook wel eens 'vier', of 'twee.'

Het was de taalkundige Pierre Picard die hem daarop wees. Picard had Dehaenes bekendste boek gelezen, het

## Wiskunde is geworteld in de buitenwereld

enthousiast ontvangen *The Number Sense*, ('het Rekenzintuig' of 'het Getalgevoel' zouden vertalingen kunnen zijn), uit 1997. Daarin ging het om dat telvermogen van kleine kinderen, maar onder meer ook over schattingen.

Want dat is ook een van die dingen waar we 'sterke intuïties' over hebben, vond Dehaene.

'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 ondersteund 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 stuks er zijn van iets eetbaars. En sociale dieren moeten weten:



Stanislas Dehaene  
foto Jussi Puikkonen

hoeveel zitten er in mijn groep, hoe groot is de groep vijanden? Apen hebben het, leeuwen. Dus in eerste instantie is wiskunde geworteld in de buitenwereld.'

'Ook het schatten van hoeveelheden is een vorm van kernkennis. De Mundurucu-indianen hebben wel degelijk een geraffineerd niet-verbaal 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 al. Het hangt af van de afstand tussen de aantallen. Het is een benadering. Terwijl ons gevoel voor getallen veel meer lineair is. We hebben hier al drie *Science*-publicaties over gehad.'

### lagen wiskunde

'We gaven de indianen bijvoorbeeld een schaalverdeling te zien met aan de ene kant één stip en aan de andere kant tien. Dan geef je ze nieuwe aantallen, ofwel met voor-

## Toegang tot het bewustzijn ontstaat na 217 milliseconden

den, 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 het de schaal zitten. Maar de indianen zetten drie of vier dicht bij 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 navoelen. Want vraag je ons of 5 meer op 1 of op 9 lijkt, dan zeggen we allemaal 'op 9', ook al zit 5 precies in het midden. Wij hebben verschillende lagen

Stanislas Dehaene studeerde toegepaste wiskunde en informatica in Parijs en promoveerde in 1989 in de cognitiewetenschappen. Hij is sinds 2005 (het jongste) lid van zowel de Franse Academie van Wetenschappen als van het prestigieuze Collège de France, waar hij de leerstoel experimentele cognitieve psychologie bekleedt. Tevens is Dehaene directeur van de Cognitieve Neuro-imaging unit van het Franse instituut voor gezondheids- en geneeskundig onderzoek (INSERM). Hij ontving eerder de Louis D. Prize van het Institut de France en de gouden medaille van de Association Arts-Sciences-Lettres.

wiskunde en berekeningen tot onze beschikking, maar ook nog steeds die intuïties. Daar verlaten we ons nog altijd op.'

'En 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 heel recent voorbeeld, nog niet eens gepubliceerd gaat zo: je laat mensen luisteren naar getallen tussen de 0 en de 750. Laat ze er tien horen, en vraag dan of er meer grote of kleine tussen zaten. Je moet het tegen elkaar afwegen dus. Het blijkt dat we meer hoge getallen horen dan het geval is. Willen we het gevoel hebben naar een volstrekt willekeurige reeks te luisteren, dan moeten er objectief gezien te veel lage getallen 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 overgerepresenteerd zijn in ons hoofd.'

'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 aan die variabiliteit denken als proportioneel ten opzichte van het getal – in dit geval de prijs. Dat is volkomen irrationeel, want het maakt dat je op een dag bereid bent toch 20.000 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*, zoals de Engelsen het noemen? Dehaene blijkt de uitdrukking niet te kennen, maar is er meteen opgetogen over.

### narcose

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 ze te zien. Er bleken veel meer onbewuste processen te zijn dan we dachten. Met onze technieken hebben we de weg die een prikkel aflegt gevolgd. Wanneer komt het aftakpunt, en waar gaat het heen?' Voorlopige conclusies: toegang tot het bewustzijn ontstaat 217 milliseconden nadat de informatie is binnengekomen. Of dat gebeurt hangt af van de sterkte van de prikkel, en of we al dan niet afgeleid zijn. We lijken zo iets te hebben als een 'bewustzijnsruimte'. Het hangt

af van zeer geavanceerde verwerkingen in de prefrontale cortex, én van een netwerk van enorm lange uitlopers van hersencellen. Die kennis kan heel directe gevolgen hebben voor mensen onder narcose brengen, en het beoordelen of kleine kinderen pijn voelen of niet.

Dehaene gaat verder: 'Waar ik echt warm voor loop is dat we nu in het brein kunnen kijken. Dat is waarom we in dit gebouw zijn.' Hij popelt bijna om NeuroSpin

## We zijn van nature

*penny wise and pound foolish*

te laten zien. Nog niet alles is in bedrijf. De immense hallen, de kamers voor patiënten, zelfs de muren zijn goeddeels leeg. Met onverholen trots showt Dehaene de enorme betonnen bunker waar de grootste magneet (voor de kenners: 11,75 tesla) zal komen die er ooit voor mensen gebruikt is. Hij zal er supergevoelige MagnetoEncephalogrammen mee kunnen maken: weergaves van hersenactiviteit aan de hand van de magnetische miniveldjes die bij ons allemaal ontstaan aan de buitenkant van ons hoofd door de elektriciteit in onze hersencellen, waarvan we er waarschijnlijk minstens honderd miljard hebben.

## apenhersenen

'Nee,' lacht Dehaene, 'we kunnen nog niet op dat neuronale niveau kijken. Met fMRI kunnen we nu ongeveer één millimeter in beeld brengen, nog altijd honderdduizenden neuronen. Maar de bedoeling is om overbruggingen te maken tussen alle niveaus.' Dat is vaak nog het zwakke punt van al het hersenonderzoek: het bestaat uit losse onderzoeksvelden. Maar Dehaene is zeer gelukkig met de ontwikkelingen van de laatste tijd. 'Het komt nu allemaal bij elkaar,' zegt hij.

Zo kunnen apen ons nu inzicht geven in ons eigen rekenvermogen. Zij en wij hebben 'getalneuronen'. Door wat er bekend was uit operaties op epilepsiepatiënten (om geen vitale delen weg te snijden test men altijd rechtstreeks de omliggende hersenfuncties) kunnen inmiddels ook bij apen heel gerichte zogeheten 'single-cell'-opnamen gemaakt worden.

Dehaene: 'Er zijn bijvoorbeeld cellen die alleen op het aantal 'drie' reageren, en andere op 'zes'. En je kunt zo zelfs met decodeertechnieken voorspellen dat een aap het verkeerde antwoord gaat geven. Niet heel exact, maar wel boven kansniveau.'

Dehaene localiseerde ook het gebied in de linkerhersenhelft waar we mee lezen. Opmerkelijk genoeg is dat voor iedereen hetzelfde, of ze nu Chinese karakters of ons alfabet zien. Dehaene spreekt over het 'recyclen' van een hersengebied. 'Dat is een stokpaardje van me,' zegt hij. Een aangeboren leeskwabje 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.

Van wiskunde is zijn terrein uitgewaaierd 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, bewegen. Op zijn bureau ligt een sterk verkleind, blauw model van zijn hersenen. En ja, hij heeft een kronkel die anders is dan bij anderen.