





DENKEN OVER DENKEN WETEN OVER WETEN

Wetenschappers hebben een geleerde term bedacht voor 'denken over denken', namelijk 'metacognitie'. Dat verscheidene hersengebieden elkaar voortdurend informatie doorspelen wist u natuurlijk al, maar dat is niet alles: onderzoekers komen in ons brein ook steeds meer processen op het spoor die zich voornamelijk bezighouden met het opvolgen van de inhoud en/of prestaties van andere processen.

Door Tim Vernimmen

Kranten en wetenschappelijke bladen hebben het er de afgelopen jaren stevig in gehamerd: hoezeer we ook denken dat we alles onder controle hebben, de processen in onze hersenen die onze ideeën, emoties en impulsen vormgeven, spelen zich grotendeels achter de schermen af. Die zienswijze hebben we grotendeels aan onszelf te danken, althans aan diegenen onder ons die door wetenschappers aan de tand gevoeld werden over wat er allemaal omgaat in hun hoofd. Wat proefpersonen aan onderzoekers toevertrouwen over hun eigen gedachtegang, zo blijkt uit allerlei uitgekookte experimenten, is namelijk vaak van de pot gerukt.

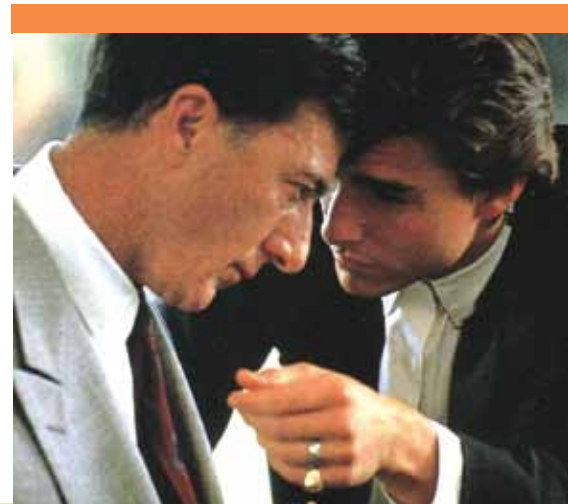
Patroonheiligen van de wantrouwige nieuwe hersenwetenschap zijn de Amerikaanse psychologen Richard Nisbett en Timothy Wilson, die eind jaren zeventig in een artikel voor het vakblad *Psychological Review* een uitgebreide bloemlezing presenterden van de onzin die ze aan

argeloze proefpersonen hadden ontlokt. Een van hun sterkste wapenfeiten was een studie waarin ze onder het mom van een marktonderzoek voorbijgangers vroegen om uit vier paar volstrekt identieke nylonkousen de beste te kiezen en die keuze ook te motiveren. De ondervraagden vertoonden daarbij een duidelijke voorkeur voor de sokken die rechts lagen uitgestald en die ze het laatst in handen hadden gekregen – een inmiddels uitgebreid gedocumenteerd fenomeen dat mogelijk het gevolg is van het feit dat we bij het begin van een selectieproces kritischer zijn. Niettemin hadden de dames en heren allen een pracht van een verklaring voor hun keuze – en de positie van de sokken was daar nooit bij.

TYPISCH TYPISTEN

Mensen hebben weliswaar altijd een uitleg als je hen vraagt waarom ze een bepaalde beslissing hebben genomen, concluderen wetenschappers met een brede grijns, maar vaak verzinnen ze maar wat. Psychologische

studies gebaseerd op uitgebreide introspectieve interviews leren ons dus in het beste geval iets over de subjectieve ervaring van onze praatgasten, maar weinig of niets over wat hen écht drijft – dat weten ze vaak zelf niet. Met alle respect, horen we u denken, maar dat het er onder de radar van ons bewustzijn levendig aan toe gaat, dat weten we



Metacognitie voor dummmies

Terwijl Axel Cleeremans en zijn collega's volop aan nog slimmere modellen sleutelen, buigt Bert Timmermans zich momenteel in het Universiteitshospitaal van Keulen over een geheel andere vorm van leren, bij échte mensen nog wel: hij haalde namelijk onlangs een prestigieuze Marie Curie Fellowship binnen voor een project rond sociaal leren bij autisten. Wegens het ontbreken van spontane sociale vaardigheden steunen laatstgenoemden vermoedelijk meer op metacognitie om sociale interacties tot een goed einde te brengen.

'Dat is geen sinecure, want we weten allemaal uit ervaring dat we op momenten waarop we ons plotseling heel bewust worden van een sociale interactie, gewoonlijk grandioos de mist ingaan', aldus Timmermans. 'Het is daarom erg interessant om te zien hoe mensen die over al die dingen diep moeten nadenken zich handhaven.' Het onderzoek zou ook meer licht kunnen werpen op het verband tussen sociale cognitie en metacognitie. Nogal wat wetenschappers, zoals Timmermans' Duitse collega Leonhard Schilbach, zijn namelijk de idee genegen dat we, in tegenstelling tot wat traditioneel verondersteld werd, mogelijk eerst leren om in te schatten wat er in het hoofd van anderen omgaat. Pas later zouden we het verworven inzicht ook op onszelf toepassen.

ZELFKENNIS?

Ook Chris Frith, behalve schizofrenie-expert ook een autoriteit op het vlak van sociale cognitie, ziet daar wel wat in. 'Voorspellen wat anderen van plan zijn en hoe je van hen iets gedaan kan krijgen is eigenlijk veel belangrijker dan doorzien wat er in je eigen hoofd omgaat', meent hij. 'En veel onderzoek toont ook aan dat we veel beter zijn in het verklaren van het gedrag van anderen die we redelijk goed kennen dan in het uitleggen van onze eigen exploten. Als je aan mij vraagt:

'Waarom doe je zo vervelend?', dan zal ik daarvoor verontwaardigd allerlei zwaarwichtige redenen aandragen. Vraag je hetzelfde aan mijn vrouw, dan zal ze zeggen: 'Ach ja, hij heeft niet goed geslapen vannacht, en hij heeft een moeilijke week achter de rug.'"

Metacognitie heeft dan ook in de eerste plaats een sociale functie, denkt Frith. 'Enig inzicht in de eigen psyche komt uitstekend van pas bij het communiceren met anderen. Dat we onszelf daarbij over het algemeen iets te veel krediet geven, is niet per se een nadeel. Stel je voor dat het stemmetje in je hoofd altijd volstrekt rechtlijnig zou oordelen over wat je allemaal uitspookt. Prettig zou dat niet zijn.'

Om dat idee kracht bij te zetten, onderzocht Frith onlangs onder welke omstandigheden duo's die metacognitieve informatie delen over de mate waarin ze zeker zijn over wat ze zojuist gezien hebben, beter presteren dan elk afzonderlijk. Hij manipuleerde daartoe de kwaliteit van de beelden die beide deelnemers voorgeschoteld kregen, zodat de ene deelnemer een beter zicht had op de situatie. Uit het onderzoek bleek dat duo's die beelden van vergelijkbare kwaliteit te zien kregen, het steevast beter deden dan de deelnemer met het beste beeld in zijn eentje, zelfs als ze nooit te weten kwamen wanneer ze het goed of fout hadden.

Verschilden de beelden echter te sterk van kwaliteit, dan werd het moeilijk. 'Mensen zijn dan te beleefd en kennen te veel gewicht toe aan de observatie of mening van iemand die eigenlijk niet goed weet waarover hij het heeft', meent Frith. 'Hoe we die kennis concreet kunnen toepassen in het bedrijfsleven zou ik niet meteen durven te zeggen, maar alle onderzoek ernaar wijst uit dat het belangrijk is dat mensen zich onafhankelijk van elkaar een oordeel kunnen vormen.

onderhand wel. Niettemin kunnen we ons met zijn allen niet van de indruk ontdoen dat we in veel gevallen wel degelijk inzicht hebben in en zelfs vat hebben op wat er zich in ons hoofd afspeelt.

Wie *Psyche&Brein* leest, is vaak bewust bezig met wat er zich tussen zijn of haar oren afspeelt, oefent daar ook een zekere

Daar gaan we weer: niet alleen slagen onze hersenen er blijkbaar niet in de woorden in ons hoofd via de vingers in foutloze tekst om te zetten, ze hebben vervolgens ook geen flauw idee welke missers ze werkelijk aan zichzelf te danken hebben en welke niet. Klopt helaas, maar gelukkig was het niet zo erg als het lijkt: hoewel

wel een S was - een taak die gemiddeld één op de vijf keer fout gaat - geven een idee van de hersenactiviteit die daarbij komt kijken. Zo'n 100 milliseconden na een verkeerd antwoord zagen wetenschappers een negatieve piek in de elektrische activiteit van de hersenen, die 'error-related negativity' gedoopt werd. Door de EEG-opnames (die weinig informatie geven over de locatie van de activiteit) te koppelen aan een fMRI-scan, kon men vervolgens aantonen dat die piek vermoedelijk

invloed op uit en realiseert zich vast dat het ontbreken van zo'n vaardigheid onhandig zou zijn. Het zal u dan ook plezier doen te vernemen dat wetenschappers dat ook niet ontkennen: ze hebben zelfs een geleerde term bedacht voor dat 'denken over denken', namelijk 'metacognitie'. Het Griekse voorzetsel 'meta' betekent onder meer 'zelf' - we denken over het denken zelf, net zoals de vorige paragraaf verwijst naar de tekst zelf, of meer bepaald het lezen van de tekst, wat literatuurwetenschappers likkebaardend een 'metareferentie' zouden noemen.

ONBEWUSTE CONTROLE

Dat verscheidene hersenregio's elkaar voortdurend informatie doorspelen wist u natuurlijk al, maar dat is niet alles: onderzoekers komen in ons brein ook steeds meer processen op het spoor die zich voornamelijk bezighouden met het opvolgen van de inhoud en/of prestaties van andere processen. Opgepast echter voor u triomfantelijk 'Zie je wel!' roept, want er is ook minder goed nieuws: van heel wat van die processen zijn we ons nauwelijks of niet bewust.

De studie waarmee de Amerikaanse psychologen Gordon Logan en Matthew Crump in 2010 het topvakblad *Science* haalden, is daarvan een mooi voorbeeld. De wetenschappers schotelden geoefende typisten een eenvoudige computertaak voor, waarbij ze een woord dat op het scherm verscheen zo snel mogelijk op het klavier moesten intikken. De letters gelinkt aan de toetsen die hun vingers beroerden, belandden onmiddellijk op het scherm, maar werden door de onderzoekers gemanipuleerd: het computerprogramma verbeterde zo nu en dan fouten nog voor ze in beeld kwamen en voegde elders zelf nieuwe fouten toe. Wanneer de proefpersonen vervolgens gevraagd werd naar de fouten die ze gemaakt hadden, hadden ze helemaal niets in de gaten: ze maakten geen melding van fouten die het scherm niet haalden en namen zonder tegenpruttelen de verantwoordelijkheid op zich voor de fouten die de wetenschappers hadden toegevoegd.

Door het ontbreken van spontane sociale vaardigheden steunen autisten meer op metacognitie om sociale interacties tot een goed einde te brengen

de typisten zich kennelijk van geen kwaad bewust waren, hadden hun hersenen wel degelijk opgemerkt wanneer het mis ging. Onafhankelijk van wat er op het scherm verscheen, bleken ze namelijk na elke fout even te vertragen. Dat leverde in het kader van dit bedrieglijke experiment niet veel op, maar onder normale omstandigheden had het hen mogelijk in staat gesteld om zich van hun vergissing te vergewissen en de fout te verbeteren, of alleszins om nieuwe fouten te vermijden.

Flink zo, maar dat doet dan weer een nieuwe vraag rijzen: als de hersenen meteen na het maken van een fout weten dat het een fout was, waarom hebben ze het dan niet van de eerste keer goed gedaan? Dat is geen eenvoudige kwestie, want het aflezen en intikken van woorden verloopt in verschillende stappen, die elk afzonderlijk kunnen mislopen. De studie van eenvoudigere taken, zoals het detecteren of onderscheiden van visuele stimuli, biedt echter inspiratie. De Britse experimenteel psycholoog Patrick Rabbitt van de Universiteit van Oxford ontdekte eind jaren zeventig al dat proefpersonen die de langste van twee lijnen moesten aanwijzen, hun mening soms herzag nog voor ze het juiste antwoord te horen hadden gekregen. Werden de lijnen echter slechts heel kort getoond, dan bleven ze bij hun eerste oordeel. Rabbitt suggereerde dat dat kwam doordat de deelnemers ook na de onder tijdsdruk genomen beslissing nog informatie verwerkten, die hen mogelijk aan hun beslissing deed twijfelen.

Elektro-encefalografische of EEG-opnames bij proefpersonen die aan een ijtempo moesten beoordelen of de middelste letter in een rij H's en S'en een H dan

zijn oorsprong vindt vooraan in de voorste omgordende hersenschors (de cortex cingularis anterior). Het verschijnen van de piek bleek onafhankelijk van het feit of proefpersonen wel of niet beseften dat ze een fout gemaakt hadden. Bij proefpersonen die zich ervan bewust waren dat ze het niet goed gedaan hadden, dook er echter zo'n 100 à 300 milliseconden later een positieve piek op, die zich vermoedelijk ergens in de pariëtale cortex situeert. Hoe groter die piek, zo blijkt uit recent onderzoek, hoe groter de kans dat proefpersonen nadien verklaarden dat hun antwoord vermoedelijk verkeerd was.

WETEN WAT WE WETEN

Blijkbaar is het dus geen kwestie van wel of niet waarnemen, maar onthouden onze hersenen ook of we iets wel of niet goed gezien of gehoord hebben. Vaststellen hoe ze dat precies doen is echter geen sinecure, want proefpersonen die het er slecht van afbrengen zijn over het algemeen nadien ook minder zeker van hun antwoord - en het is onder dergelijke omstandigheden niet duidelijk of de waargenomen hersenactiviteit correspondeert met de beroerde prestatie zelf, dan wel met de onzekerheid eromtrent. De Britse hersenwetenschappers Stephen Fleming en Raymond Dolan van het Wellcome Trust Centre for Neuroimaging losten dat op door de moeilijkheidsgraad van hun visuele taak stelselmatig aan te passen aan de prestaties van de proefpersonen, zodat hun score constant bleef, en vergeleken vervolgens de hersenen van deelnemers die erg goed waren in het inschatten van hun eigen prestaties met die van deelnemers die daar moeite mee hadden.

Het resultaat was opmerkelijk: bij proefpersonen die goed aanvoelden hoe ze het ervan afbrachten, vonden de onderzoekers meer zenuwcellen (grijze stof) rechts vooraan in de prefrontale cortex en meer zenuwbanen (witte stof) in een deel van de hersenbalk (corpus callosum) dat met die regio in verbinding staat. Om uit te zoeken of er ook een oorzakelijk verband was, verstoorden enkele andere wetenschappers de werking van de betreffende regio van de prefrontale cortex door middel van transcraniële magnetische stimulatie (TMS). En inderdaad: de prestaties van de proefpersonen bleven constant, maar hun inschatting van hoe ze gepresteerd hadden ging erop achteruit. Dat het bewust beoordelen van onze eigen handelingen zich waarschijnlijk daar ergens zou ophouden is niet echt een verrassing: het voorste ('rostrale') uiteinde van de prefrontale cortex ontvangt zenuwbanen van de meeste andere prefrontale regio's en de gordelwinding en staat daarmee zowat aan de top van de hersenhiërarchie.

WAT WE ZELF DOEN, DOEN WE BETER

De prefrontale cortex blijkt ook nauw betrokken bij een ander aspect van metacognitie, namelijk weten wat we weten, door wetenschappers omschreven als metageheugen. Dat fenomeen manifesteert zich het duidelijkst wanneer we het gevoel hebben dat een naam of een term op het puntje van onze tong ligt: we zijn ervan overtuigd dat we het weten, we kunnen er alleen even niet opkomen. Een frustrerende ervaring die niettemin nuttig is, denken wetenschappers. Ze zet ons namelijk aan om verder na te denken, of om het feit in kwestie opnieuw te gaan opzoeken – in die zin mogen we vrezen dat het fenomeen in dit Google-tijdperk alleen maar algemener zal worden.

Amerikaanse wetenschappers demonstreerden enkele jaren geleden een verhoogde activiteit in het ventromediale deel van de prefrontale cortex (onderaan in het midden) bij mensen die correct inschatten of ze iets wisten of niet. Die activiteit bleek bovendien grondig verstoord bij patiënten met het syndroom van Korsakov, gewoonlijk veroorzaakt door buitensporig alcoholgebruik. Zij kampen niet alleen met ernstige geheugenstoornissen maar zijn zich, vergeleken met andere patiënten met geheugenverlies, nauwelijks bewust van hun hapende geheugen. De gaten in hun geheugen vullen ze zonder het te beseffen op met allerlei verzinsels.

'Een dergelijk gebrek aan metacognitief inzicht is geen goed nieuws, want het maakt de symptomen van een neuropsychiatrische aandoening gewoonlijk erger', knikt de be-

kende Britse psycholoog en neurowetenschapper Chris Frith, professor emeritus in het Wellcome Trust Centre for Neuroimaging. 'Wie beseft wat er aan de hand is, slaagt er gemiddeld beter in om met zijn ziekte om te gaan. Alleen de gemoedsstemming gaat er vaak op achteruit wanneer mensen begrijpen dat er iets aan de hand is. Zo zien we dat het zelfmoordcijfer bij schizofreniepatiënten omhoog gaat tijdens de herstelperiode, omdat ze zich opeens bewust worden van hun toestand.' Frith was één van de eersten die beeldvormingstechnieken gebruikten om hogere cognitieve functies te onderzoeken en zorgde zo voor een aantal belangrijke doorbraken in het schizofrenie-onderzoek. 'De metacognitie bij schizofreniepatiënten laat het ook op andere vlakken afweten', vertelt hij. 'Vooral beoordelen of wat er om hen heen gebeurt het gevolg is van hun eigen handelen lukt hen niet.'

Dat bleek overduidelijk uit een recent Amerikaans onderzoek waarbij proefpersonen een eenvoudig computerspelletje

De meeste mensen houden daarnaast ook rekening met de timing van gebeurtenissen in hun omgeving. Voltrekken die zich gelijktijdig met of vlak na een actie, dan zijn ze geneigd om te denken dat ze zelf verantwoordelijk zijn. 'Dat heeft ook zo zijn gevolgen voor de manier waarop we onze omgeving waarnemen. Onze hersenen voorspellen namelijk de gevolgen van onze daden, en waarnemingen die met die voorspellingen overeenstemmen worden afgezwakt. Alleen wanneer er iets mis gaat of wanneer er iets gebeurt dat we niet zelf op ons geweten hebben, worden we ons echt bewust van wat er aan de hand is. Dat zorgt er onder meer voor dat we onszelf niet kunnen kietelen. Schizofreniepatiënten bij wie het besef van controle over de eigen acties ernstig verstoord is, kunnen dat wel.' Die storing verklaart tevens waarom ze zich vaak inbeelden dat hun handelingen worden gecontroleerd door externe krachten, en waarom het soms lijkt alsof ze een meervoudige per-

Visuele informatie oefent nog wel enige invloed uit op de beslissingen van mensen met blindzicht, maar wordt niet meer bewust ervaren

kregen. Daarin moesten ze proberen met de cursor alle X'en op het scherm aan te raken en alle O's te omzeilen. In bepaalde levels manipuleerden de wetenschappers de respons van de cursor op de muisbewegingen: soms reageerde die simpelweg met vertraging, soms werden er ook onverwachte bewegingen geïntroduceerd. Schizofreniepatiënten brachten het er vrij goed vanaf: ze pasten hun bewegingen aan de manipulaties aan en konden hun score vrij accuraat inschatten. Maar ze hadden, in tegenstelling tot de niet-schizofrene controlegroep, totaal niet in de gaten dat de cursor niet altijd deed wat ze wilden. 'Dat is opmerkelijk', aldus Frith, 'want onbewust hielden ze daar dus wel rekening mee. Maar de enige informatie die ze bewust gebruikten om te beoordelen of ze al dan niet verantwoordelijk waren voor het resultaat, was of ze een acceptabele score hadden gehaald. (lacht) Dat is overigens een overweging die bij gezonde proefpersonen meestal ook meespeelt.'

soonlijkheid hebben – vaak beseffen ze niet dat de stemmen in hun hoofd hun eigen gedachten zijn.

ZIENDE BLIND

Een zo mogelijk nog sterker voorbeeld van een falende metacognitie is blindzicht. Dat fenomeen doet zich voor bij patiënten die na een beschadiging in de visuele cortex blind zijn geworden, maar die op eenvoudige vragen over wat er te zien is vaker het juiste antwoord geven dan wanneer ze zouden gokken. Wetenschappers vermoeden dat dat komt doordat de visuele informatie die ze binnenkrijgen door de beschadiging sterk is verstoord of verzwakt. De informatie oefent weliswaar nog steeds enige invloed uit op hun beslissingen, maar wordt niet meer bewust ervaren. Enkele wetenschappers van de Consciousness, Cognition & Computation Group van Axel Cleeremans (ULB) probeerden onlangs het mechanisme achter dit fenomeen te achterhalen aan de hand van een zogenaamd

Psyche&Brein is de Nederlandstalige editie van Gehirn&Geist en wordt gepubliceerd in samenwerking met EOS-magazine en Scientific American MIND. Psyche&Brein nr. 1 verschijnt op 7 februari 2013.

Hoofdredacteur en verantwoordelijke uitgever
Leen Lampo

Vormgeving
Lara Grieten

Nederlandstalige auteurs en medewerkers
Farah Focquaert, Jasper Heinsbroek, Dr. Paul Koeck, Manu Sinjan, Margriet Sitskoorn, Inge Taucher, Griet Vandermassen, Jan Venstra, Tim Vernimmen

Buitenlandse auteurs
Hal Arkowitz, Ulrich Boehm, Anna Buchheim, Manfred Cierpka, Katja Gaschler, Simone Eberhart, Elaine Fox, Giovanni Frazzetto, Horst Kächele, Christof Koch, Katharina König, Annette Lessmöllmann, Scott Lilienfeld, Alexander Münchau, Gabriele Paschek, Gerhard Roth, Maggie Schauer, Dunja Voos, Roland Weierstall, Jörg Wipplinger, Christian Wolf, Sarah Zimmermann

Directie
Kristine Ooms (Algemeen directeur, KD bvba)
Koen De Buck (Commercieel directeur, KD bvba)

Marketing
Violette Peters (violetette.peters@cascade.be)
Els Verresen

Abonnementen
Jaarabonnement: 37,50 euro (6 nummers) binnen België of Nederland
BELGIË: +32(0)14/43 59 06; Fax: 014/43 59 07
e-mail: lezersservice@imapress.be
(voor al uw vragen over abonnementen, bezorging, verlenging, betaling, enz.)
NEDERLAND: +31(0)161/ 45 95 96
e-mail: psychebrein@betapress.audax.nl
(voor al uw vragen over abonnementen, bezorging, verlenging, betaling, enz.)

Nummers bestellen
www.eosmagazine.eu
Uitgeverij Cascade
Duboisstraat 50, 2060 Antwerpen
+32 (0)3 680 25 67, fax +32 (0)3 680 25 64

Redactieadres:
Duboisstraat 50, 2060 Antwerpen
Telefoon: +32/(0)3/680 24 95
e-mail: redactie@psyche-en-brein.eu

Advertenties
IP Press
Telefoon: +32/(0)2/337 63 05
e-mail: ksteene@ipb.be

© Uitgeverij Cascade
Distributie België
Imapress, Parklaan 22 bus 11, 2300 Turnhout
Distributie Nederland
Betapress BV, Gilze, tel. +31 (0)161 45 78 00

Audax Uitgevers
Uitgeverij Cascade NV is onderdeel van Audax B.V.

© Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mBh
Postbus 104840, 69038 Heidelberg, Duitsland

Chefredacteur
Dr. Carsten Könneker
Redaktionsleiter
Steve Ayan
Geschäftsleitung
Markus Bossle, Thomas Bleck

© Scientific American Inc.
415 Madison Av. New York, NY 10017

Editor in chief
Mariette DiChristina
Vice President
Michael Florek
President
Steven Inchcoombe

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden gereproduceerd met om het even welk mechanisch, fotografisch of elektronisch procédé, of worden opgeslagen in een database of worden gekopieerd voor publiek of privé-gebruik zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

neuraal-netwerkmodel, een sterk vereenvoudigde computerversie van ons brein dat ze van een metacognitief niveau voorzagen.

'Het voordeel van zulke modellen is dat ze meer zijn dan zomaar een voorstelling met kadertjes en pijlen', aldus Bert Timmermans, die het model samen met cognitief ingenieur Antoine Pasquali in elkaar puzzelde. 'Je kan er echt mee aan de slag om theorieën te testen en voorspellingen te genereren, die dan experimenteel getoetst kunnen worden. En wat nog beter is: de modellen leren ook.' Dat is belangrijk, want Timmermans en Cleermans zijn ervan overtuigd dat ons metacognitief inzicht niet aangeboren is, maar een resultaat is van de voortdurende verfijning van de onbewuste voorspellende vaardigheden van ons brein. 'Eerst leren we het basisniveau bepaalde patronen herkennen', legt hij uit. 'In dit geval vroegen we het, naar analogie met de tests waaraan patiënten met blindzicht onderworpen worden, om het onderscheid te maken tussen verschillende posities van eenzelfde object. Dat ging als volgt: elk patroon dat we in het model invoeren, genereert een bepaalde output. Ter hoogte van die output zit wat we een 'teachermodule' noemen – een deel van het programma dat als het ware zegt 'goed geprobeerd, maar eigenlijk hadden we eerder deze output verwacht.' In functie daarvan wordt, net zoals in de hersenen gebeurt, de sterkste van de verbindin-

gen tussen de virtuele neuronen in ons model aangepast. Doen ze het goed, dan wordt de onderlinge link sterker, zijn ze echter een deel van het zopas gesignaleerde probleem, dan verliest de link aan gewicht.'

Het metacognitieve niveau houdt inmiddels goed in de gaten hoe het basisniveau het ervan afbrengt. 'Het baseert zich daarbij op de in- en output van het eerste niveau, en ook op enkele directe links met neuronen die op het basisniveau een sleutelpositie bekleden, waarin het, naar analogie met het eerste niveau, op zijn beurt bepaalde patronen leert herkennen.' Om te weten te komen hoe het metacognitieve niveau de prestatie van het eerste niveau inschat, lieten de wetenschappers dat niveau punten inzetten op het eventuele welslagen van het eerste niveau. Het probeerde die te maximaliseren en kon punten winnen als het goed gokte. Om vervolgens een situatie te creëren die op blindzien leek, probeerden de wetenschappers twee verschillende soorten input uit: een zwakker signaal, of een verstoord signaal met veel 'ruis'. Enkel het tweede leverde een uitkomst op die vergelijkbaar was met de resultaten van experimenten met patiënten met blindzicht, wat doet vermoeden dat de input van de visuele cortex dus eerder verstoord dan verzwakt is – en op die manier het metacognitieve niveau om de tuin leidt. ■

Onderzoek onthult dat onze hersenen vaak weten wanneer ze een foutje maken, met dank aan controleprocessen op het onbewuste niveau.

DE AUTEUR

TIM VERNIMMEN is wetenschapsjournalist.

