

# Het zwarte gat tussen brein en bewustzijn

*Peter Hagoort*

Bewustzijn is een van de laatste grote raadsels die de wetenschap moet oplossen. Wat is het, waar zit het, wanneer begint het? Hersenonderzoekers, biologen, filosofen en psychologen zijn het over allerlei aspecten met elkaar oneens. Het bewustzijn is een toestand van het brein waarover we kunnen rapporteren. Daarnaast is het een toestand die met bepaalde gewaarwordingen gepaard gaat, zoals pijn voelen, kleuren zien, enzovoorts. Die zogenoemde fenomenale gewaarwordingen zijn een belangrijk aspect, en volgens sommigen het belangrijkste aspect, van wat wij bewustzijn noemen.

Nu is het bewustzijn slechts het topje van een ijsberg. Van het meeste activiteiten die zich in ons brein afspelen zijn we ons niet bewust. Als bijvoorbeeld de puntenwolk van Peter Struycken, bekend van de postzegel, op ons netvlies valt, zijn wij in staat daarin een gezicht te herkennen. We kunnen er zelfs het gezicht van de koningin in herkennen. We kunnen uit ons geheugen de naam die bij het gezicht hoort oproepen, en ook allerlei informatie over deze persoon, en dat alles in tienden van milliseconden. Niemand van ons kan echter vertellen hoe hij die informatie uit zijn geheugen heeft opgehaald.

## **Bewustzijn en onderbewustzijn**

In feite is het bewustzijn een toestand van onze hersenen die eerder uitzondering is dan regel. Het meeste van wat wij op een dag doen en aan informatie verwerken en aan breinactiviteit oproepen, speelt zich af in de kelders van de geest: het onderbewustzijn. Als iemand ons bijvoorbeeld vraagt 'Hoeveel tanden ziet u wanneer u in de spiegel kijkt bij het tandenpoetsen?', dan zullen de meesten van ons hard moeten nadenken. Terwijl wij toch over het algemeen dagelijks on-

ze tanden poetsen. We zien die tanden wel bij het poetsen, maar we zien ze in feite ook niet.

Om er achter te komen wat de functie is van een bepaald hersengebied, is onderzoek bij patiënten met een bepaalde beschadiging aan het brein zeer informatief. Zo lijdt iemand die een beschadiging heeft in een bepaald deel van de rechter hersenhelft aan het verschijnsel van *neglect*: het niet actief waarnemen van een bepaald gedeelte van het gezichtsveld. In dit geval is dat het linker visuele veld. De onderzoekers John Marshall en Peter Halligan hebben in 1988 het volgende laten zien: wanneer een dergelijke patiënt twee plaatjes van identieke huizen krijgt voorgelegd, waarbij het huis op het linker plaatje in brand staat en het andere huis niet, dan ziet hij geen verschil tussen de plaatjes. Zij vroegen vervolgens deze zelfde patiënt een aantal malen in welk van de twee huizen hij zou willen wonen als hij moest kiezen. De patiënt koos vrijwel altijd voor het niet-brandende huis. Op de een of andere manier heeft het brein van deze patiënt toch gesignaleerd dat het veiliger is om in dat huis te wonen (Marshall en Halligan, 1988). Ons brein verwerkt dus blijkbaar informatie die niet tot het bewustzijn doordringt, maar wel ons gedrag stuurt.

## **Het onderbewustzijn zichtbaar maken**

De menselijke geest wordt vandaag de dag beschouwd als het collectief van cognitieve functies waarover de mens beschikt. Daaronder vallen de visuele en auditieve waarneming, taal spreken en begrijpen, het geheugen, aandacht, emoties, bewustzijn, en het uitvoeren van handelingen zoals bijvoorbeeld lopen. Een groot deel van die cognitieve processen verloopt terwijl wij ons er niet van bewust zijn. Hoe maakt het hersenonderzoek die onderbewuste processen nu zichtbaar?

Van alle cognitieve functies kunnen hersenonderzoekers, als een architect, blauwdrukken maken. Ze kunnen in kaart brengen hoe de verschillende deelstukjes van elk van die cognitieve functies in elkaar zitten. Ik kan dat illustreren aan de hand van de cognitieve architectuur van het menselijk taalvermogen. Wat gebeurt er precies

bij het uitwisselen van informatie via taal? De luchttrillingen die iemand produceert door te spreken, bereiken onze trommelvliezen, en daaruit destilleren wij de boodschap die in de luchttrillingen vervat ligt. Dat vereist een reeks opeenvolgende stappen: de verwerking van het spraaksignaal moet worden opgeknipt in verschillende operaties. Eerst moet het brein het continue geluidssignaal als spraak herkennen. Dan moeten wij daarin losse klanken en lettergrepen onderscheiden waarmee we woorden uit ons geheugen kunnen ophalen. Vervolgens moeten we die woorden in de context plaatsen van de voorafgaande woorden die wij hoorden, en van andere relevante informatie, zoals de gelaatsuitdrukking van de spreker of diens gebaren. Dat alles leidt dan tot interpretatie: we hebben de boodschap begrepen.

### **Zonder fosfor geen gedachten**

Voor elk van de cognitieve functies, of het nu waarneming, taal of geheugen is, kunnen we dit soort blauwdrukken maken, en uitvinden wat de verschillende cruciale componenten daarin zijn. De grondgedachte in het moderne hersenonderzoek is, dat er niet zoiets is als een menselijke geest die los van het brein kan bestaan. Oftewel, zoals de Nederlandse biochemicus en fysioloog Jacobus Moleschott (1822-1893) het pregnant samenvatte: *'Ohne Phosphor keine Gedanken'* ('Zonder fosfor geen gedachten'). Zonder hersenen is er geen geheugen, geen taal, geen waarneming, geen emotie, en ook geen bewustzijn, en geloof, hoop en liefde al evenmin. Voor al die menselijke eigenschappen, handelingen en gevoelens is het brein de noodzakelijke voorwaarde. Als het brein ophoudt te werken, is ook de geest geweken. Geen hersenwetenschapper gelooft vandaag de dag nog in Descartes' dualisme tussen lichaam en ziel.

Het idee dat cognitieve functies een aanwijsbare plek hebben in het brein bestaat al lang. In de achttiende eeuw meende de Oostenrijkse arts Franz Joseph Gall (1758-1828) aan de buitenkant van de schedel te kunnen zien waar achter dat schedeldak verschillende functies waren gelokaliseerd (Gall, 1809). Aan die pseudo-wetenschap van de frenologie hebben we de woorden 'talenknoebel' en 'wiskunde-

knobbel' te danken. Gall dacht dat hij door naar de vervormingen op de buitenkant van de schedel te kijken, kon bepalen welke hersenfunctie zich onder dat gedeelte bevond. Zo meende hij dat taal achter het oog gelokaliseerd was, omdat hij had opgemerkt dat leerlingen die buitengewoon goed waren in het voordragen van gedichten, uitpuilende ogen hadden. De theorie van Gall is volkomen fout gebleken en werd bovendien in het nazi-tijdperk nog misbruikt om mensen op grond van schedelmetingen als *Uebermensch* of als *Untermensch* te classificeren. Niettemin was zijn basisintuïtie juist: cognitieve functies zijn ergens in het brein gelokaliseerd.

Tegenwoordig kunnen we met toenemende nauwkeurigheid *in* het brein kijken. Met een schets van de cognitieve architectuur als een blauwdruk in de hand gaan hersenonderzoekers na hoe al de verschillende stapjes die in die blauwdruk worden beschreven in het brein zijn geïmplementeerd. Dat is de crux van de moderne neuropsychologie: verbanden leggen tussen de cognitieve architectuur en de neurale architectuur van het brein.

### **‘Wat’ en ‘waar’**

Wat gebeurt er bijvoorbeeld wanneer u kijkt naar een foto van Marco Pantani, de begin 2004 overleden Italiaanse wielrenner, die de flanken van de Alpe d'Huez bestijgt? U neemt een wielrenner waar die u herkent, op een kleurige fiets en met een kaal hoofd. Over hoe dat bewuste beeld in uw brein gereconstrueerd wordt, is inmiddels veel bekend. Het beeld dat op het netvlies in uw ogen valt, wordt via een aantal tussenschakelstations doorgeschakeld naar het achterste gedeelte van het brein. Daar bevindt zich de visuele schors, die buitengewoon belangrijk is voor de visuele waarneming. Nadat het signaal in het achterhoofd is aangekomen, gaat het verder langs twee verschillende routes. De eerste route registreert het 'wat': u moet de wielrenner als wielrenner herkennen, en vervolgens als Marco Pantani. Die route omvat bijvoorbeeld een station om kleur waar te nemen. De tweede route registreert het 'waar': u moet weten waar objecten zich in de ruimte bevinden. Als ik de foto van Pantani beter wil bekijken, moet ik die niet alleen als een foto herkennen, maar ik

moet ook mijn hand ernaar toe kunnen bewegen zodat ik hem op kan pakken en hem naar mijn gezicht kan brengen. Het 'wat'-systeem loopt onder aan het brein van achteren naar voren, en het 'waar'-systeem loopt van achteren meer omhoog.

Iemand die een beschadiging heeft in het gebied dat voor kleur belangrijk is, zou bijvoorbeeld de bloemenpracht van de Keukenhof in grijstinten waarnemen. Een patiënt die iets hoger in het brein een beschadiging heeft, in beide hersenhelften, kan wel kleur waarnemen en objecten herkennen, maar geen beweging meer zien. Zo iemand kan bijvoorbeeld met het inschenken van een kopje koffie niet ophouden, omdat hij het vloeistofniveau in het koffiekopje niet ziet stijgen. Ook de straat oversteken is een probleem, omdat een auto eerst ver weg, en dan plotseling dichtbij wordt waargenomen, maar de beweging van de auto tussen die twee momenten niet.

Tegenwoordig kunnen we dit soort routes van cognitieve functies in het brein niet alleen aan de hand van patiënten bestuderen maar ook in het actieve brein van gezonde mensen. Met een *Magnetic Resonance Imaging*-scanner (MRI) kan het binnenste van het lichaam in beeld worden gebracht zonder dat het hoeft te worden geopend. Al na een minuut of tien scannen is een prachtig scherp beeld te verkrijgen van de structuren in het brein. Er kunnen dwarsdoorsneden gemaakt worden van de hersenen, van achteren naar voren, van links naar rechts en van boven naar beneden. Zo kan een driedimensionaal beeld gevormd worden van de hersenen. Op zo'n driedimensionaal beeld is bijvoorbeeld de hersenbalk te zien die de beide hersenhelften verbindt. Ook zijn de kleine hersenen zichtbaar, die voor de motoriek van belang zijn, de grijze stof die uit hersencellen bestaat, en de witte stof die opgebouwd is uit de vezelbanen die tussen de hersencellen lopen, en die samen meer dan honderdduizend kilometer beslaan. Het ruggenmerg, dat informatie uitwisselt met de rest van het lichaam, is ook te onderscheiden.

Lange tijd is gedacht dat, wanneer onze hersenen eenmaal gevormd en uitgerijpt waren, absoluut geen veranderingen meer mogelijk waren in het brein. Beschadigingen in het brein zouden onherstelbaar zijn. Tegenwoordig blijkt uit hersenonderzoek dat hersenen toch meer plasticiteit vertonen dan gedacht werd. In een fraai onderzoek dat

werd gepubliceerd in het gezaghebbende wetenschappelijke tijdschrift *Nature* lieten onderzoekers mensen drie maanden lang met ballen jongleren (Draganski e.a., 2004). Die mensen hadden nooit eerder gejongleerd, maar leerden het tijdens de studie. De hersenstructuren die met jongleren te maken hadden, werden groter doordat de grijze stof toenam. Dit effect betrof interessant genoeg niet de gebieden die te maken hebben met het opgooien van de ballen zelf, maar de gebieden die te maken hebben met bewegingswaarneming, met voorspellen waar de ballen terecht zouden komen. Na het stoppen met jongleren nam de omvang ook weer af. Met andere woorden: voor de vermogens van de menselijke hersenen geldt: *use it or lose it*, gebruik ze of je raakt ze kwijt.

### **Een metroplattegrond van hersenfuncties**

Naast MRI, een techniek waarmee we de plaats en de grootte van een hersengebied kunnen bestuderen, bestaan er ook manieren om na te gaan welke hersenstructuren actief worden bij het uitvoeren van een cognitieve functie. Als een bepaald deel van het brein harder gaat werken, heeft het meer zuurstof en meer glucose nodig: de toevoer daarvan naar dat hersengebied via het bloed neemt dan toe. Dat kunnen we zichtbaar maken door middel van *Positron Emission Tomography* (PET) en *functionele MRI* (fMRI).

Op die manier is bijvoorbeeld achterhaald welke hersengebieden actief worden bij het kijken. De informatie die wij onmiddellijk in ons bewustzijn waarnemen als we iets zien, wordt geconstrueerd door de samenwerking van een hele reeks hersengebieden. Dat zijn de gebieden op de eerder genoemde twee routes voor 'wat en 'waar': gebieden voor het herkennen als object, voor de waarneming van de kleur, de waarneming van de beweging en de waarneming van de ruimte waarin het waargenomen object zich bevindt. Er valt als het ware een soort metroplattegrond te maken waarop al die schakelstations en hun verbindingen zijn gespecificeerd.

Een probleem bij het maken van zo'n metroplattegrond is de vorm van de hersenen. Onze hersenen zijn opgevouwen als een prop papier: tweederde van de totale oppervlakte bevindt zich in de plooiën

van onze hersenen. Die plooien zijn een truc van Moeder Natuur om de hoeveelheid hersenmassa toe te laten nemen zonder dat het hoofd groter hoeft te worden. Een groter hoofd zou problemen opleveren bij de passage door het geboortekanaal. Al die plooien maken het soms lastig om te zien waar de hersenactiviteit zit. Met behulp van een computer kunnen we de hersenmassa echter uitvouwen. Dankzij die techniek is het mogelijk nauwkeurig vast te stellen welk gebied in de hersenen actief wordt wanneer iemand bijvoorbeeld zijn tong beweegt, zijn vingers of zijn voeten.

De verschillende gebieden in het brein blijken niet toegerust te zijn voor één trucje maar verschillende functies te kunnen uitvoeren, afhankelijk van welke signalen zij aangeleverd krijgen. Hersenweefsel kan niet alleen toenemen wanneer het veelvuldig gebruikt wordt, het bezit ook een functionele plasticiteit: de hersenactiviteit kan toenemen. Blinde mensen bijvoorbeeld krijgen geen signalen vanaf de retina naar de visuele schors achter in het hoofd. Hun ogen zien niets, en geven dus ook geen informatie door aan dat gebied. Maar bij blinden zijn andere functies, zoals het verbale geheugen, vaak beter dan bij mensen die kunnen zien. Recent onderzoek laat zien dat hun visuele schors wordt ingezet voor de verbale geheugenfunctie.

## **Het geheugen**

Het geheugen is een andere belangrijke cognitieve functie, maar hoe werkt het? We kunnen uit eigen ervaring wel zeggen wát we uit ons geheugen hebben opgehaald, maar niet hoe of vanuit welk gedeelte van ons brein. Bepaalde structuren in de slaapkwab, de hersengebieden die diep weggeborgen in het brein achter onze slapen liggen, blijken cruciaal te zijn voor onze herinnering. Het zijn deze geheugenstructuren die sterk zijn aangetast bij patiënten met de ziekte van Alzheimer of een andere geheugenstoornis.

In de jaren vijftig werd door de neurochirurg William Scoville in Montreal een operatie gedaan bij patiënt Henry M., die een buitengewoon zware vorm van epilepsie had. Scoville nam in beide hersenhelften een structuur uit de slaapkwab weg om de epileptische aanvallen tot een einde te brengen, maar dat had onvoorziene, dra-

matische consequenties. De patiënt was na de operatie niet langer in staat informatie in het geheugen op te slaan. Vijf minuten na een ontmoeting was hij weer vergeten wie hij had ontmoet, en begroette hij diezelfde persoon alsof hij hem nooit eerder gezien had.

Modern hersenonderzoek kan zichtbaar maken welke gebieden bij het geheugen betrokken zijn. In het F.C. Donderscentrum in Nijmegen hebben wij onderzocht welke structuren in het brein van belang zijn voor de herinnering. Informatie wordt vaak in het geheugen opgeslagen met daarbij de omgevingscues, zoals de plaats waar de persoon zich op dat moment bevindt. Die cues helpen om die informatie weer uit het geheugen op te halen. Wanneer iemand bijvoorbeeld heeft besloten een boek te pakken uit de boekenkast op de eerste verdieping, kan het gebeuren dat hij bovenaan de trap denkt: 'Wat ging ik ook alweer doen?'. Als hij terugloopt naar beneden, weet hij het weer. De omgeving waarin hij informatie over zijn voornemen in zijn geheugen opsloeg helpt om die informatie er ook weer uit te krijgen.

In het F.C. Donderscentrum is onderzoek gedaan naar de koppeling van voorwerp en plaats in het brein. De meeste mensen herkennen hun eigen fiets en weten ook waar ze die weer moeten terugvinden als ze hem ergens hebben gestald. Voorwerp en plaats zijn kennelijk aan elkaar gekoppeld opgeslagen. Wij wilden in het brein meten welke structuren van belang zijn bij het in het geheugen opslaan en uit het geheugen ophalen van voorwerpen en de plaats van die voorwerpen. Om erachter te komen welk hersendeel van belang is bij de koppeling van objecten en hun plaats, lieten we onze proefpersonen per computer een virtueel museum doorwandelen. De opdracht was de volgende: U wordt gids in een museum met voorwerpen van beroemde Nederlanders. Alvorens u mensen door het museum kunt rondleiden, moet u natuurlijk zelf die route doorgelopen hebben, en precies weten wat waar staat. De proefpersonen kregen op hun route bijvoorbeeld het modelvliegtuigje van Rob Oudkerk te zien, de knuffelbeer van Johan Cruijff en de speelgoeddinosaurus van Jan Peter Balkenende. Vervolgens kregen ze dergelijke objecten te zien terwijl ze in de scanner lagen, en dan moesten ze aangeven of een bepaald object in het museum stond of niet.



Uit dit onderzoek kwam naar voren dat objecten die op kruispunten stonden, op plekken waarop een beslissing over de richting genomen moest worden, beter in het geheugen opgeslagen werden dan voorwerpen waarbij geen belangrijke markeringen van de ruimte beschikbaar waren. In een speciale hersenstructuur, de parahippocampale gyrus, worden voorwerpen gekoppeld aan de plaats waar ze zich bevinden. Deze structuur is dus van belang om je fiets weer terug te vinden en het helpt kennelijk als je die hebt neergezet op een plek met een rijkere ruimtelijke informatie.

## **De menselijke taal**

In mijn dagelijkse onderzoek houd ik mij het meest bezig met het menselijk taalvermogen. Het humane brein stelt ons in staat tot iets wat geen enkele diersoort ons nadoet: communiceren met elkaar via een buitengewoon ingewikkeld systeem van symbolen en regels: de menselijke taal. Met behulp van die taal kunnen wij boodschappen met elkaar uitwisselen. En hoewel er ook bij andere diersoorten communicatiesystemen zijn, lijkt geen enkele daarvan van dezelfde complexiteit, aard en omvang als van de menselijke talen die wij spreken. De Nederlandse taal heeft zo'n 36 klanken, en combinaties van die klanken geven ons brein een lexicon van rond de zestigduizend woorden. Hoe we met minimale klankveranderingen woorden met geheel verschillende betekenissen kunnen vormen, wordt prachtig duidelijk in een gedicht van Gerrit Kouwenaar:

### *Gedacht*

*Je hand is bijna je hond.*

*Je huid is bijna je huis.*

*Je vorm is bijna je worm.*

*Je gedicht is bijna wat je gedacht had.*

Mensen weten dus van ongeveer zestigduizend woorden hoe ze klinken, wat ze betekenen, en vaak ook nog hoe ze geschreven worden. Ze kennen ook de syntactische eigenschappen van die woorden. Ze

weten bijvoorbeeld dat ‘koe’ een zelfstandig naamwoord is, en ‘loei-en’ een werkwoord. Die eigenschappen liggen bij elk van die woorden opgeslagen. Bij het taalvermogen hoort ook het spreken. Dat vergt de aansturing van grofweg honderd spieren, en is daarmee een van de meest complexe motorische vaardigheden waarover mensen beschikken. Mensen spreken bovendien met een snelheid van twee tot drie woorden per seconde, en verspreken zich daarbij slechts in één van duizend woorden.

Versprekingen zijn overigens buitengewoon illustratief: ze geven weer hoe het proces van spreken in elkaar zit. Ik zal een aantal voorbeelden geven van versprekingen die ik hoorde tijdens een avondje televisie kijken en radio luisteren. Een verspreking van de voorzitter van politiebond: ‘We moeten ook de boezem in eigen hand steken.’ Een FNV-medewerker in het radioprogramma *Met het oog op morgen*: ‘In lonen met lagere landen.’ In die versprekingen wisselen de zelfstandige naamwoorden van plaats. Het interessante is dat in een verspreking vrijwel nooit een zelfstandig naamwoord en een werkwoord van plaats wisselen. Het zijn altijd woorden van hetzelfde type. Er lijkt dus een soort grammaticaal raamwerk te bestaan waarin woorden moeten worden ingepast; verwisselingen kunnen plaatsvinden binnen dat raamwerk, niet erbuiten.

Soortgelijke verschijnselen vinden we op woordniveau. Daar kan zich een verwisseling van klanken voordoen. Een verspreking van Jaap De Hoop Scheffer bijvoorbeeld, nog voordat hij secretaris-generaal van de NAVO werd: ‘...de zaag hoog opneemt.’ Die g-klank gaat als het ware voor zijn beurt, maar blijft wel netjes op dezelfde positie als waar hij vandaan komt. Een verspreking van nieuwslezer Harmen Siezen in het *Journal*: ‘Onder laud appluis.’ Hier wisselde een middenklank van plaats. Het komt vrijwel nooit voor dat een eindklank verwisseld wordt met een middenklank. En om ook mijzelf niet helemaal van belachelijkheid uit te sluiten hier nog een verspreking van mij persoonlijk: ‘Een slipje van de tuier.’

## Een samenspel van hersengebieden

De versprekingen maken duidelijk dat wij woorden niet kant en klaar uit ons geheugen ophalen. Elke keer dat we een woord produceren, moeten we dat woord assembleren uit de klanken waaruit het bestaat. Alleen daaruit kunnen we dit soort versprekingen verklaren. Om het snelle spreekproces tot stand te brengen is een samenspel nodig van een groot aantal hersengebieden. Er zijn gebieden die te maken hebben met het ophalen van de woordbetekenissen, maar ook gebieden die met woordklanken te maken hebben. En er is een gebied dat van belang is om die woorden te articuleren. Alleen dat samenspel leidt uiteindelijk tot het ophalen en produceren van woorden. We kunnen de dynamiek van dit samenspel zichtbaar maken met behulp van onder andere *Magneto-EncephaloGrafie* (MEG). MEG stelt ons in staat met een nauwkeurigheid van honderdsten van seconden hersenactiviteit te meten. Dan kunnen we bijvoorbeeld zien dat de ene hersenhelft enkele tienden van milliseconden eerder actief wordt na het horen van een toon dan de andere hersenhelft.

Taal is niet het produceren en begrijpen van losse woorden. Een kernaspect is het combineren van woorden in welgevormde zinnen. Wij moeten het verband aanbrengen tussen die woorden, en daarvoor zijn zogenaamde functiewoorden van belang. Die geven de taal haar syntactische kenmerken. Een van de onderzoeken van het F.C. Donderscentrum richtte zich op de vraag hoe ons brein onderscheid maakt tussen functiewoorden en inhoudswoorden. Maakt ons brein wel onderscheid, en zo ja, op welk moment? De onderzoekers gaven de deelnemers aan het onderzoek eenvoudige verhaaltjes te lezen van het volgende type:

*'Honderd jaar geleden was een fles ook al een gewoon en dagelijks voorwerp. Toch voelde de fles van ons verhaal zich bijzonder, want zij was een wijnfles. Trots keek zij naar de andere producten van de glasfabriek. Dat waren jampotjes en schalen en glazen. Zij was blij dat zij niet zo was, want wijn is toch heel anders dan jam.'*

Met behulp van elektroden op de schedel registreerden de onderzoekers de elektrische hersenactiviteit terwijl de proefpersonen de ze verhalen lazen. Het bleek dat het brein gemiddeld al na een kwart seconde onderscheid heeft gemaakt tussen de inhoudswoorden (in grijs) en de functiewoorden (niet cursief).

## **Bewustzijnscontroverses**

De processen die met behulp van modern hersenonderzoek zichtbaar worden gemaakt, verlopen grotendeels onbewust, maar ergens in de opeenvolging van hersengebieden die actief worden, bijvoorbeeld bij het zien van iets, komt het moment waarop we *weten* dat we iets zien: het bewustzijn. Maar wat is bewustzijn precies?

Zoals gezegd kunnen we bewustzijn definiëren als een toestand van het brein waarover we kunnen rapporteren en die met een bepaalde gewaarwording gepaard gaat. Een gewaarwording van pijn, bijvoorbeeld, of het zien van rook. Maar soms dient zich in het bewustzijn van mensen een gewaarwording aan van iets dat er in feite niet is. Dat zijn hallucinaties. Mensen met schizofrenie hebben bijvoorbeeld vaak auditieve hallucinaties: zij zeggen stemmen te horen. Wanneer we die mensen in de scanner laten plaatsnemen, en we vragen ze om telkens wanneer ze een stem horen op een knopje te drukken, dan zien we dat op dat moment hersenactiviteit ontstaat in twee gebieden in de primaire auditieve schors. Dat is het gebied in ons brein dat ervoor is om geluid en stemmen waar te nemen. Bij deze mensen wordt het signaal echter niet gegenereerd door een stem maar door het brein zelf. Het signaal wordt op zichzelf adequaat geïnterpreteerd: de patiënt hoort stemmen. Het signaal *zélf* is het probleem bij de patiënt, want het had er niet mogen zijn. Wat tot ons bewustzijn doordringt, is een uitkomst van hersenprocessen. Soms worden die hersenprocessen aangestuurd door informatie uit de omgeving, en soms door informatie die in het brein zelf gegenereerd worden.

Als we spreken over het bewustzijn is het belangrijk om onderscheid te maken tussen twee vormen van bewustzijn. De Amerikaanse psycholoog en filosoof Ned Block heeft dat gedaan (Block, 1997). Eén

vorm noemt hij *access consciousness* (toegangsbewustzijn). Dat is de toegang tot de uitkomst van iemands waarnemingsproces. Iemand kan bijvoorbeeld medelen dat de wielrenner op de foto Marco Pantani is. Dat is wat tot zijn bewustzijn is doorgedrongen. Of iemand kan informatie uit zijn geheugen ophalen en vertellen wat hij gisteren heeft gedaan. Het zijn processen waartoe we toegang hebben en waarover we mededelingen kunnen doen.

Een tweede vorm van bewustzijn noemt Block *phenomenal consciousness* ('fenomenaal bewustzijn'). Wat zich in mijn bewustzijn afspeelt, heeft een bepaalde fenomenale kwaliteit. De fenomenale kwaliteit van een persoonlijke ervaring, bijvoorbeeld pijn, is heel lastig te meten. We kunnen wel uitzoeken welke neuronen in de hersenen 'vuren' bij de gewaarwording van pijn, maar de kwaliteit van hoe iemand de pijn voelt, dat is iets wat zich niet onmiddellijk laat afleiden uit het vuurpatroon van hersencellen. Hooguit kunnen we een indruk ervan krijgen door bij een beschrijving van de pijn na te gaan of die eenzelfde soort kwaliteit heeft als de ervaring die we zelf hebben beleefd toen we pijn hadden.

Met name de status van het fenomenale bewustzijn heeft geleid tot een groot aantal controverses, die tot op de dag van vandaag aanleiding geven tot stevige discussies in de filosofische vakliteratuur. Een van de controverses is die tussen het derdepersoonsperspectief en het eerste persoonsperspectief. Het derdepersoonsperspectief is dat van de wetenschap: dat wat een onderzoeker kan meten aan hersenactiviteit die samenhangt met iets waarvan bewustzijn de uitkomst is. Het eerste persoonsperspectief, de subjectieve beleving van iets in iemands bewustzijn, is niet te meten. Is het voor ons begrip van het verschijnsel bewustzijn nu essentieel dat we weten dat bepaalde hersentoestanden van belang zijn om bewustzijnstoestanden op te roepen? Of is juist de persoonlijke gewaarwording doorslaggevend?

Uiteindelijk moeten onderzoekers het eens zijn over wat zij onder bewustzijn verstaan. Anders wordt het lastig om er wetenschappelijk onderzoek naar te doen. Met de neurobiologische benadering kunnen we de hersenactiviteit meten die te maken heeft met het feit dat iemand zich van iets bewust wordt. Met die benadering kunnen we zoeken naar het neurale correlaat van het bewustzijn. Welke her-

senactiviteit ligt er onder mijn gewaarwording, mijn bewuste gewaarwording van bijvoorbeeld een foto van Marco Pantani, of van het feit dat ik pijn voel? Die benadering heeft nationaal en internationaal de laatste tijd veel aandacht gekregen en er is de meeste vooruitgang in geboekt. Op dezelfde manier waarop we erachter kunnen komen hoe onbewuste aspecten van functies als taal, geheugen of aandacht in elkaar zitten, kunnen we ook onderzoeken wat de noodzakelijke voorwaarden zijn waaronder hersenprocessen leiden tot datgene waarvan we ons uiteindelijk bewust zijn.

### **Bewustzijnsvragen**

Naast de controverse over het persoonsperspectief zijn er veel andere vragen rond het bewustzijn waarop nog geen definitief antwoord te geven is. Waar is bijvoorbeeld het bewustzijn goed voor? Dat is lastig te achterhalen. Het meeste van ons dagelijks handelen en van onze hersenactiviteit heeft geen bewustzijn nodig om functioneel en effectief te zijn. Sterker nog, wanneer wij ons bewust zouden zijn van alle processen die in ons brein plaatsvinden, dan zouden we niet meer in staat zijn om nog één handeling snel en efficiënt uit te voeren. We zouden niet meer effectief op prikkels in de omgeving kunnen reageren. Zonder het onderbewustzijn zouden we derhalve niet kunnen functioneren, maar de vraag waar het bewustzijn dan eigenlijk goed voor is, is daarmee nog niet beantwoord.

Er zijn nog meer lastige vragen te stellen over het bewustzijn. Bijvoorbeeld: hebben dieren bewustzijn? Het is mogelijk dat bewustzijn sterk gekoppeld is aan taalvermogen. Als dat zo is, dan zou het voor de hand liggen dat mensen bewustzijn hebben en dieren niet. Maar zo simpel is het niet. Dieren lijken minstens voor een deel de fenomenale kwaliteit van het bewustzijn te hebben. Ze hebben, bijvoorbeeld bij pijn, een ervaringsgewaarwording die vergelijkbaar is met die van ons. Het lijkt erop dat hogere zoogdieren vormen van bewustzijn hebben die weliswaar niet identiek zijn aan het menselijk bewustzijn, maar toch ook niet volstrekt anders zijn.

Hebben mensen altijd zelfbewustzijn gehad? Volgens de Amerikaanse psycholoog Julian Jaynes (1920-1997) is een 'zelf' dat afgescheiden

is van de omgeving, een recente ontwikkeling in de menselijke cultuurgeschiedenis (Jaynes, 2000). Hij maakt dat op uit het feit dat in oude geschriften, zoals de Ilias van Homerus of de Bijbel, geschiedenissen en ervaringen te vinden zijn die vergelijkbaar zijn met wat we zien bij patiënten met hallucinaties. Goden vliegen in en uit, mensen worden gedreven door elementen die tijdelijk bezit nemen van hun bewustzijn en zo hun gedrag sturen. Dat waren volgens Jaynes verklaringen en ervaringen die destijds blijkbaar volkomen geaccepteerd werden. Hij concludeert daaruit dat in veel oude culturen mensen niet zo'n strikte scheiding ervoeren tussen hun 'zelf' en de omgeving. Met andere woorden: een zelfbewustzijn zoals wij dat kennen, zou dus niet universeel zijn in de menselijke geschiedenis en kan dus ook geen essentiële eigenschap van het menselijke brein zijn.

Zullen we ooit in staat zijn bewuste robots te maken? Bij de mens maakt een bepaald niveau van complexiteit in de structuur van de materie (het brein) bewustzijn mogelijk. Het kan heel goed zijn dat we dezelfde complexe organisatiegraad kunnen aanbrengen in andere fysieke media. Indien wij ooit in de verre toekomst in staat zouden blijken om robots te bouwen die de complexiteit hebben van *homo sapiens*, dan is een interessante maar op dit moment niet te beantwoorden vraag: zullen dergelijke robots dan ook bewustzijn gaan vertonen?

## **Het 'ik' en de vrije wil**

Ingewikkelder vragen over het bewustzijn hebben te maken met het 'ik' en de vrije wil. Ook op die vragen heeft niemand een definitief antwoord, maar zij nodigen wel uit tot urenlang denken en filosoferen.

We wezen er al op: het bewustzijn is een uitzonderingstoestand. Het meeste dat zich in onze hersenen afspeelt is ontoegankelijk voor het bewustzijn. Het is niet zo dat wij voortdurend bewuste beslissingen nemen, dat ons 'bewuste ik' besluit een kopje op te pakken en vervolgens de hersenmachinerie in werking zet die dan uiteindelijk uitvoert wat het 'ik' daarbinnen besloten heeft. Onze hersenen staan niet onder leiding van een soort dirigent die de maat slaat en zorgt

dat elk lid van het orkest zijn partijtje meeblaast. Neurowetenschappelijk onderzoek heeft nog nooit een centrale instantie gevonden die we kunnen laten samenvallen met het 'ik' en die onze hersenprocessen aanstuurt. Het bestaan van zo'n 'ik' lijkt dan ook een illusie. Maar als dat zo is, is natuurlijk ook de notie van de vrije wil die daarmee samenhangt problematisch. Toch ervaren wij wél een vrije wil. Elke dag nemen we immers allerlei vrijwillige beslissingen, bijvoorbeeld om ergens naar toe te gaan. Dan zetten we onze benen in beweging of we stappen in de auto of de trein. Als we echter ons brein beschouwen als een fenomeen van een zuiver fysieke wereld waarin alles gedetermineerd is, dan is er geen ruimte voor een vrije wil, want ons gedrag is dan altijd een gevolg van oorzaken die in de termen van het fysieke brein te beschrijven zijn. Zelfs als we aannemen dat de fysieke wereld niet volledig gedetermineerd is, blijft de vrije wil problematisch. We willen immers niet de 'vrije wil' hebben van de dobbelsteen. We willen kunnen zeggen dat *ik* bepaal wat mijn hersenen doen. Maar als ons brein geen sturende centrale instantie kent, lijkt ons dat niet gegund. Zou het wellicht zo zijn dat ons brein gedrag genereert en ons tegelijkertijd de illusie verschaft dat er een 'ik' is dat dat gedrag stuurt? Dat geeft, lijkt me, voldoende stof tot nadenken.

#### *Literatuur*

- Block, N., 'On a Confusion about a Function of Consciousness', in: N. Block, O. Flanagan en G. Guzeldere (red.), *The Nature of Consciousness*, Cambridge, Ma.: MIT Press, 1997, p. 375-415.
- Draganski, B., C. Gaser, V. Busch, G. Schuierer, U. Bogdahn en A. May, 'Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training', in: *Nature*, 427 (2004), p. 311-312.
- Gall, F.J., *Recherches sur le système nerveux en général, et sur celui du cerveau en particulier...*, Paris: F. Schoell, 1809.
- Jaynes, J., *The origin of consciousness in the breakdown of the bicameral mind*, Boston: Mariner Books, 2000 (oorspr. uitgave 1976).
- Marshall, J.C., en P.W. Halligan, 'Blindsight and Insight in Visuospatial Neglect', in: *Nature*, 336 (1988), p. 766-767.