

*Revolutionaire
toepassingen van de
hersenenwetenschap in
aantocht*

B

ooming business van het brein

Dankzij nieuwe beeldtechnieken is het levende brein geen black box meer. Een scala van educatieve, medische en commerciële mogelijkheden komt binnen bereik. / *door* IRA VAN KEULEN

NEDERLANDS ELFTAL
HAD MINDER PENALTY'S
GEMIST ALS VAKER IN
GEDACHTEN WAS GEOEFEND

Vlak over de Duitse grens bij Nijmegen staat een apparaat dat de kennis van onze hersenactiviteit behoorlijk kan verbeteren. De machine, een deels door Nederland gefinancierde MRI-scanner die binnenkort officieel in gebruik wordt genomen, creëert zo'n sterk magnetisch veld dat het is geplaatst in een verlaten fabriekshal om geen andere apparatuur te kunnen storen.

De kracht van MRI-technologie kan op veel terreinen nieuwe mogelijkheden geven. Zo zal het menselijke leervermogen beter worden begrepen. Ook belooft de scanner inzichten in ernstige aandoeningen als Alzheimer, parkinson en autisme.

Wat een MRI-scanner (en in het bijzonder de nieuwe met een veldsterkte van 7 tesla) zo speciaal maakt, is de gedetailleerdheid van de hersenactiviteit die het zonder enige chirurgische ingreep kan volgen. Het apparaat kijkt rechtstreeks mee in ons hoofd, terwijl we lezen, ruiken, denken aan de smaak van ijs of een tekst uit ons hoofd proberen te leren.

De werking van een levend brein is altijd een black box geweest, tot de komst van geavanceerde beeldvormingstechnieken in de jaren negentig. Met name de functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) is een grote sprong vooruit geweest. De

volgende grote sprong moet nu komen van de integratie van alle nieuwe informatie die de beeldtechnieken hebben opgeleverd, en van de samenwerking tussen verschillende disciplines als de neurobiologie (werking van en communicatie tussen neuronen), de neurogenetica (de rol van erfelijk materiaal) en de psychologie.

SPIEGELNEURONEN

De neurowetenschap kent nog geen 'grand design', zoals de scheikunde met haar periodiek systeem van elementen, of de genetica, die al een aardig inzicht heeft in de werking van het DNA. Hersenonderzoekers worstelen nog steeds met losse puzzelstukjes, zonder zelfs te weten hoe groot de puzzel is. Maar de losse stukjes op zichzelf leveren soms al interessante toepassingsmogelijkheden op.

Een van die puzzelstukjes is bijvoorbeeld het mechanisme van spiegelneuronen. Als we kijken naar iemand die een bepaalde handeling verricht, worden onze neuronen actief in dezelfde hersengebieden als wanneer we zo'n activiteit zelf zouden verrichten. Op een fMRI-scan lichten dan spiegelneuronen in hetzelfde hersengebied op; het maakt niet uit of we kijken naar iemand die aan een ijsje likt, of dat we het zelf doen.

MRI-apparaat met een veldsterkte van 7 tesla, opgesteld in een oude fabriekshal bij het Duitse Essen. De magneet weegt 36 ton. In de kamer is 430 ton staal verwerkt om het magnetisch veld van de buitenwereld af te schermen.

beeld VINCENT VAN GURP

Resumé

- MRI-apparaten met sterkere magneten kunnen zowel de hersenen als de hersenactiviteit nog gedetailleerder in beeld brengen
- De kennis over de hersenen groeit snel, maar het ontbreekt nog aan een allesomvattende theorie
- Toch ontstaan op veel terreinen al ongekende toepassingsmogelijkheden, zoals de gezondheidszorg, het onderwijs, de voedingssector en de gaming-industrie
- De maakbaarheid van het brein lijkt groter dan ooit
- Samenleving moet nu gaan nadenken welke toepassing van nieuwe inzichten gewenst is

Er is wel één voorwaarde: de waarnemer moet de activiteit zelf ook onder de knie hebben. Het mechanisme werkt dus niet als je naar een circusartiest kijkt die een salto mortale maakt, terwijl je die zelf nog nooit hebt gemaakt.

Veel van dit onderzoek is gedaan bij apen bij wie elektroden rechtstreeks in het brein zijn aangebracht om het 'vuren' van individuele neuronen te meten. Bij menselijke proefpersonen is deze methode van 'single cell recording' te ingrijpend. Een fMRI-scan kan niet meten op individueel celniveau. Toch laat de techniek ook bij mensen een hersenactiviteit zien die duidt op het bestaan van spiegelneuronen.

Zo heeft fMRI-onderzoek in Groningen (en aan andere instituten) laten zien dat we de spiegelneuronen waarschijnlijk ook gebruiken om andermans emoties te begrijpen. Ze helpen ons om de emotie van anderen te begrijpen door de bewuste emotie te imiteren in ons eigen brein. Als we iemand zien die pijn lijdt, begrijpen we dat door zelf ook een beetje pijn te hebben. Letterlijk medelijden dus.

Al deze kennis heeft ertoe geleid dat er inmiddels een beter begrip is van autisme. Uit fMRI-onderzoek bij autistische kinderen blijkt dat het mechanisme van spiegelneuronen bij hen niet werkt. Bij het zien van blijde, verdrietige of boze gezichten, was er geen activiteit te zien in de gebieden

Denkspelletjes

Het lukt al aardig om bij verlamde mensen elektroden op de schedel of chips in het brein te plaatsen, die neurale signalen vertalen in commando's voor een cursor of een robot. De patiënt hoeft zich alleen maar mentaal voor te stellen dat de cursor naar rechts beweegt en het gebeurt. De gaming-industrie kijkt hier met een schuin oog naar. Met zo'n directe link tussen brein en computer kunnen spelers nog sneller hun virtuele tegenstander te lijf gaan.



MRI is een methode om beelden te maken van het inwendige lichaam. Een computer verwerkt deze tot foto's van dwarsdoorsneden.

waar de betreffende spiegelneuronen zich bevinden. Daardoor kunnen autisten zich niet of nauwelijks inleven in het gevoel van anderen.

Kijken staat dus min of meer gelijk aan doen, en zelfs aan voelen. Dat betekent dat het voorstellen van een handeling, of het kijken ernaar, hetzelfde effect zou moeten hebben als de handeling zelf doen. Uit onderzoek blijkt inderdaad dat de neurale verbindingen in het betreffende deel van het hersengebied *motor cortex* evenveel gegroeid waren bij mensen die een week lang pianoles hadden gehad, als bij mensen die een week hadden lang gekeken naar anderen die pianospeelden.

PENALTY'S

Je kunt je hersenen dus trainen door te visualiseren. Dit schijnt vooral te werken bij topsporters die hun bewegingen willen perfectioneren. Het Nederlands voetbalelftal had in de loop van zijn geschiedenis, misschien meer penalty's raak geschoten als ze de penalty's vaker mentaal hadden geoefend.

Dat de geest het brein en zijn neurale connecties kan beïnvloeden, blijkt ook uit fMRI-onderzoek naar de invloed van cognitieve gedragstherapie (CGT) op de hersenen van depressieve patiënten. Bij CGT leren mensen een positievere kijk op hun eigen gevoelens en waarnemingen te hebben. Uit het onderzoek blijkt dat deze positieve denkexerციes de overactiviteit verminderen in de *frontale cortex*, de zetel van redeneren, logica en andere vormen van 'hoger' denken. Het uiteindelijke re-

sultaat is zelfs net zo goed als het gebruik van antidepressiva. Zo blijkt het brein in staat om op vele manieren te leren en zich aan te passen. In neurowetenschappelijke termen: de plasticiteit van het brein is groter dan we ooit hadden gedacht.

LESMETHODODES

Veel neurowetenschappers zien het onderwijs als een veelbelovend terrein voor de toepassing van hun nieuwe inzichten. Uit de eerdergenoemde voorbeelden blijkt al dat substantiële veranderingen in het brein kunnen worden veroorzaakt door training.

Deze zogenoemde plasticiteit is met name groot bij kinderen; de invloed van alle lessen op het basisonderwijs en voortgezet onderwijs heeft dus een behoorlijke invloed op de ontwikkeling van het brein. Hoe meer we van die ontwikkeling weten, hoe beter we zouden kunnen weten wat we op welk moment en op welke wijze een kind het beste kunnen laten leren. Terwijl de inrichting van het huidige onderwijssysteem meer ingericht is op basis van modetrends

De kracht van het beeld

Je kunt je hersens trainen door visualisering. Dat geldt bijvoorbeeld voor topsporters, die bepaalde bewegingen kunnen perfectioneren door naar anderen te kijken die hetzelfde doen. Het geldt ook voor depressieve patiënten, die met positieve denkoefeningen hetzelfde resultaat kunnen bereiken als met antidepressiva.

– bijvoorbeeld klassikaal versus competentiegericht onderwijs – zouden de hersenwetenschappen wetenschappelijke feiten kunnen leveren als basis voor efficiëntere leeromgevingen of lesmethoden. *Evidence based* onderwijs heet dat.

Uit onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat ons brein, met name de cortex, vooral geïnteresseerd is in het leren van algemene regels, omdat ze niet zoveel opslagruimte kosten. (De hippocampus is wel gespecialiseerd in details, maar alleen van nieuwe of opvallende ervaringen, zoals 11 september 2001. Iedereen weet nog precies waar en met wie hij toen was.) Die algemene regels leren we bovendien niet door ze simpelweg in het hoofd te stampen, maar door ze uit voorbeelden te filteren. Wat we op school leren, en ook nog eens later toepassen in ons leven, zullen voornamelijk dergelijke regels zijn die we op basis van vele voorbeelden ons eigen hebben gemaakt.

Conclusie: het leren van losse feiten, die niet als voorbeelden kunnen dienen voor het aanleren van algemene regels, kan de school beter uit het curriculum schrappen.

Er zijn meer neurowetjes die van belang zijn voor het onderwijs. Om de leerstof beter te laten beklijven, is voldoende slaap essentieel. Dat heeft te maken met geheugenconsolidatie: de verhuizing van recente herinneringen naar het langetermijngeheugen. Ook is het beter om leermomenten te spreiden in de tijd, en niet te clusteren in één periode. Toch werkt het onderwijs vaak nog met korte cursussen met een examen aan het eind.

Een ander interessant neurowetenschappelijk feit – wederom uit fMRI-onderzoek gebleken – is dat bij jonge pubers bepaalde cognitieve vaardigheden die huizen in de prefrontale cortex nog niet zijn 'uitgerijpt'. Aan het begin van hun puberteit kunnen kinderen bijvoorbeeld nog niet goed prioriteiten stellen, voors en tegens wegen of (emotionele) gevolgen van hun beslissingen overzien. Voor de onderwijspraktijk betekent dit dat een leraar niet te veel moet verwachten van kinderen tussen de tien en zestien jaar als het gaat om plannen en keuzes maken. Een extra reden om het studiehuis ter discussie te stellen?

EETGEDRAG

Voeding is een meer algemeen bekend toepassingsterrein van neurowetenschappelijke kennis. Wie kent niet de producten in het schap van de supermarkt met slogans als 'belangrijke voedingsstoffen voor de hersenen' (Blue Band Idee) of 'verbetert

de alertheid' (Red Bull)? De markt voor deze functionele voedingsmiddelen voor het brein is nu booming business. Maar het is niet alleen de voeding die ons brein beïnvloedt, het is ook het brein dat ons eetgedrag stuurt. Neem bijvoorbeeld obesitas (vetzucht): volgens de World Health Organization een nieuwe epidemie. Neurowetenschappers zijn erachter gekomen dat drugsverslaving en obesitas twee kanten van dezelfde medaille zijn. Zo leiden obese mensen net als drugsverslaafden aan een dopaminetekort waardoor ze continu op zoek gaan naar nieuwe beloningen in de vorm van eten. Bovendien fungeert de *amygdala* – een hersengebied waar de emotie zetelt – bij te dikke mensen niet meer goed als de alarmbel die voldane eters waarschuwt om te stoppen met eten.

Al deze kennis heeft inmiddels geleid tot medicijnen als naltrexone en rimonabant die patiënten moeten helpen om hun overtollige kilo's kwijt te raken. Ook interessant is de poging van de Universiteit van Wageningen om voedingsmiddelen te maken die zo smaken dat je er niet te veel van eet. In wetenschappelijke termen heet dat: producten met een hoge sensorische verzadiging. Veel van de huidige dikmakers, zoals frisdrank of hamburgers, verorber je heel snel zonder dat er intern een verzadigingssignaal klinkt. Hopelijk komen er producten op de markt die niet alleen lekker zijn, maar ook zorgen dat je op tijd stopt met eten.

GEDACHTESTURING

Een toepassingsterrein dat sterk tot de verbeelding spreekt is brein computer interfaces (bci). De normale interface is dan niet meer het toetsenbord of de afstandbediening; het is de hersenactiviteit zelf die wordt gebruikt om protheses of een computer aan te sturen. Je eigen gedachten sturen de technologie direct aan.

De weg naar alledaagse toepassingen van dit idee is nog lang, maar er zijn al wel een paar geslaagde pogingen van elektroden op de schedel of chips in het brein van verlamde mensen, die neurale signalen vertalen in commando's voor een cursor of een robot. De patiënt hoeft zich alleen maar mentaal voor te stellen dat de cursor naar rechts beweegt en het gebeurt. De gaming-industrie kijkt inmiddels ook met een schuin oog naar deze proefopstellingen. Met zo'n directe link tussen brein en computer kunnen spelers nog sneller, zonder tussenkomst van een joystick, hun virtuele tegenstander te lijf gaan. Het Amerikaanse neurobedrijf

Lessen voor de leraar

- De hersens slaan vooral algemene regels over de werkelijkheid op, en weinig losse feiten. Het brein filtert die regels uit voorbeelden. Daarom kunnen kinderen het best die losse feiten leren, die als voorbeeld dienen voor algemene regels.
- Om leerstof duurzaam te onthouden, is nachtrust essentieel. De 'geheugenconsolidatie', het verhuizen van recente herinneringen naar het langetermijngeheugen, vindt plaats tijdens de slaap.
- Leermomenten spreiden in de tijd is beter dan clusteren in één periode. Helaas werkt het onderwijs vaak met korte cursussen en een examen aan het eind.
- Bij jonge pubers zijn bepaalde cognitieve vaardigheden nog niet 'uitgerijpt'. Daardoor kunnen ze niet goed prioriteiten stellen, afwegingen maken of (emotionele) gevolgen van hun beslissingen overzien. Een leraar moet niet te veel van ze verwachten als het gaat om plannen en keuzes maken.

EmotivSystems brengt volgend jaar een spel op de markt waar een draadloze helm met zestien sensoren bij hoort. Met behulp van die helm kan de gamer met zijn gedachten (bijvoorbeeld: 'ik wil deze steen optillen') objecten op het scherm bewegen.

Hoe meer we te weten komen over het brein, hoe meer toepassingsmogelijkheden in het verschiet liggen. In dat opzicht brengen de neurowetenschappen een heel ander maatschappelijk paradigma met zich mee dan bijvoorbeeld de genetica. Terwijl de erfelijkheidsleer het geloof in de voorbestemming van mensen versterkte, lijkt de hersenwetenschap juist het tegenovergestelde te bereiken. De maakbaarheid van het brein, en daarmee van ons zelf, lijkt groter dan ooit.

Daarom is het juist op dit moment – nu neurowetenschappelijk onderzoek nog in de kinderschoenen staat – van groot belang om als samenleving na te denken over wenselijke toepassingen van die groeiende kennis van ons brein. ■

Ira van Keulen is projectleider van het project 'Beelden van het Brein' van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek. Meer informatie op de website www.stt.nl