

Stan van Pelt



HACK

je

New Scientist
Pocket Science

HERSENEN

Van elektroshock tot breinchip

Inhoud

Inleiding 7

1. Van ijspriet naar breinelektrode 11
2. Onder de motorkap 18
3. Stroom & magneten 28
4. Stimulerende middelen 39
5. De neuroimaging-gereedschapskist 51
6. Brein-computer-interfaces 58
7. Toekomst 75
8. Ethiek 87

Dankwoord 95

Index 97

Meer lezen? 101

Inleiding

‘Wat dacht je van vechtraining?’, vraag computer-wizzkid Tank aan hoofdpersoon Neo in de bioscoophit *The Matrix* (1999). Hij stopt een geheugenkaart in een computer en Neo ziet zijn hersenen op een blauw beeldscherm verschijnen. ‘Jiu-jitsu? Ga ik jiu-jitsu leren?’ Drie tellen later stroomt de kennis via een kabel in zijn ruggenmerg Neo’s lichaam binnen: ‘Holy shit!’ Daarna volgen nog wat andere vechtsporten, zoals kempo en taekwondo. ‘Ik kan kungfu!’ roept hij uit. In een volgende scène leert zijn medespeelster Trinity op een vergelijkbare manier hoe ze een helikopter moet besturen. ‘Tank, ik heb een pilootprogramma nodig voor een Bell 212!’

In een zucht en een vloek nieuwe vaardigheden uploaden waar je normaal jaren voor moet oefenen. Of een pilletje nemen dat je in een keer een stuk slimmer maakt, zoals het stofje NZT-48 in de film *Limitless* (2011). Wie zou het niet willen? Nooit meer rijtjes stampen om een nieuwe taal te leren, of jarenlang negen uur per week turnen om eindelijk een radslag-overslag gevolgd door een dubbele salto te kunnen.

Het brein spreekt tot de verbeelding. Het is ons ‘ik’, de zetel van onze ziel, het maakt ons tot wie we zijn. Niet voor niets

heeft dat vernuftige orgaan *Homo sapiens* – de denkende mens – evolutionair zo succesvol gemaakt: het stimuleert ons om continu onze grenzen te verleggen. In de prehistorie maakten we al vuistbijlen om dieren te slachten – de oudste gevonden exemplaren dateren van anderhalf miljoen jaar terug. Later volgde ook ander gereedschap: speren, pijl en boog, het wiel. Inmiddels geeft de mens zo'n beetje de hele planeet naar eigen wens vorm, via (land)bouwwerktuigen en andere machines (en richt ze zichzelf deels weer te gronde, maar dat is een discussie voor in een ander boek). Zelfs zijn eigen lijf kan de mens inmiddels naar zijn hand zetten: antibiotica en andere medicijnen redden levens, orthopeden repareren gebroken ledematen, organen als de nier en lever kunnen volledig vervangen worden.

Nu lijkt ook het aanpassen van onze hersenen binnen handbereik te komen. Met een filosofische bril op zou je dit ons evolutionaire hoogtepunt kunnen noemen. Even tien vechtsporten uploaden is vooralsnog voorbehouden aan sciencefictionfilms; toch sleutelen we al op allerlei manieren aan het brein. Dit boekje beschrijft wat er allemaal al kan op dit moment, en wat we in de toekomst mogelijk nog kunnen verwachten – en wat niet. Maar ook h^oe dit allemaal kan.

Verbindingen tussen mens en computer, zoals in *The Matrix*, bestaan anno 2023 al. Brein-computer-interfaces heten ze – BCI's, in het kort. In tegenstelling tot bij Neo worden ze echter nog vooral gebruikt om hersensignalen te lézen – niet om je brein een upgrade te geven. Vaak gebeurt dat met elektroden op het hoofd. Zulke technologieën zijn een uitkomst voor verlamde patiënten; zij kunnen zo bijvoorbeeld via een spraakcomputer communiceren met de buitenwereld. Of een rolstoel of robotarm aansturen. Verreweg de meeste van dit soort technieken bevinden zich nog in de onderzoeksfase, maar sommige laten al wel veelbelovende

resultaten zien. Een spraakcomputer die uit je hersengolven afleest aan welke letter uit het alfabet je denkt bijvoorbeeld, of mensen die liggend in MRI-scanners *Tetris* of *Pong* met elkaar spelen via hun hersensignalen.

Maar er zijn ook tot de verbeelding sprekende technieken die inmiddels gangbaar zijn in de behandeling van hersenaandoeningen. Wat dacht je bijvoorbeeld van volledig weggevoerde geïmplanteerde elektroden bij parkinson? Diep in het brein geven die kleine stroomstootjes zodat patiënten veel minder problemen hebben met lopen. Of denk aan de hersenen lokaal een *boost* geven met krachtige magnetische pulsen. Zo'n behandeling helpt sommige mensen van hun depressie af, als medicijnen niets meer uithalen.

Over medicijnen gesproken: dat is misschien nog wel de meest gangbare manier waarop we onze hersenen stimuleren – vaak zonder dat we erbijilstaan. Van koffie tot amfetamine en antidepressiva, alle pepmiddelen laten je hersenen net iets anders werken.

Ten slotte ligt aan de horizon nog een hele gereedschapskist aan andere methoden in het verschiep om onze hersenen mee te beïnvloeden: geluidsgolven, lichtsignalen, zelfs heuse hersenchips – de droom van Elon Musk en zijn bedrijf Neuralink. Ik ga je er in dit boekje wegwijs in maken. Of we over vijftig jaar net zo makkelijk ons brein een upgrade geven als nu de besturingssoftware van onze telefoons, en of we dat ethisch gezien wel moeten willen? Die vragen zijn lastig te beantwoorden, maar net als met alle technieken die *Homo sapiens* de afgelopen honderdduizenden jaren ontwikkelde geldt ongetwijfeld: als we ze eenmaal in handen hebben, gaan ze niet meer weg.

1

Van ijspriet naar breinelektrode

Biep-piehiiep-biep. Een hard, snerpend geluid vult de kamer. Als je niet beter weet, lijken het net buitenaardse signalen. De bron is echter niet een planeet in een uithoek van het heelal, maar het binnenste van ons innerlijk universum: het brein. De piepjes zijn afkomstig van een elektrode die neurochirurg Saman Vinke van het Radboudumc in Nijmegen deze ochtend millimeter voor millimeter in het hoofd van de 69-jarige Coen schuift.

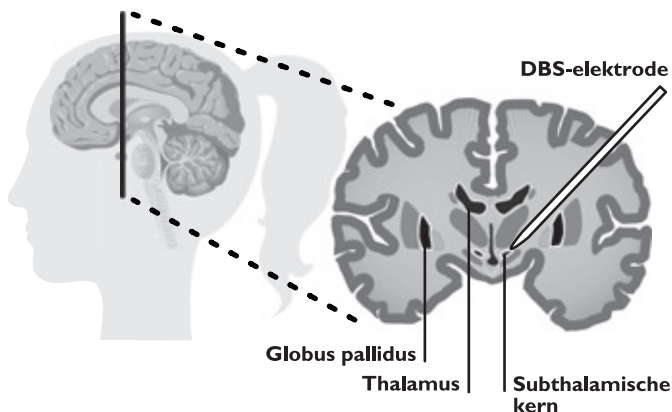
Met toestemming van de artsen en patiënt mag ik aanwezig zijn bij deze operatie. Zolang ik maar ruim een meter afstand houd (vanwege infectiegevaar) en niet in de weg loop, kan ik vrij bewegen door de ruimte. De patiënt zelf is volledig onder narcose.

Aan de toonhoogtes herkent de chirurg welke hersengebieden de elektrode passeert – hersenschors, thalamus – voordat hij zijn einddoel bereikt: de zogeheten subthalamische kern, diep weggestopt in het binnenste van ons brein. Een hoge toon betekent een hoge geleidingsweerstand en daarmee dat de elektrode door witte stof gaat, de verbindingkabels tussen hersengebieden. Hersenkernen – grijze stof – zorgen voor lage tonen.

Coen lijdt aan de ziekte van Parkinson en ondergaat een zogeheten DBS-operatie, omdat medicijnen niet meer voldoende soelaas bieden. DBS is een afkorting van *deep brain stimulation*, diepe hersenstimulatie. Hierbij worden twee elektroden, zo dun als ijzerdraad, ongeveer 8 centimeter diep in het brein van de patiënt geplaatst, in elke hersenhelft één, totdat ze precies in de pindavormige subthalamische kern prikken. Deze kern is belangrijk bij het aansturen van onze bewegingen, van lopen tot grijpen. Bij parkinson, waar zo'n 40.000 Nederlanders aan lijden, is dit hersengebiedje overactief, doordat het brein van patiënten te weinig dopamine aanmaakt. Hierdoor gaat lopen moeilijker. Stroomstootjes brengen het hyperactieve kerntje weer tot rust, als een soort pacemaker.

Een kwartier nadat chirurg Vinke elektrode één heeft geplaatst, volgt nummer twee, aan de andere kant van Coens hoofd. Een soort plastic gootsteenstopjes sluiten de openingen in diens schedel vervolgens onderhuids af en houden de twee elektroden op hun plaats. De snoertjes die nu uit het hoofd van Coen steken, duwen de chirurgen onder de huid door, helemaal naar zijn rechtersleutelbeen. Zelfs het controlekastje dat de elektrische pulsjes gaat aansturen, komt in het lichaam, onder zijn rechterborstspier – alles om infecties te voorkomen. De batterij in het apparaatje kan Coen straks draadloos opladen, op een manier die vergelijkbaar is met oplaadmatjes voor mobiele telefoons.

Het woord breintechnologie roept visioenen op van cyborgs, RoboCop-achtige wezens die half-mens, half-robot zijn met chips in hun brein. Maar de praktijk lijkt meer op de operatie van Coen, waar apparaten het lichaam helpen als dat niet meer naar behoren functioneert – in wezen niet anders dan een bril of wandelstok. Toegegeven, futuristisch klinkt het zeker: een hightech-apparaatje dat diep in je hersenen



Diepe hersenkernen en een DBS-elektrode tegen parkinson in een dwarsdoorsnede van het brein.

kleine stroompjes afgeeft om een ontspoord hersengebiedje weer in het gareel te krijgen. Best een slimme oplossing; hersencellen communiceren immers onderling ook met elektrische signalen.

In Nederland ondergaan jaarlijks tegen de tweehonderd parkinsonpatiënten zo'n DBS-behandeling. Genezen doet de elektrode overigens niet, ze verlicht alleen de symptomen tijdelijk. Dat geldt ook voor Coen. 'Ik ben elke dag blij dat ik geopereerd ben', vertelt hij drie weken na de operatie. Hij heeft zowel minder last van overbeweeglijkheid als van bewegingsstijfheid en zijn dosis medicatie ligt driekwart lager. De parkinson is niet weg, maar weer een tijdje beter onder controle.

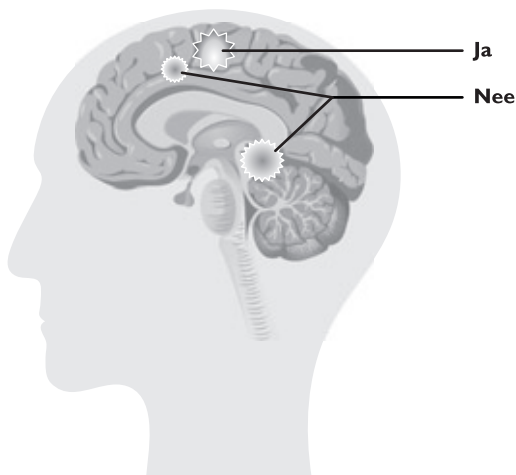
6

Brein-computer-interfaces

De Britse neurowetenschapper Adrian Owen deed een slim experiment in 2010. Met een MRI-scanner onderzocht hij mensen die in een zogeheten vegetatieve staat verkeerden. Ze hadden door ziekte of zuurstofgebrek zoveel hersenschade opgelopen dat ze niet meer zichtbaar reageerden op prikkels uit de buitenwereld. Bij zulke patiënten is het soms moeilijk inschatten in hoeverre ze misschien toch nog een vorm van bewustzijn hebben, een binnenwereld die ze – oh, horror – niet of nauwelijks meer kunnen uiten.

In zijn experiment instrueerde Owen de patiënten zich in te beelden dat ze ofwel aan het tennissen waren, ofwel in huis rondliepen. Van die twee activiteiten is bekend dat ze heel specifieke hersengebieden activeren, die op een functionele MRI-scan (fMRI, zie het vorige hoofdstuk) duidelijk van elkaar te onderscheiden zijn. Bij mentaal tennissen is de bewegingschors in het brein actief, tijdens lopen onder meer de parahippocampus (betrokken bij het ruimtelijk geheugen). Vijf van de onderzochte patiënten bleken in staat om hun hersenactiviteit inderdaad voldoende duidelijk te sturen, een indicatie dat ze een zekere vorm van bewustzijn hadden.

Het slimme van Owens test zat hem erin dat hij een van deze vijf patiënten vervolgens ja en nee liet antwoorden op



*Als de vegetatieve patiënt van Adrian Owen 'ja' wilde zeggen, dacht hij aan tennissen, en was zijn bewegingsschors actief. Bij 'nee' lichtte o.a. de parahippocampus op, omdat hij zich inbeelde rond te lopen in huis.
Bron: New England Journal of Medicine*

vragen via deze twee verschillende patronen van hersenactiviteit. Het ging om een man die op 24-jarige leeftijd een heftig auto-ongeluk had gehad en die Owen een aantal jaar eerder ook al met fMRI had onderzocht. Wanneer de patiënt een vraag als 'Heb je broers?' bevestigend wilde beantwoorden, moest hij aan tennissen denken ('ja'). Wilde hij 'nee' antwoorden, dan moest hij in gedachten een rondje lopen door zijn huis.

Omdat de persoonlijke geschiedenis van deze patiënt bekend was, kon Owen controleren of diens hersenactiviteit tijdens het experiment niet gewoon op toeval berustte. En inderdaad, vijf van de zes gestelde vragen beantwoordde de

patiënt goed (op de zesde kwam geen duidelijk antwoord). Hij was dus ‘wakker’, maar zat opgesloten in zijn hoofd.

Owens experiment kreeg wereldwijd aandacht en haalde in Nederland het achtuurjournaal. Niet gek: het is een tot de verbeelding sprekend voorbeeld van een brein-computer-interface (BCI). BCI is een overkoepelende term voor alles wat je puur op basis van je gedachten kunt aansturen, van een spraakcomputer tot een robotarm. Dankzij zich razendsnel ontwikkelende *neuroimaging*-technieken en kunstmatige intelligentie is steeds meer mogelijk op dit gebied. In dit hoofdstuk neem ik de belangrijkste mogelijkheden van BCI door.

Locked-in

BCI's zijn vooral een uitkomst voor mensen die niet of maar heel beperkt kunnen communiceren met de buitenwereld. Voor een deel zijn dit personen zoals de 24-jarige patiënt van Owen, die in een niet-responsieve, vegetatieve toestand leek te verkeren, maar toch bij bewustzijn bleek. Het overgrote deel van de ogenschijnlijk vegetatieve patiënten heeft niet-temin dusdanige hersenschade – door zuurstofgebrek, beroerte, virusinfectie of anderszins – dat hun bewustzijn te ernstig is aangetast. Bij hen heeft een BCI geen zin. Dat zag je ook terug in Owens experiment: tegenover de vijf patiënten met een duidelijke hersenrespons, stonden er 49 die niet meetbaar reageerden.

Bij patiënten met het zogeheten locked-in-syndroom is dat anders. Zij zijn vaak nog helder van geest, maar zijn de controle over nagenoeg al hun spieren kwijtgeraakt, bijvoorbeeld door een bloeding in de hersenstam. Meestal hebben deze patiënten alleen nog controle over hun oogspieren. Daarmee kunnen ze hooguit simpele ja/nee-vragen beantwoorden of een computercursor van links naar rechts