

# Brein bestuurt machine

Hoe een interface tussen computer en hersenen verlamden kan helpen

Het is mogelijk om met je gedachten je omgeving te beïnvloeden. Nee, we hebben het niet over telekinese, maar over brein-computer-interfaces die verlamde patiënten kunnen helpen communiceren, lopen en zelfs voelen.

Tekst: Marysa van den Berg

**D**e nu zestigjarige Hanneke de Bruijne uit Den Bosch kreeg in 2008 te horen dat ze aan de progressieve spierziekte ALS leed. Een paar jaar later was ze totaal verlamd en kon ze niet meer spreken. Maar afgelopen november was ze weer in staat te communiceren; dankzij een brein-machine-interface (BMI) van het Utrecht NeuroProthese-lab (Universiteit Utrecht) lukt het haar om hersensignalen om te zetten in letters en woorden op een tablet.

De ontwikkeling van de communicatie-BMI van De Bruijne kenmerkt een revolutie in deze technologie. Decennialang onderzoek naar manieren waarop de hersenen direct kunnen communiceren met een extern apparaat als een computer of prothese leidt nu tot BMI's die patiënten daadwerkelijk kunnen helpen.

## Hersenklik

Ons brein zit propvol hersencellen. Elke keer als we denken, bewegen of voelen, zetten we die neuronen aan het werk. Er ontstaan dan kleine elektrische impulsen die worden doorgegeven aan de buur-neuronen. Hierbij 'lekkert' telkens een paar elektrische signalen, die een detector kan oppikken en waarmee een apparaat kan worden aangestuurd. Neurowetenschapper Mariska van Steensel van Utrecht NeuroProthese legt uit hoe dat in zijn werk gaat bij de BMI van De Bruijne. "Via kleine gaatjes in de schedel hebben wij elektroden op het oppervlak van de hersenen neergelegd. Deze techniek heet elektro-corticografie. Vanuit de elektroden gaat een draadje onderhuids naar een zender in de borst. Die stuurt de hersensignalen draadloos naar een antenne die aan de kleding van de gebruiker is bevestigd. Vanaf die antenne gaan de signalen uiteindelijk naar een tablet." Op deze tablet staat software om hersensignalen te analyseren en te interpreteren, evenals een communicatie-app en spelletjes om je hersenen te trainen. "De programma's zijn te gebruiken middels een zogenoemde hersenklik", zegt Van Steensel. "Dit is een soort muisklik, maar dan een die je met de hersenen uitvoert. Een hersenklik wordt gemaakt op het moment dat het hersensignaal zodanig hoog is dat het over een drempelwaarde gaat."

De communicatie-app bestaat meestal uit rijen letters of woorden. Die lichten een voor een automatisch op. "Op het moment dat De Bruijne een letter of woord wil selecteren, probeert ze haar hand te bewegen, wat resulteert in een hersenklik precies op het moment dat de letter of het woord oplicht, vertelt Van Steensel.

## Spijkerbedje

Naast elektro-corticografie (ECoG) zijn er nog twee methoden mogelijk voor het detecteren van hersensignalen door een BMI. Bij elektro-encefalografie (EEG) zitten de elektroden verwerkt in een muts op het hoofd. Maar de signalen die je dan meet zijn van mindere kwaliteit, omdat ze nog door de hoofdhuid en de schedel moeten. Bovendien is het niet fijn altijd iets op je hoofd te hebben.

De andere methode is een intracorticaal implantaat, waarbij de elektroden in – dus niet op – de hersenen zijn aangebracht. Zo'n implantaat bestaat uit een soort spijkerbedje van naaldjes van 1 millimeter lang die in de hersenen prikken. "Dat geeft een sterk signaal, want er zitten veel elektroden op een heel klein gebied. In principe resulteert dat in veel controle-mogelijkheden voor de gebruiker", vertelt Van Steensel. "Maar op dit moment is zo'n BMI alleen te gebruiken door het implantaat te verbinden met een dikke kabel die aan een grote computer vastzit. Dit is niet alleen oncomfortabel, maar zo'n draad die permanent door de huid steekt vergroot ook de kans op infectie."

Toch gebruikt een Amerikaans consortium van universiteiten, BrainGate, een intracorticaal implantaat. Deze wetenschappers willen net als de onderzoeksgroep van Van Steensel verlamde patiënten helpen communiceren. Begin dit jaar lieten ze weten dat hun patiënten tussen de drie en acht woorden per minuut halen. Dat is een stuk meer dan De Bruijne nu haalt: twee à drie letters per minuut. Volgens Van Steensel is dat verschil goed te verklaren. “BrainGate heeft dankzij een sterker hersensignaal een zogenoemd multidimensionaal systeem. Zij hebben geen hersenklik, wat een binair systeem is, maar een cursor die naar links, rechts, onder of boven beweegt. Dat geeft meer snelheid. Dat is natuurlijk erg aantrekkelijk en lijkt goed te werken, maar het nadeel is wel dat de patiënten er thuis niets aan hebben. Er is altijd een team van wetenschappers in de buurt nodig. Terwijl de Bruijne haar systeem 24 uur per dag en zeven dagen per week zelfstandig kan gebruiken.”

## Robotarm

Dankzij een BMI kunnen verlamde patiënten dus weer ‘praten’, en dat is een prachtige verbetering in de levenskwaliteit. Maar een BMI kan nog veel meer betekenen in de medische wereld. Een andere toepassing is bijvoorbeeld het besturen van een robotarm. Zo lieten vorig jaar acht gezonde proefpersonen in een studie van de University of Minnesota een robotarm objecten op een tafel beetpakken en overbrengen naar een andere plek.

Daarvoor was wel eerst een training nodig. De deelnemers moesten achtereenvolgens visualiseren dat ze hun hand naar voren brachten, sloten en het object in kwestie optilden en naar links of rechts bewogen. Na veel sessies leerde de software de hersensignalen die geassocieerd zijn met elk van deze bewegingen koppelen aan die van de robotarm. Dus wanneer een persoon in gedachten met zijn hand naar voren reikt, zal de robotarm dat ook doen – althans in 70 tot 80 procent van de gevallen. De robotarm in kwestie is nog erg groot en nog niet praktisch in het dagelijks gebruik, maar het is een eerste stap om verlamde en geamputeerde patiënten letterlijk een handje te helpen.

## Weer voelen

Een ander succesverhaal is dat van de 29-jarige Amerikaan Nathan Copeland, die bij een ongeluk verlamd raakte vanaf de borst. Hij kreeg vorig jaar een robotarm aangemeten die hij met een BMI kon bewegen en die hem bovendien in staat stelde te voelen. Dit wordt een bidirectionele BMI genoemd: er gaat zowel een hersensignaal naar het apparaat als een elektrisch signaal terug naar de hersenen. Een tweerichtingsverkeer dus. Wanneer een onderzoeker een voor een Copelands robotvingers aanraakte, kon hij precies aangeven welke vinger hij voelde. Dat komt doordat het signaal van bijvoorbeeld het aanraken van de robotwijsvinger terechtkomt in precies dat deel van de gevoelscortex dat normaal gesproken de gevoelssignalen van de echte wijsvinger ontvangt. Een bidirectionele BMI kan dus verlamden en geamputeerde patiënten weer laten voelen. En dat niet alleen, ook voor de bediening van de robotarm is gevoel van belang, zegt Van Steensel. “Als je een robotarm op een goede manier wilt gebruiken in het dagelijks leven, dan heb je bij het oppakken van voorwerpen precies de juiste hoeveelheid kracht nodig. Je wilt een ei bijvoorbeeld niet oppakken met dezelfde kracht als een emmer water, want dan knijp je het fijn. Je hebt dus feedback nodig richting de hersenen. Daarbij biedt een bidirectionele BMI uitkomst.”

## WK-aftrap

Een BMI kan ook verlamde mensen weer leren lopen. Een belangrijk onderzoeksproject dat hierom draait is het Walk Again Project, geleid door neurowetenschapper Miguel Nicolelis (Duke University). Als onderdeel van het project leerden acht volledig verlamde patiënten, van wie sommigen meer dan tien jaar verlamd waren, een BMI gebruiken. Een EEG-muts registreerde hersensignalen in de motorcortex van het brein waar de beencontrole plaatsvindt. De signalen werden vervolgens doorgestuurd naar de juiste spieren in de benen, zodat deze activeerden. Zo wordt het beschadigde deel van het ruggenmerg omzeild.

De patiënten liepen eerst in een virtuele omgeving. Er waren in eerste instantie geen signalen te zien in de juiste hersengebieden. Het brein wist als het ware niet meer van het bestaan van het onderlichaam. Maar na maanden oefenen begonnen de onderzoekers steeds meer hersenactiviteit te bespeuren.

Op een gegeven moment verplaatste de trainingssessies zich van VR naar de échte realiteit: de patiënten kregen een harnas aan om hun lichaam te ondersteunen, terwijl ze beetje bij beetje hun benen leerden bewegen. Ook kregen de patiënten elders in hun onderlichaam meer spiercontrole, zoals in hun blaas en maagdarmsstelsel. Ze werden daardoor minder afhankelijk van een katheter en laxerende middelen. Het mooiste nieuws kwam van de 29-jarige Juliano Pinto. In een exoskelet dat hij bestuurde met zijn brein, trapte hij het WK voetbal in 2014 in São Paulo af. Een symbolisch teken van de prachtige mogelijkheden van BMI's.

Toch zijn er nog heel wat hobbels te nemen voor BMI's definitief deel zullen uitmaken van het dagelijkse leven van verlamde en geamputeerde patiënten. "In het geval van intracorticale implantaten zou het een grote stap zijn als een versterker onder de huid kan worden ingebouwd. Op die manier zou die uitstekende draad niet meer nodig zijn", zegt van Steensel. "Bovendien moet alles nog veel kleiner, handzamer en praktischer worden. En in het algemeen moet de betrouwbaarheid verder omhoog. Bij ons is De Bruijne nu in 90 procent van de gevallen in staat de letters aan te klikken die ze wil. We zijn nu elektroden aan het testen die heel dicht op elkaar zitten, in de hoop een rijker hersensignaal te krijgen." Maar het leven van Hanneke de Bruijne is in ieder geval al wel een stuk verrijkt door deze vooruitstrevende technologie.

**Marysa van den Berg** is wetenschapsjournalist met een biofarmaceutische achtergrond. Voor dit artikel sprak zij met neurowetenschapper Mariska van Steensel (Utrecht NeuroProthese) Daarnaast raadpleegde zij onder andere de volgende literatuur: Ana R.C. Donatie e.a.: *Long-term training with a brain-machine interface-bases gait protocol induces partial neurological recovery in paraplegic patients*, Scientific Reports (11 augustus 2016) | Mariska van Steensel e.a.: *Fully implanted brain-computer interface in a locked-in patient with ALS*, The New England Journal of Medicine (24 november 2016)

## **Bottomline**

- In een BMI worden iemands hersensignalen opgepikt en naar een extern apparaat gestuurd. Zo kan een verlamde patiënt letters op een scherm tikken of een rolstoel of robotarm besturen.
- Een birectionele BMI zorgt ervoor dat verlamde of geamputeerde patiënten niet alleen hun handen of benen weer kunnen bewegen, maar er ook gevoel in krijgen.
- BMI's kunnen ook worden ingezet om verlamden te leren lopen, door de hersenen weer een representatie te geven van het verlamde onderlijf en het beschadigde ruggenmerg te omzeilen.

## **Weetjesbalk = tijdbalk**

1924 Psychiater Hans Berger registreert menselijke hersenactiviteit door middel van EEG, een van de drie methoden die kunnen worden gebruikt in een brein-machine-interface (BMI).

1964 William Grey Walter ontwikkelt per ongeluk de eerst BMI: nog voordat een patiënt een knop kan indrukken voor een nieuwe dia in een projector, verschuift hij al dankzij een elektrisch signaal van de patiënt met elektroden op zijn hoofd.

1970 Het Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) van de VS initieert een programma om breincommunicatie middels EEG te onderzoeken.

1976 De Belgische computerwetenschapper Jacques Vidal komt met de term 'Brein-computer-interface' (hetzelfde als BMI).

1999 Een BMI wordt gebruikt om een verlamde patiënt een hand te laten bewegen. In hetzelfde jaar wordt de eerste BMI gedemonstreerd die een locked-in-patiënt in staat stelt tot communiceren.

2004 De eerste keer dat een mens wordt geïmplant met een BMI waarvan de elektroden in de hersenen zitten. De patiënt kan ermee e-mailen en de tv bedienen.

2013 Voor het eerst wordt BMI met elektroden op het oppervlak van de hersenen gedemonstreerd van vier epilepsiepatiënten, die er een computercursor mee weten te besturen.

2016 Eerste keer zelfstandig thuisgebruik van een BMI, ontwikkeld door Utrecht NeuroProthese, door ernstig verlamde patiënt Hanneke de Bruijne.

[KADER: lijstje](#)

## **5 neurostimulators**

Deze implantaten sturen geen apparaat aan, maar helpen patiënten door zenuwen te stimuleren.

### **Cochleair implantaat**

Dit implantaat in het oor vangt geluidsgolven op, zet die om in een elektrisch signaal en geeft dit door aan gehoorzenuwen, zodat een dove patiënt weer enigszins gesprekken kan volgen.

### **Visueel implantaat**

De blinde patiënt heeft een bril op met minicamera's. De beelden worden met een computer omgezet naar een elektrisch signaal en dat wordt via een implantaat naar de visuele cortex van het brein overgebracht. Dat levert de gebruiker een vaag plaatje op van de omgeving.

### **Anti-epilepsie-implantaat**

Het bedrijf NeuroPace heeft een hersenimplantaat ontwikkeld voor epilepsiepatiënten. Het apparaatje detecteert hersensignalen en geeft bij ongewone activiteit pulsen die een epilepsieaanval helpt voorkomen.

### **Pijnstillend implantaat**

Een ruggenmergstimulator veroorzaakt een tinteling (parathese) in het gebied van het ruggenmerg dat pijnsignalen doorgeeft aan de hersenen. Door deze verstoring ontstaat er pijnverlichting.

### **Diepe hersenstimulatie**

Hierbij worden elektroden geïmplanteerd in het brein en verbonden met een onderhuidse stimulator elders in het lichaam. Deze stimulator geeft continu elektrische pulsen af die de hersenactiviteit beïnvloeden en klachten bij onder andere de ziekte van Parkinson en depressie verminderen.

**Meer lezen? Ga naar [www.kijkmagazine.nl/artikel/BMI](http://www.kijkmagazine.nl/artikel/BMI)**