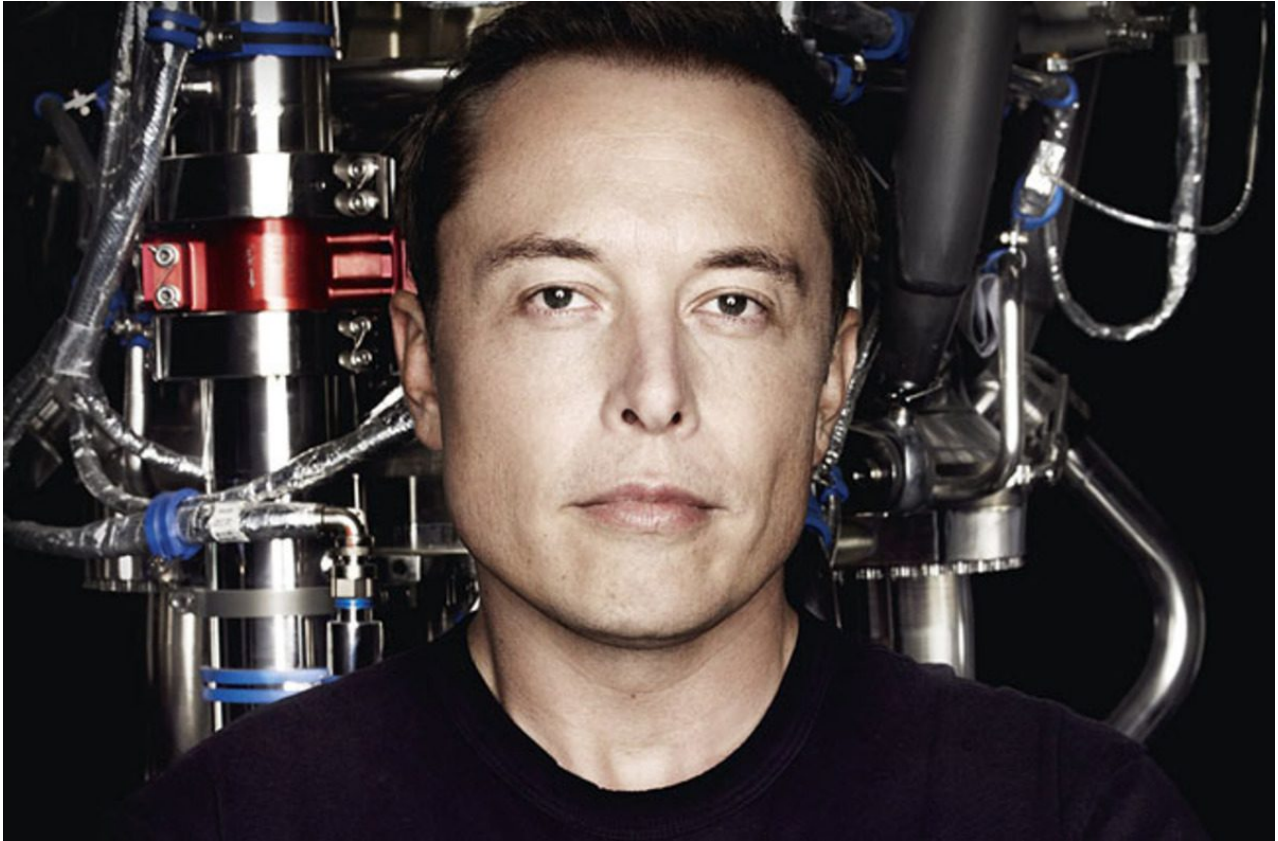


Neuralink: Elon Musk & hersenimplantaten

 peterjoosten.net/neuralink

Peter Joosten MSc

October 8, 2019



Neuralink: Elon Musk & hersenchips. Hoe werkt de techniek van Neuralink? Wat zijn de plannen van Elon Musk? Onder andere hersenchips met kunstmatige intelligentie.

Elon Musk Neuralink

Halverwege 2017 kwam Elon Musk voor het eerst in het nieuws met Neuralink. Dit bedrijf wil, door middel van een chip-implantaat in het hoofd, de menselijke intelligentie uitbreiden met kunstmatige intelligente.

Concreet: dit bedrijf wil kunnen ingrijpen op de neuronen in de hersenen.

Dit artikel heb ik als volgt opgebouwd:

- Video: werking Neuralink (een samenvatting van dit artikel);
- Visie Neuralink (aan de hand van interviews uit 2018);
- Na de ruimte gaat Musk nu de hersenen in (aan de hand van een interview uit 2020);
- Link in varken Getrude (update n.a.v. presentatie in augustus 2020);
- Aap Pager met spel Pong (update n.a.v. video in april 2021);
- Andere ontwikkelingen en initiatieven;
- Conclusie (uitdagingen, de toekomst en mijn visie);

- Extra: Deep Brain Stimulation (DBS).
-

Mijn video over Neuralink

Video: werking Neuralink

Op mijn Engelstalige YouTube-kanaal staat deze video over Neuralink:



Watch Video At: <https://youtu.be/S93jsqKwPhU>

Mijn video over Neuralink

In 2018 deelde Musk voor het eerst zijn plannen met Neuralink in een interview.

Visie Neuralink

Het is niet zo makkelijk dat ik een script voor neuronen kan downloaden dat voor mij op een bepaalde manier werkt, die ik dan kan kopiëren naar iemand anders en dat diegene vervolgens hetzelfde kan als ik. De scènes uit *The Matrix* waarin Neo nieuwe vaardigheden kan downloaden, lijken nog ver weg.

Het perspectief is echter wel interessant. Op WBW [link onderin] staat de mooie vergelijking dat we als mensheid ongeveer 50.000 jaar geleden de taal hebben uitgevonden. Dat is een vorm van communicatie die we nog steeds gebruiken. Oké, daar zijn schrift, boekdrukkunst en internet bij gekomen.

Maar waarom kunnen we niet via onze gedachten met elkaar communiceren? Dat is de visie van Neuralink.

In september 2018 sprak Elon Musk hierover in de podcast van Joe Rogan:



Interview Joe Rogan met Elon Musk in 2018

Uitleg Neuralink

Musk ziet zichzelf als hemelbestormer, door met zijn ideeën, geld en verbeeldingskracht een hele nieuwe industrie te ontwerpen. Het doel van die nieuwe industrie is niet alleen om geld te verdienen, maar ook om de mensheid als geheel verder te brengen.

Wat zijn dan de voordelen?

- Snellere communicatie tussen mensen;
- Meer genuanceerde en accuratere communicatie tussen mensen (volgens Elon Musk zelf);
- Bovenstaande punten leiden weer tot betere samenwerking, meer innovatie, etc;
- Direct gebruik maken van kunstmatige intelligentie. Denk aan het direct verstaan van een vreemde taal.

Musk stoort zich aan 'de output' van het menselijk brein. Die is tergend langzaam, vergeleken met bijvoorbeeld 'de hoge bandbreedte van de visuele interface met het brein' (de ogen) van mensen. Musk: 'Met de huidige wijze van communiceren, zoals typen, ben je beperkt tot 10 bits per seconde. Een computer heeft een verbinding van een miljard bits per seconde.'

Telepathie

Daarom is zijn idee: als we gedachten kunnen afvangen en omzetten in tekst of beweging, zou de mensheid een stuk efficiënter communiceren. Met zulke toepassingen zullen we als mensen onderling ook op een andere manier communiceren, als een soort van **telepathie**. In de utopische visie van Musk leidt dat ertoe dat we elkaar als mensen onderling altijd begrijpen, wat leidt tot nieuwe ideeën en minder conflicten.

De output van het menselijk brein is tergend langzaam.

Elon Musk, Neuralink

Kunnen mensen dan je gedachten lezen? Volgens Musk zal dat niet zo zijn. Volgens hem moet je dan zelf de keuze maken om een gedachte met iemand anders te delen. Misschien noemen we het geen gedachte meer, maar hebben we een ander woord voor gedachten die je voor jezelf houdt en voor gedachten die je deelt.

Daarnaast zijn er nog talloze andere uitdagingen die de wetenschappers, onderzoekers en techneuten bij Neuralink te wachten staan. Hier kom ik verderop in dit artikel nog op terug.

Intieme communicatie

Het idee van Musk lijkt wellicht een vergezicht uit een science-fiction verhaal, toch vindt er boeiend onderzoek plaats op het thema van **brein-tot-brein communicatie**. Een paar toonaangevende publicaties in de afgelopen jaren:

- Neurowetenschapper Miguel Nicolelis (Duke University) toonde in 2013 al aan dat hij ratten via een implantaat in de motorische cortex via een computer met elkaar kon verbinden [link onderin];
- Hersenonderzoeker Seung Schik Yoo (Harvard University) toonde in datzelfde jaar aan dat mensen met EEG-elektroden op de schedel konden zorgen dat ratten hun staart gingen bewegen [link onderin];
- Een jaar later toonden professoren Rao en Stocco (University of Washington) aan dat ze via EEG-elektroden en een TMS-hoofdband met elkaar konden communiceren [link onderin]. De eerste dacht aan het indrukken van een knop en de tweede deed dat na een magnetische puls in de hoofdband.
- In 2019 ontwikkelden onderzoekers van de Cornell University hun programma voor brein-tot-brein communicatie. Ze deden dit op basis van het eerder genoemde onderzoek van Rao en Stocco. Het platform heet **BrainNet**.

Ondanks de vorderingen is het downloaden van kennis, zoals in de film *The Matrix*, in ieder geval op korte termijn onrealistisch. Herinneringen hebben niet één plek in de hersenen, maar worden gevormd door associatieve verbindingen tussen verschillende hersengebieden.

Interview Randal Koene

Eind 2019 heb ik **Randal Koene** hierover geïnterviewd voor mijn [Youtube kanaal](#). Hij was eerder betrokken bij onder meer Neuralink.

Bekijk het interview hieronder:



Interview met Randal Koene

Kritiek

Het lastige is, volgens onderzoeker Paul Merolla, dat de werking van de neuronen per persoon verschilt. Een tweede probleem zijn de talloze verbindingen die neuronen met elkaar in een netwerk maken. Momenteel hebben we de rekenkracht nog niet om dit in kaart te brengen, laat staan om daarop in te grijpen. Een derde probleem is neuroplasticiteit. De verbindingen in onze hersenen veranderen elk moment.

Dat betekent dat er nog veel vragen open staan. Hoe kun je met die talloze neuronen en verbindingen genoeg bandbreedte creëren? Hoe leid je energie naar de chip toe? Gaan we alle mensen chippen?

Andere hersenwetenschappers twijfelen ook aan de methode van implantaten. Professor David Eagleman van Stanford University zegt dat het veel waarschijnlijker is dat we neuronen genetisch kunnen modificeren, dan dat we met **robots op nanoschaal** de hersenen kunnen analyseren of er op kunnen ingrijpen. Daarvoor hoeven we niet per se invasieve technologie in de hersenen te brengen.

Divya Chander

Divya Chander is Neural Data Scientist en anesthesioloog bij Stanford University (Verenigde Staten). Zij is het eens met de uitspraak van Eagleman. Ik sprak haar in 2016 op de Singularity University Summit in Amsterdam. In haar onderzoek proberen Chander en haar collega's heel gericht neuronen en synapsen te analyseren. Chander: 'Een nadeel van Deep Brain Stimulation is dat het een invasieve technologie is. Je brengt elektronica in de hersenen. Daarmee loop je het risico dat andere hersengebieden worden aangetast.'

Je brengt elektronica in de hersenen. Daarmee loop je het risico dat andere hersengebieden worden aangetast.

Divya Chander, Stanford University

Chander denkt aan andere methoden dan hersenchips. Ze vertelt over experimenten bij muizen met licht (optogenetic technology) en met geluid (sonogenetics). Psychedelische middelen is volgens haar een andere oplossing. Zij past dit in haar onderzoeken toe, bijvoorbeeld met **ketamine**. ‘Ketamine kan helpen bij de opiaatreceptoren en daarmee verslaving verminderen.’

Macht

In een artikel in de *Volkskrant* geeft Esther Keymolen (Universiteit Tilburg) aan dat je de mens afhankelijk maakt van een commercieel bedrijf: ‘Je krijgt met deze technologie in feite een bedrijf in je hoofd. Het is nu al moeilijk te achterhalen wat technologieconcerns met al je gegevens doen en hoe ze verbanden leggen.’ Later vraag ik haar dit ook tijdens een interview voor mijn [YouTube-kanaal](#).

Je krijgt met deze technologie in feite een bedrijf in je hoofd.

Esther Keymolen, Universiteit Tilburg

Dit bespreek ik ook met hersenwetenschapper Martijn van den Heuvel in de podcast: ‘De vraag is of we dat willen als maatschappij. Willen we dat? Willen we een extra harde schijf, bij wijze, van onze hersenen? Of misschien dat we op die manier beïnvloedt worden door een chip? Je kan beargumenteren dat je daardoor een vorm van autonomie natuurlijk verliest.’

Het biedt dit argument ook een paradigma de andere kant op. Misschien ontstaat er dan een echt collectief bewustzijn. Dan worden we door de symbiose van mens en machine echt een nieuwe soort. Of, in de visie van Musk: als we niet willen verliezen van kunstmatige intelligentie, dan moeten we ermee samensmelten.

Bekijk mijn interview met Esther Keymolen:



Mijn interview met Esther Keymolen. Vanaf 0:15 praten we over Neuralink.

In 2020 kwam Musk nogmaals bij Joe Rogan vertellen over Neuralink. In het kader van mijn **opleiding wetenschapsjournalistiek** schreef ik daar een stuk over. Hiervoor interviewde ik dr. Mariska van Steensel (Universiteit van Utrecht).

Na de ruimte gaat Musk nu de hersenen in

Op 7 mei 2020 schoof Elon Musk aan bij Joe Rogan in zijn studio. Rogan is de host van een immens populaire podcast, de *Joe Rogan Show*. Het gesprek start over de naam van Musk's laatste kind (X Æ A-12) en gaat daarna al snel over Neuralink. Na ruim 23 minuten in het interview, dat begin juni al ruim 14 miljoen keer is bekeken op YouTube, zei hij: 'We werken aan chip waarmee je alle typen hersenaandoeningen kan verhelpen.'

Van epilepsie tot Alzheimer

Musk: 'Je kan denken aan epilepsie. We detecteren dat en sturen een pulse om een aanval tegen te gaan', zegt Musk tijdens het interview. Hij geeft de indruk dat alles kan met Neuralink: van het genezen van zicht, het weer beheersen van onwillige spieren, het terugkrijgen van spraak na een hartaanval tot het opknappen van het geheugen bij de ziekte van Alzheimer.

Neuralink werkt aan zogenaamde brain-computer interfaces (BCI), somt ook aangeduid als brain-machine interfaces (BMI). Dit zijn methoden voor een mens om met hersensignalen te communiceren met computers. Bij het UMC Utrecht Hersencentrum doet Mariska van Steensel onderzoek naar brain-computer interfaces. Specifiek werken zij en haar collega's aan de Utrecht NeuroProthese, een hersenimplantaat waarmee een patiënt met gedachten een spraakcomputer kan bedienen.

Hawking was nog in staat om een klein spiertje in zijn wang aan te sturen.

Mariska van Steensel (UMC Utrecht)

De NeuroProthese is voor patiënten met een ernstige verlamming, zoals het locked-in syndrome – wat veroorzaakt kan worden door een hersenstaminfarct (een beroerte waarmee er niet genoeg bloed in de hersenstam komt, PJ) – of een vergevorderd stadium van ALS. Door hun aandoening kunnen ze niet of amper meer communiceren. Een bekend voorbeeld is wijlen Stephen Hawking. Van Steensel: ‘Hawking was nog in staat om een klein spiertje in zijn wang aan te sturen.’ Zo kon hij letters op een computer selecteren, die de letters weer omvormde naar spraak.

Neurale draadjes

De patiënten die Van Steensel onderzoekt kunnen vaak geen enkele spier meer gebruiken. De procedure is dat een chirurg kleine gaatjes in de schedel boort, kleine elektroden op de hersenen legt en een implantaat onder het sleutelbeen aanbrengt. Dat implantaat zendt de hersensignalen van de elektroden draadloos naar een computer.

Vijf jaar geleden onderging de eerste proefpersoon deze behandeling. Zij communiceert nu als volgt: op een matrix lichten letters na elkaar op. Door het denken aan een specifieke handeling (zoals het ballen van je hand) maak je een zogenaamde ‘hersenklik’ en daarmee selecteer je een letter of teken. Op die manier kun je letter voor letter een woord of zin vormen. Van Steensel: ‘Dit is behoorlijk traag, maar de eerste deelnemer is er echt ontzettend blij mee.’

Dit is behoorlijk traag, maar de eerste deelnemer is er echt ontzettend blij mee.

Mariska van Steensel, UMC Utrecht

De Utrechtse hardware verschilt van de techniek die Neuralink hanteert. Zo plaatst Neuralink de elektroden op een andere plek. In een paper uit juli 2019 presenteert Elon Musk hun aanpak. Hij beschrijft het als een ‘BMI systeem met een ongekend hoge bandbreedte’. Daarvoor gebruikt het bedrijf 96 dunne flexibele draden met elk ruim 3.000 elektroden. Een operatierobot kan zes draadjes per minuut door de schedel in het brein prikken.

Wondermiddel

Van Steensel: ‘Zij willen heel veel kleine draadjes in de hersenen steken. Wij leggen de elektroden op het brein’ Het conceptuele voordeel is dat de data van Neuralink veel gedetailleerder en preciezer is, omdat de elektroden kleiner zijn en dus hersencellen van kleinere groepen kunnen meten. In een grote groep hersencellen is er een grotere kans dat er ook cellen tussen zitten die een andere functie hebben en het signaal verdunnen.

Toch kan Van Steensel haar verbazing niet onderdrukken als het gaat over de belofte van Neuralink om als wondermiddel alle neurologische aandoeningen te kunnen verhelpen. Van Steensel vindt dat nogal een boude uitspraak: ‘Onderzoeksgroepen overal ter wereld

werken al jaren aan brain-computer interfacing.’ Daarbij kun je alle hersenaandoeningen niet over één kam scheren. ‘Van al die ziekten moet je gedegen kennis hebben. Hoe het ontstaat, hoe het eruit ziet en wat je nodig hebt om het op te lossen.’

Testen op mensen

In het interview met Joe Rogan toont Musk zich optimistisch over de vooruitgang van de neurale draden. Hij verwacht binnen één à twee jaar de eerste experimenten op mensen te kunnen doen. Hoewel de eerste testen met proefdieren succesvol lijken te zijn, verloopt de stap naar experimenten bij mensen niet zo snel. Van Steensel: ‘De regelgeving om dit te testen bij mensen is fors. Het lijkt me sterk dat ze dit al zo snel bij mensen kunnen testen.’

Ze ziet ook een lichtpuntje. ‘De aandacht van Musk zorgt voor een enorme kapitaalinjectie, die de ontwikkelingen in ons veld kan versnellen.’ Tenminste, als Musk ondertussen niet andere interesses heeft gevonden en met zijn vrouw, X Æ A-12 en andere kinderen op Mars gaat wonen.

Bekijk hieronder het interview:



Interview Joe Rogan met Elon Musk in 2020

Augustus 2020 hield Neuralink een presentatie over de vorderingen van hun product.

Link in varken Gertrude

In augustus 2020 organiseerde Neuralink een presentatie. Vanwege de coronapandemie werd deze via een livestream uitgezonden via YouTube. De opname van de stream staat verderop in dit artikel.

Bij het begin van de presentatie vertelde Elon Musk over het doel van de presentatie: het aantrekken van getalenteerde werknemers die voor Neuralink willen werken. ‘We willen vandaag geen geld ophalen. Nee, vandaag willen we vooral mensen overhalen om voor Neuralink te komen werken. Zo kunnen we ons product verder ontwikkelen, zorgen dat het goedkoop en betrouwbaar is, zodat meer mensen het willen dragen.’

Nog steeds zijn de ambities torenhoog. Bergen beklimmen zonder angst. Een symfonie afspelen in je hoofd. **De aard van bewustzijn ontdekken.** Blindheid, verlamming, doofheid en mentale aandoeningen verhelpen. Dat is de belofte die Neuralink maakt.

Uiteindelijk is het een soort van Fitbit, maar dan in je hoofd met kleine draadjes in je hersenen.

Elon Musk, Neuralink

Tijdens de presentatie noemde niemand overigens een tijdspad of een datum waarop dit allemaal mogelijk zou zijn. Niet dat Elon Musk bekend staat om het halen van zulke deadlines, maar toch. Met zulke toepassingen zouden veel mensen geïnteresseerd zijn in het product van Neuralink. Dat is ook het doel: ‘Uiteindelijk is het een soort van Fitbit, maar dan in je hoofd met kleine draadjes in je hersenen.’

Demonstratie

Vooraf had Musk op Twitter aangekondigd een spectaculaire demonstratie te tonen. Hij liet eerst de nieuwe versie van de Link zien. De Links hebben een diameter van 23 millimeter en zijn 8 millimeter dik. De draadjes in het brein zijn verbonden aan de Links, de chip die als een soort tussenstation dient om de hersensignalen door te sturen naar een computer of smartphone.

Het schijfje kan via bluetooth communiceren met een telefoon. De Link bevat 1.024 kanalen en heeft een batterijduur van een dag. Mochten mensen deze versie ooit dragen, dan moeten ze de Link elke avond opladen. De batterijduur is 12 uur, waarna de Links draadloos opgeladen worden.

Hoe dit werkt is mij nog niet helemaal duidelijk: moet je de chips van je schedel halen of moet je als je gaat slapen een kabeltje naar de chips leggen?

Drie varkens

Na de presentatie van de nieuwe versie van Link kwamen drie varkens in beeld. Varken Joyce had geen Link en bij Dorothy is het implantaat verwijderd. Ze zagen er allebei normaal en gezond uit.

Het derde varken, met de naam Gertrude, droeg een Link in haar hersenen. Op een scherm waren de signalen uit Gertrude haar link zichtbaar. Zo veranderde het beeld toen ze met haar snuit contact maakte met de grond, terwijl ze zocht naar voedsel.

Het meest uitdagende dat ze voor elkaar gekregen hebben, is dat het dier gelukkig lijkt te zijn, rondloopt en zich normaal gedraagt, en dat de data draadloos wordt doorgegeven.

Timir Datta-Chaudhuri, expert bio-electronica

Timir Datta-Chaudhuri is bio-electronica expert van de Feinstein Institutes for Medical Research in New York. In een artikel van *New Scientist* reageert hij op de demonstratie [link onderin]: ‘Het meest uitdagende dat ze voor elkaar gekregen hebben, is dat het dier gelukkig lijkt te zijn, rondloopt en zich normaal gedraagt, en dat de data draadloos wordt doorgegeven. Andere mensen die vergelijkbare dingen doen, tonen normaal gesproken het dier onder narcose op een operatietafel, terwijl draden uit de hersenen steken.’

Theatershow

Wetenschapsjournalist Antonio Regalado van *MIT Technology Review* is niet bijster onder de indruk [link onderin]. Het uitlezen van signalen uit de hersenen van dieren is iets wat voor neurologen en neurotechnologen niet zo heel bijzonder is. Hij is vooral kritisch op de belofte van Neuralink om allerlei cognitieve aandoeningen te verhelpen. De titel van zijn verslag van Neuralink’s presentatie zegt alles. Hij omschrijft de presentatie als een ‘theatershow van Elon Musk.’

Aandoeningen zoals verlamming of depressie los je niet per se op met meer rekenkracht.

Antonio Regalado, journalist

In zijn presentatie verwijst Musk naar de snelle vooruitgang in het aantal sensoren op de Link en de mogelijkheden om zo nog meer data uit het brein te halen, en andersom het brein in. Maar Regalado schrijft: ‘Aandoeningen zoals verlamming of depressie los je niet per se op met meer rekenkracht, maar met meer wetenschappelijke kennis over de elektrochemische disbalans die die ziekten veroorzaken.’

Black Mirror

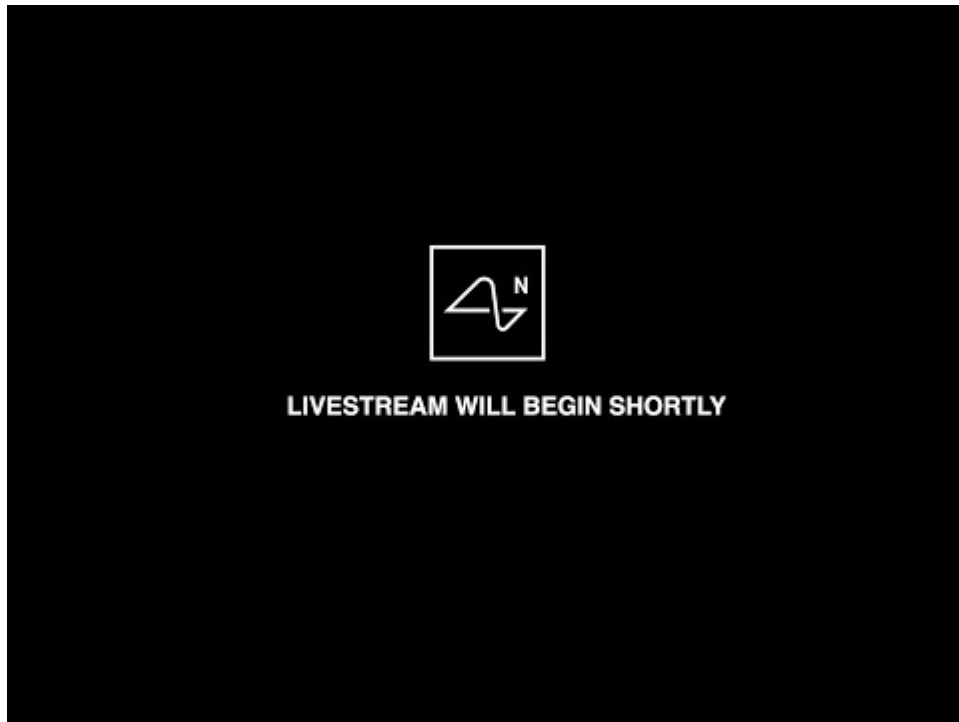
Ondanks de kritiek van Regalado en andere wetenschappers ziet Musk immense potentie in Link en haar opvolgers. Denk aan het oproepen van je **Tesla** met je gedachten en personages in een computerspel zoals Starcraft bedienen vanuit je brein. Op den duur zou de Link je moeten helpen met het opslaan en opnieuw afspelen van herinneringen. Hij voegt daar snel aan toe: ‘Dat klinkt uiteraard als een aflevering van Black Mirror. Maar ja, ik denk dat ze goed zijn in het voorspellen van de toekomst.’

Dat klinkt als een aflevering van Black Mirror.

Elon Musk, Neuralink

De eerste klinische studie zal zich richten op personen met een **dwarslaesie** (verlamming van het onderlichaam) of tetraplegie (uitval van vier ledematen). Het plan van deze eerste studie is om de doeltreffendheid en veiligheid van de Link te testen. Mochten Neuralink en Musk verder niets van hun ambitieuze plannen waarmaken, dan zou het al geweldig zijn als ze patiënten met een dwarslaesie of tetraplegie kunnen helpen.

Bekijk de presentatie van Neuralink in augustus 2020 hieronder terug:



Livestream van presentatie Neuralink, augustus 2020

In april 2021 plaatste Neuralink een video op YouTube met makaak Pager die het spel Pong speelt met de hulp van een hersenimplantaat.

Aap Pager met spel Pong

In april 2021 plaatste Neuralink een video op YouTube met Pager, een negen jaar oude makaak. Volgens de video speelt Pager het computerspel Pong met alleen zijn hersenen. De video staat verderop in dit artikel.

Zes weken voor de opnames is bij Pager een Neuralink geïmplantéerd, volgens de begeleidende stem in de video. De draadjes van de Link zijn ingebracht in de hersengebieden voor beweging en motoriek, van zowel de rechter als de linkerhersenhalft. De draadjes sturen het signaal dat ze oppikken met een frequentie van 25 milliseconden door een ontvanger.

Smoothie als beloning

In eerste instantie speelt Pager het computerspel met een joystick. Als hij het spel goed speelt, dan krijgt hij een beloning: via een metalen rietje kan hij bananensmoothie drinken. Ondertussen registreert Neuralink welke specifieke **hersengebieden** actief worden. Op die manier leert het systeem om de handbewegingen van Pager te voorspellen.

Nadat de software genoeg heeft geleerd, hebben onderzoekers van het bedrijf de joystick uitgezet. Pager gaat vervolgens gewoon door. In plaats van het bedienen van de joystick met zijn handen, denkt hij aan de beweging waarna de cursor op het beeld beweegt.

First [@Neuralink](#) product will enable someone with paralysis to use a smartphone with their mind faster than someone using thumbs
— Elon Musk (@elonmusk) [April 9, 2021](#)

Elon Musk op Twitter

Als eigenaar van het bedrijf reageert Musk via Twitter enthousiast op de video. Hij stelt dat in de toekomst iemand met een verlamming zijn of haar smartphone sneller met Neuralink kan bedienen, dan een persoon zonder verlamming dat kan met diens vingers.

Kritiek

Niet iedereen is zo onverdeeld enthousiast als Musk. Dit zijn de belangrijkste kritiekpunten op het experiment met Page:

- Aansturing met hersenimplantaten is **niet revolutionair**. Het wordt zelfs al toegepast bij mensen met een verlamming. Zo stond in 2015 een artikel in *Science* over patiënt Erik Sorto. Met een chip onder zijn schedel kan hij zijn robotarm aansturen om handen te schudden en zelfs bier te drinken.
- Neuralink publiceerde verder **geen artikelen**, papers of datasets bij de video. Dit is een normaal gebruik in wetenschappelijk onderzoek, zodat collega's de procedure kunnen controleren en eventueel herhalen.
- Het gebruik van maken van **dieren** zoals Pager voor dergelijke experimenten voelt niet goed.

Het eerste punt van kritiek heb ik al eerder in dit artikel beschreven. Tot nu toe lijkt het grootste onderscheidende vermogen van Neuralink de robot te zijn die de neurale draden door de schedel in de hersenen aanbrengt. In de visie van Neuralink kijken we in de toekomst op dezelfde manier naar deze operatie, zoals we tegenwoordig naar LASIK (het laseren van ogen) kijken.

Zoals we nu kijken naar LASIK, het laseren van ogen, ondergaan we in de toekomst een operatie om chips te laten implanteren.

Neuralink

Bij het tweede punt kan ik me nog voorstellen dat het bedrijf voorzichtig is met het delen van deze informatie, vanwege de concurrentiepositie en het bedrijfsbelang.

Het derde punt raakt me persoonlijk het meeste. Bij het bekijken van de video voelde ik tegengestelde emoties. Het is fascinerend en ook zielig. Is het ethisch om hier nu nog steeds dieren voor te gebruiken? Ik ga ervan uit dat de relevante autoriteiten Neuralink hier toestemming voor hebben gegeven, maar dan nog.

Proeven met dieren?

Op een oppervlakkig niveau maakt het voor Pager niet uit. Hij is blij met zijn beloning van de smoothie met bananen als hij het computerspel Pong succesvol speelt. Maar dieren, zeker makaken zoals Pager, hebben een vorm van **bewustzijn**. Tegelijkertijd ben ik

voorstander van wetenschappelijk onderzoek. Het is een lastig dilemma in wetenschappelijke ethiek: is het onvermijdelijk om hier dieren voor te gebruiken? Zij geven geen toestemming zoals proefpersonen dat doen. Hoe beoordelen wij of de inzichten van een experiment opwegen tegen het leed van Pager en andere proefdieren?

Pager is geen ongelukkige aap

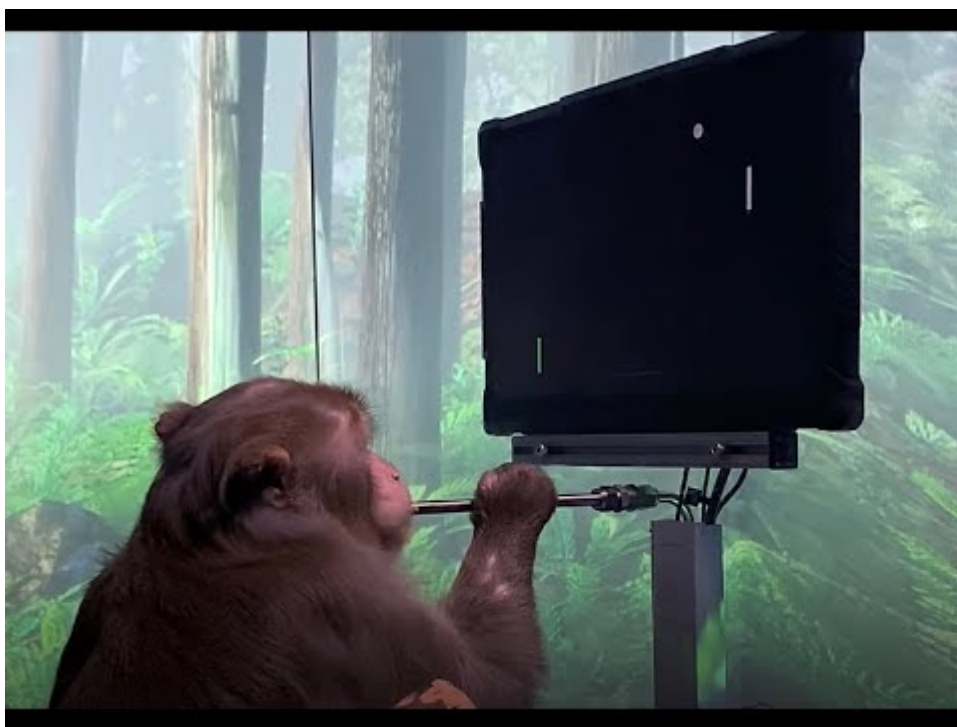
Elon Musk op Clubhouse

Musk zelf is hier uitgesproken in. Bij een sessie op de app Clubhouse in februari 2021 vertelde hij dat er kleine draadjes waren ingebracht in de hersenen van Pager. 'Het is geen ongelukkige aap' zegt hij erover.

Het interview op Clubhouse gebruikte Musk trouwens vooral om ingenieurs te werven voor Neuralink. 'Als een luisteraar goed is in het ontwerpen van een Fitbit, Apple Watch, telefoon of computer, dan zou diegene heel goed passen bij Neuralink'. Een aantal rollen noemt hij niet, zoals bio-ethici, technologie-ethici of experts in dierenwelzijn.

Hopelijk zijn die functies al ingevuld bij Neuralink.

Bekijk de video van Neuralink uit april 2021:



Video van Pager die Pong speelt met zijn hersenen.

In dit deel schrijf ik over andere interessante ontwikkelingen en initiatieven op dit gebied.

Ontwikkelingen

Neuralink is niet het enige bedrijf dat werkt aan implantaten voor brain-computer interfaces. Dit zijn een aantal andere interessante initiatieven:

- Kernel;
- Neural Dust;
- Synchron;
- Neil Harbisson.

Kernel

Bryan Johnson is de oprichter van Kernel. Net als Musk heeft Johnson zijn geld verdient in de technologie-industrie. Hij was de oprichter en eigenaar van Braintree, een bedrijf gespecialiseerd in betalingen op websites en mobiele platformen. In 2013 kocht eBay het bedrijf Braintree over voor 800 miljoen dollar.

In interviews stelt Johnson regelmatig dat het niet de vraag is óf we elektrische chips in het brein gaan implanteren, maar eerder wanneer. In eerste instantie richt het bedrijf zich net als Neuralink op het verhelpen van neurodegeneratieve aandoeningen zoals epilepsie, Parkinson en Alzheimer.

Krachtige eigenschap van mensheid

Bryan Johnson: ‘Intelligentie is de meest waardevolle en krachtige eigenschap van de mensheid. We hebben altijd dingen bedacht, zoals het wiel, een thermostaat en rekenmachine. Nu hebben we kunstmatige intelligentie. Onze technologie en digitale intelligentie ontwikkelen zich steeds sneller. Aan de andere kant is onze eigen biologische intelligentie altijd een beetje gelijk gebleven.’

Onze technologie en digitale intelligentie ontwikkelen zich steeds sneller. Aan de andere kant is onze eigen biologische intelligentie altijd een beetje gelijk gebleven.

Bryan Johnson, Kernel

Johnson en zijn collega's bij Kernel zien in dat er nog wel een lange weg te gaan is. ‘Het overgrote deel van de berekeningen en algoritmes in het menselijk brein zijn nog steeds een mysterie voor ons.’

Neural Dust

Jose Carmena en Michel Maharbiz zijn de oprichters van ioto Biosciences, een spin-off van de Universiteit van Berkeley (Verenigde Staten). Met de hulp van investeerders werken ze aan de ontwikkeling van Neural Dust.

Neural Dust zijn chips met de omvang van een **zandkorrel**. De chips worden aangestuurd en aangedreven door ultrasoongeluid. De chips kunnen in theorie gebruikt worden om (op afstand) zenuwen en spieren te bestuderen, te monitoren, te controleren en te besturen.

StimDust

In februari 2020 publiceerden ze in Nature een paper om de werking te demonstreren. Ze hebben de chip van 1,7 kubieke milimeter in de heupzenuwen van een rat geplaatst. De onderdelen van het systeem, genaamd StimDust, waren in staat om signalen in de zenuwen te monitoren en op te wekken.

Een van de uitdagingen volgens Michael Maharbiz is om te zorgen dat de chips een leven lang goed functioneren. ‘Zodra dat lukt, dan voorzie ik dat een heleboel chronische aandoeningen behandelbaar zijn’.

Synchron

Eind 2020 publiceerde Synchron dat de eerste experimenten met hun Stentrode techniek succesvol zijn verlopen. De oprichters zijn werkzaam bij de Universiteit van Melbourne, Australië.

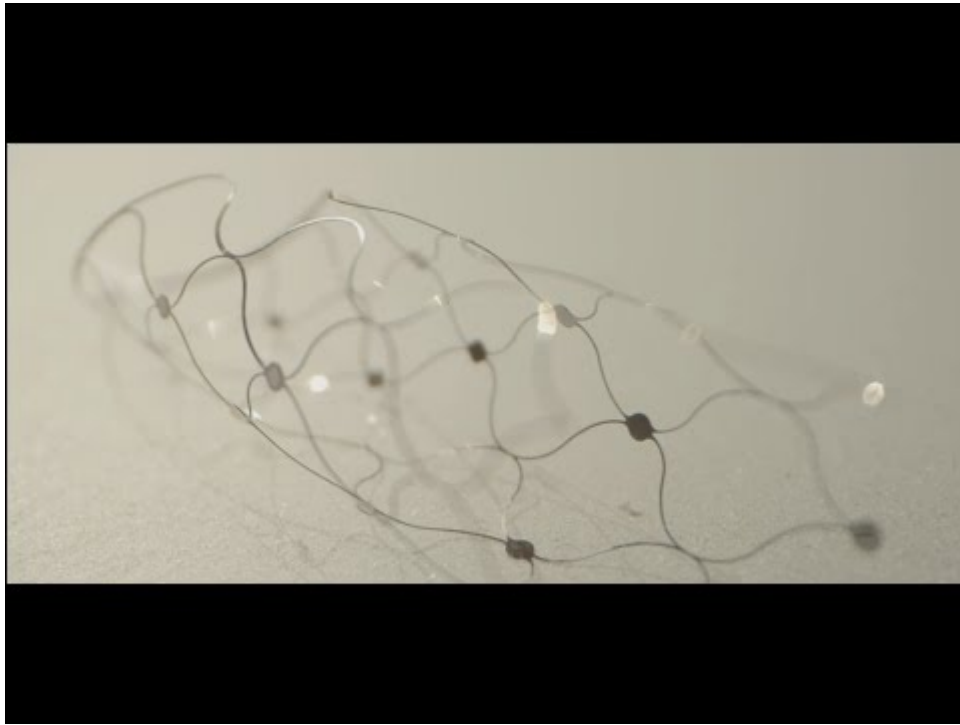
Ten opzichte van Neuralink en Kernel gebruikt Synchron een andere methode. In plaats van het boren van gaatjes in de schedel maakt Stentrode gebruik van de bloedvaten in de hersenen. De operatie om de kleine en flexibele draadjes in te brengen is vergelijkbaar met het plaatsen van een pacemaker.

Trekken van draden

Bij het experiment zijn de Stentrode draden ingebracht bij twee patiënten met ALS. Volgens de paper waren de patiënten in staat om hun computer en smartphone te bedienen met hun hersenen, zonder een touchscreen, muis, toetsenbord of met hun stem.

De chirurgen draaiden de kleine draden tijdens de operatie door de bloedvaten van het brein, enigszins vergelijkbaar met het trekken van elektriciteitsdraden in huis. De draden pikken signalen uit de hersenen op en sturen deze door naar een klein kastje. Dit kastje is onderhuids geïmplantéerd bij de borst. Het kastje vertaalt de signalen en stuurt de informatie door naar software op een computer of smartphone.

Bekijk een video van het bedrijf:



Video over methode van Stentrode

Neil Harbisson

Neil Harbisson is kleurenblind geboren, maar hij kan nu met een implantaat kleuren horen. Ik haal hem vaak aan bij lezingen over dit onderwerp. Neil noemt zichzelf 'cyborg kunstenaar'. Hij luistert naar kleuren met een antenne in zijn hoofd. Niet alleen gewone kleuren, maar ook kleuren die wij niet zien zoals infrarood en ultraviolet.

Neil werd geboren met een erfelijke afwijking waardoor hij alleen grijs tinten kon zien. In 2004 werd de antenne in zijn schedel geïmplantéerd waarna hij kleuren kan horen. Hij beschouwt het implantaat als onderdeel van zijn lichaam. Dit leidde onder meer tot een juridisch gevecht met de Britse paspoort-autoriteit. Zij wilden niet dat de antenne zichtbaar zou zijn op de pasfoto in het paspoort. Neil betoogde dat de antenne geen technologie is, maar een onderdeel van zijn lichaam. De overheidsinstantie ging overstag en hij staat met antenne in zijn paspoort.

Bungelende draden

Een andere gebeurtenis was minder vrolijk. Neil woont in Spanje en was in 2012 bij een demonstratie in Barcelona. De politie eiste dat hij moest stoppen met filmen. Aan de antenne, vlak voor zijn ogen, hangt namelijk een camera. Die camera registreert het dominante lichtspectrum. Aan de achterkant van zijn antenne, vlakbij zijn schedel, zit een chip die de informatie van de camera vertaalt naar trillingen. Die trillingen worden door het binnenoor waargenomen als tonen. Elke kleur heeft een eigen toon.

De politie trok bij de demonstratie de camera van de antenne af. Neil liep met bungelende draden naar huis. In een interview zegt hij dat het een van de ergste dagen in zijn leven was. Voor hem was het geen stukje hardware dat was gesloopt. Een lichaamsdeel, onderdeel van zijn identiteit, werd van hem afgenomen.

Luisteren naar het heelal

Behalve dat zijn spectrum breder is dan van gewone mensen is hij ook in staat om beelden naar zijn bionische oor te sturen. Zo zegt hij dat hij elke dag verbinding maakt met de camera's van het International Space Station. 'Mensen realiseren zich niet dat de ruimte vol kleuren zit.'

Mensen realiseren zich niet dat de ruimte vol kleuren zit.

Neil Harbisson, cyborg kunstenaar

Daarnaast heeft de chip een bluetoothverbinding met zijn smartphone. Dit geeft hem nog meer mogelijkheden. Naast de ruimte heeft hij vrienden overal ter wereld die foto's maken en naar Neil sturen. 'Het kan zijn dat ik op dit moment een foto krijg van een zonsopgang in Australië en de kleuren daarvan kan horen.'

Morse in je tanden

Het implantaat in zijn schedel is niet de enige upgrade. Hij heeft ook een kunstmatige kies die via bluetooth verbonden is met zijn telefoon. Moon Ribas heeft dezelfde type tand. Door te klikken met hun gebit zijn ze in staat om via morsecode met elkaar te communiceren. Die code wordt via zijn tand via zijn smartphone naar haar smartphone gestuurd en vervolgens verzonden naar haar tand. Zo kunnen ze met elkaar communiceren zelfs als ze honderden kilometers van elkaar verwijderd zijn.

In 2018 heb ik Neil geïnterviewd voor mijn Engelse [YouTube kanaal](#), samen met Moon Ribas en Manel De Aguas:



Mijn interview met Neil Harbisson, Moon Ribas en Manel de Aguas

Wat is mijn (voorlopige) conclusie?

Conclusie

Het is lastig om een goed oordeel te vormen van Neuralink en haar plannen. Hiervoor zijn een aantal redenen. Ten eerste volgt het bedrijf niet de wetenschappelijke methode om haar resultaten te delen. Vanuit het oogpunt van concurrentie delen ze niet de datasets van de experimenten, de werking van het algoritme of de onderdelen van de chips.

Ten tweede heeft het bedrijf een commercieel belang om een positief beeld te schetsen van haar plannen, zoals toepassingen voor patiënten en een ambitieuze planning. Dit verklaart deels ook het visioenen van Musk, die zelf 100 miljoen dollar in het bedrijf heeft geïnvesteerd. Door het delen van enthousiaste toekomstbeelden is het makkelijker voor Neuralink om andere investeerders aan te trekken en getalenteerde werknemers aan zich te binden.

De combinatie van deze twee redenen zorgen voor een troebel beeld op de producten van Neuralink en hun plannen. Toch kan ik wel mijn visie delen, uitgewerkt in een aantal onderdelen:

- Vooruitgang
- Veiligheid
- Technische uitdagingen
- Sociale uitdagingen
- Mijn visie

Deze onderdelen licht ik hieronder toe.

Vooruitgang

Ondanks de scepsis bij veel wetenschappers, zijn sommigen van hen positief. Zo reageerde Grame Moffot (Universiteit van Toronto, Canada) in 2020 dat ‘de hardware van Neuralink qua omvang, draagbaarheid, stroomgebruik en draadloze communicatie elke concurrent ruimschoots overtreft’.

De hardware van Neuralink overtreft *elke concurrent ruimschoots* qua omvang, draagbaarheid, stroomgebruik en draadloze communicatie

Grame Moffot, Universiteit van Toronto

Net zoals zijn collega Ralph Adolphs (California Institute of Technology, Verenigde Staten). Hij noemt de ontwikkelingen ‘enorm spannend en een **geweldige technische prestatie**.’

Bij de demonstratie van Pager met het computerspel Pong zijn de reacties ook positief. Redacteur John Timmer van Ars Technica schrijft dat het ‘vooral knap is dat ze apparatuur zo klein hebben gemaakt en draadloos kunnen communiceren.’ Volgens hem zijn deze prestaties moeilijker dan het op het eerste oog lijkt [link onderin].

Vooraf techniek

Moffot, Adolphs en Timmer reageren met name op de technische specificaties. Dit komt ook terug in mijn gesprekken met Mariska van Steensel en Nick Ramsey van het UMC Utrecht. Zij volgen de voortgang met Neuralink met interesse, zeker op het gebied van de werking van de chips en het decoderen van de hersensignalen.

Zoals je in de volgende alinea's leest, zijn de meeste zorgen niet zozeer technisch van aard. Uitdagingen zijn onder andere de veiligheid, plasticiteit van de hersenen, privacy en andere sociale kwesties.

Veiligheid

In juli 2020 wees de Food and Drugs Administration (FDA) de hersenchips van Neuralink aan als Breakthrough Device [link onderin]. Dit is een vrijwillig programma met als doel 'patiënten met levensbedreigende aandoeningen en zorgverleners te helpen door de ontwikkeling, beoordeling en inspectie van innovatieve medische apparaten te versnellen.'

De toelating door de FDA betekent niet dat de hersenchips veilig zijn. Expert bio-electronica Timir Datta-Chaudhuri reageert in augustus 2020 op de demonstratie met varkens Gertrude, Joyce en Dorothy: 'Neuralink bagatelliseert het risico op hersenschade. Maar dit soort schade is niet makkelijk waar te nemen bij mensen, laat staan bij varkens. Je weet niet of Gertrude nu opeens een **spraakgebrek** heeft, of dat andere varkens niet meer met haar omgaan omdat zij zich vreemd gedraagt.'

Neuralink bagatelliseert het risico op hersenschade.

Timir Datta-Chaudhuri, expert bio-electronica

Veiligheid omvat meerdere aspecten, zoals de juiste plaatsing plek van de implantaat en de toxiciteit. Implantaten moeten geen schadelijke stoffen lekken, afgeven of een immuunreactie opwekken.

Phil Kennedy en DIY hersenimplantaten

De casus van Phil Kennedy dient daarbij als waarschuwing [link onderin]. De Amerikaan Kennedy is neuroloog en een autoriteit op het gebied van hersenimplantaten. Eind jaren negentig implanteerde hij een aantal elektroden in de hersenen van een patiënt met een verlamming. Hij leerde de patiënt de cursus van een computer te besturen met zijn gedachten.

In 2014 vond Kennedy dat de vorderingen op het gebied van hersenimplantaten te langzaam gingen. Hij wilde dolgraag ontdekken hoe deze methode zou werken bij gezonde hersenen. Kennedy vond een geschikte kandidaat voor dit experiment: **zichzelf**.

Operatie in Belize

Omdat dergelijke ingrepen in de Verenigde Staten verboden zijn, onderging hij de operatie in een privé-kliniek in Belize, een land net onder Mexico. Hij betaalde 30.000 dollar voor de procedure, maar deze verliep niet helemaal zoals gewenst. Tot een paar weken na de operatie had Kennedy problemen om te praten en normaal te lopen.

Dit verhaal van Phil Kennedy toont dat experimenteren op de hersenen niet zonder risico's is. Het is Neuralink er daarom veel om gelegen om het installeren van de chips zo makkelijk en veilig mogelijk te maken, net zoals 'het laseren van ogen.'

Technische uitdagingen

Eerder in dit artikel heb ik de reacties van professor Eagleman en Divya Chander gedeeld. Het risico is dat de implantaten sommige hersengebieden onbedoeld beschadigen. Zij verwachten daarom meer van robots op nanoschaal (Eagleman) of genetische modificatie (Chander).

Andere technische uitdagingen hebben van doen met plasticiteit van het brein, waar continu verbindingen tussen neuronen worden gelegd, versterkt of verzwakt. De software moet continu rekening houden met fluctuaties en wijzigingen in de neurale signalen die het oppikt en moet decoderen.

Brein klotst in je schedel

Hieraan gerelateerd is dat het lastig is om de sensoren op de juiste plek te houden. Elke keer dat jij je hoofd beweegt, dan klotst je brein in de schedel. Je hersenen is namelijk een substantie van zacht gelei. De schedel beschermt die **kwetsbare substantie** en houdt het op haar plek.

Met het bewegen kan een implantaat, al is het één van de draadjes uit de Neuralink, dan een klein beetje opschuiven. Die verandering kan de metingen verstoren of nog erger: een aantal neuronen of synapsen beschadigen.

Om het bedrijf het voordeel van de twijfel te geven: ze hebben het onderzoeksveld eerder verrast met de omvang van de chip en de snelheid van draadloze communicatie. Als echte ingenieurs zullen ze hun tanden ook zetten in de uitdagingen die ik noem en andere problemen die vast nog opduiken.

Bubble van neurotechnologie

Los van de technologie, zijn er experts die twijfelen aan de werking van de implantaten. Anna Wexler is assistent-professor bij Penn University in de Verenigde Staten. In een opinie-artikel is zij skeptisch over de belofte van Neuralink [link onderin].

We zitten nog steeds midden in een bubble van neurotechnologie die wordt gevoed door risicokapitaal.

Anna Wexler, Penn University

Zij twijfelt of de technologie waar kan maken wat het belooft en ziet de aandacht voor het bedrijf vooral als een **hype**. Wexler: 'We zitten nog steeds midden in een bubble van neurotechnologie die wordt gevoed door risicokapitaal, een die onvermijdelijk een toenemend aantal profetieën over onze sciencefiction-toekomst zal opleveren.'

Sociale uitdagingen

De technische vraagstukken zijn interessant, maar wat mij betreft zijn de belangrijkste kwesties sociaal en politiek van aard.

1. Eigendom en data
2. Beveiliging
3. Ontwikkeling

1. Data

Ten eerste de eigendom en toegang tot data. Voor het goed functioneren van het implantaat is onvermijdbaar dat Neuralink toegang heeft tot de gegevens uit het brein. De huidige manier waarop bedrijven consumentendata onopgemerkt verzamelen, analyseren en verkopen belooft wat dat betreft weinig goeds.

In haar boek *The Age of Surveillance Capitalism* noemt professor Shoshana Zuboff dit economisch verdienmodel het **surveillancekapitalisme**. In dit model is de mens niet meer dan een grondstof. Bedrijven gebruiken de grondstof om algoritmes te trainen. Met die algoritmes maken ze advertenties om zekerheid aan hun klanten te verkopen: zekerheid dat jij hun product koop, dienst afneemt of gaat stemmen (of niet).

Ondermijning democratie en autonomie

Het model van surveillance kapitalisme ondermijnt democratische processen en onze autonomie. Zonder dat we er bewust van zijn geven wij onze data op om daarmee later gestuurd en **gemanipuleerd** te worden.

Neurologische data grijpt nog dieper in op ons als mens. Geven we bedrijven zoals Neuralink straks onbedoeld toegang tot onze onuitgesproken gedachten, dromen en verlangens? Dat lijkt mij een onwenselijk scenario, maar niet ondenkbaar. Als gebruikers hebben we eerder onze data gedeeld in ruil voor diensten, denk aan een gratis zoekmachine (Google), gratis email (Gmail) of een gratis sociaal netwerk (Facebook).

Betalen met hersendata

Niet dat ik overigens verwacht dat Neuralink haar chip gratis gaat aanbieden, maar het risico bestaat dat in haar voorwaarden zit opgesloten dat ze de data uit je hersenen mogen gebruiken en verkopen. Of dat er een staffel komt waarbij je als gebruiker korting krijgt op het hersenimplantaat als je toestemming geeft dat de gegevens ook met andere bedrijven en instellingen kan worden gedeeld. Dan betaal je met de data uit je hersenen.

Gelukkig zijn overheden zich steeds beter bewust van dergelijke ontwikkelingen en de risico's die het met zich mee brengt. In het najaar van 2020 was bijvoorbeeld Chili het eerste land dat wetgeving invoerde om neurologische data van haar inwoners te beschermen [[link onderin](#)].

2. Beveiliging

Het tweede punt is de beveiliging van zowel de data als ook de besturing van de apparatuur. Je kan je nog voorstellen dat je duidelijke afspraken maakt met een bedrijf als Neuralink over de toegang en eigendom van data. In dat geval zijn er bijvoorbeeld

waarborgen dat ze de data alleen gebruiken voor de werking van de chip. De data is en blijft verder van jou als gebruiker.

Dan is de kans nog steeds aanwezig dat de database van het bedrijf wordt gehackt. Zelfs als Neuralink haar beveiliging op orde heeft, dan is het mogelijk dat de chip van jou als gebruiker wordt gekraakt. Of dat wordt ingebroken op de smartphone waarop de bijbehorende app draait of de laptop waarop de software staat geïnstalleerd waarmee je toegang hebt tot de chip.

Implantaat hacken

Als het alleen gaat om het uitlezen van data, dan is dat op zichzelf al vervelend. Stel je voor dat criminelen daarmee toegang krijgen tot je wensen, herinneringen en nachtmerries. Een stap verder is dat kwaadwillenden de chip ook kunnen bedienen. Dat is namelijk de visie van Elon Musk: de chip kan niet alleen dat aflezen, maar ook signalen versturen.

Dit lijkt toekomstmuziek, maar bij pacemakers is dit al bekend. De legendarische hacker Barnaby Jack had in 2013 gedemonstreerd dat hij de geïmplanteerde pacemakers kon overnemen. Hij had een apparaat gemaakt waarmee hij binnen 15 meter op iemands pacemaker kan inbreken en diegene dan een dodelijke schok van 830 Volt kan geven. Zoals de journalist die hem interviewde schreef: dat lijkt iets uit een actiefilm met **Jason Statham**.

Dick Cheney

Iemand die zich daar nog eerder bewust van was, is Dick Cheney. De voormalig vicepresident van de Verenigde Staten vertelde in een interview dat hij in overleg met zijn cardioloog in 2007 de draadloze verbinding van zijn pacemaker had uitgezet. Hij was bang dat terroristen hem zouden vermoorden door signalen naar zijn pacemaker te sturen.

Vanuit mijn eigen ervaring wist ik dat het mogelijk is iemand te vermoorden door diens pacemaker te hacken.

Dick Cheney, voormalig vice-president Verenigde Staten

In 2012 kwam dit scenario terug in een aflevering van de serie Homeland. Cheney zegt daarover: 'Ik vind dat een geloofwaardige scene. Vanuit mijn eigen ervaring wist ik dat het mogelijk is iemand te vermoorden door diens pacemaker te hacken.'

3. Ontwikkeling met patiënten

Het derde punt is de ontwikkelrichting van het bedrijf. Bij interviews en demonstraties geven Musk en zijn collega's aan dat het hen in eerste instantie is te doen om patiënten met neurologische aandoeningen. Hun implantaat moet patiënten met Parkinson, Alzheimer, doofheid, depressie en nog meer type aandoeningen kunnen helpen.

Op het eerste oog is dat een lovenswaardig en goed uitgangspunt. Tegelijkertijd geeft Musk ook aan dat hun product ook op den duur moet dienen om mensen te **verbeteren**. Een paar opties die hij noemt:

- telepathische communicatie, het direct versturen van ideeën en gedachten;
- verbetering van zintuigen, bijvoorbeeld horen in een veel groter bereik qua frequentie en volume;
- verbinding met kunstmatige intelligentie, zoals toegang tot het internet en algoritmes;

Amerikaanse leger

Naast hun eigen visie zijn er andere machtige en rijke actoren die de ontwikkeling van hersenimplantaten met veel interesse volgen. Zo is bekend dat DARPA, een onderdeel van het Amerikaanse leger dat zich richt op innovatieve technologie, dit veld met veel interesse volgt.

DARPA investeert in vergelijkbare technologieën die als doel hebben op gewonde **soldaten** te helpen bij een defect geheugen, bijvoorbeeld door fysiek of geestelijke trauma in oorlogssituaties. Net als het eerste doel van Neuralink is dat in principe iets dat de meeste mensen wel zullen ondersteunen.

Supersoldaten

Een argument die bio-ethici vaak aanhalen is de glijdende schaal. Dat betekent dat een ingreep of technologie eerst wordt gebruikt om patiënten te helpen. Als dat werkt, dan beginnen morele grenzen langzaam te verschuiven. De kans bestaat dat er dan meer maatschappelijke steun ontstaat om dezelfde techniek in te zetten voor meer functionaliteiten, bijvoorbeeld verbetering.

In het geval van DARPA kan ik me voorstellen dat de militaire top of individuele generaals benieuwd zijn of ze de hersenimplantaten niet alleen voor genezing, maar ook voor verbetering kunnen gebruiken. In oorlogssituaties kan het een enorm verschil maken als de soldaten een bovengemiddelde concentratie hebben, een fotografisch geheugen hebben van bijvoorbeeld de landkaart en dagenlang niet hoeven te slapen.

Dit scenario klinkt afkomstig uit een sciencefiction film, maar is niet fictief. Daarom vind ik het ook belangrijk dat ethici, politici, bestuurders en juristen **op de hoogte zijn** én actief betrokken worden bij technologische ontwikkelingen, zoals hersenimplantaten.

Patiënten betrekken

Nog belangrijker dan het betrekken van ethici en politici zijn de patiënten zelf. Zeker als Neuralink als doel heeft om die groep als eerste te helpen met hun aandoeningen, dan moeten zij ook vroegtijdig betrokken zijn bij de ontwikkeling. Niet alleen als proefpersoon tijdens experimenten, maar ook in een dialoog over de impact van zo'n apparaat op hun leven, de mensen om hen heen en de maatschappij.

Op die manier voorkomen we dat de ingenieurs van Neuralink en vergelijkbare bedrijven hun product ontwikkelen vanuit hun eigen perspectief. De technici zijn zich niet altijd bewust van hun eigen achtergrond en **vooroordelen**, of in welke mate die verschillen van patiënten.

Het is heel goed mogelijk dat bepaalde functionaliteiten voor patiënten veel belangrijker zijn dan ze worden ingeschat door de ingenieurs, of andersom. Zo vinden sommige mensen met een beperking het niet nodig dat hun aandoening wordt verholpen. Voor hen is het veel belangrijker dat de maatschappij hen accepteert en dat infrastructuur zo is aangepast dat zij kunnen meedoen.

Mijn visie

De technische en sociale uitdagingen in de vorige alinea's stemmen misschien wat pessimistisch. Toch is dat niet mijn opinie over Neuralink, haar product en haar visie.

De reden is **persoonlijk**. Mijn oma Leentje leed aan de ziekte van Alzheimer. Ze werd steeds vergeetachtiger, tot het moment dat ze haar man en kinderen niet meer herkende. Een vreselijke aandoening, zowel voor haar zelf als de mensen die veel van haar hielden.

Ik zou het geweldig vinden als er een behandeling komt voor Alzheimer, de ziekte van Parkinson (zoals je kan lezen in het extra deel van dit artikel) en andere hersenziekten.

Game changer

Genezing van hersenaandoeningen of een vermindering van symptomen door een hersenimplantaat is een functionaliteit waar de meeste mensen wel voorstander van zijn. Als ik met andere mensen hier over praat of ik als ik lezingen en webinars over dit onderwerp geef, dan merk ik dat het anders wordt als het gaat om verbeteren.

Om te beginnen met de positieve noot: als het lukt om met de Neuralink over een aantal decennia onze gedachten aan elkaar te versturen of het brein te verbinden aan kunstmatige intelligentie, dan is dat een **gigantische sprong**. In goed Nederlands: een immense game changer.

Moeilijk voor te stellen

Het is lastig om te bevatten hoe zo'n verbinding met elkaar en met kunstmatige intelligentie er uit ziet, laat staan om dit goed onder woorden te brengen. Met de opkomst van het internet konden al weinig mensen zich email, online video's, diensten zoals Uber, datingapps, blockchain of het **Dark Web** voorstellen. Laat staan wat de impact is van een neuraal internet met Neuralink en vergelijkbare producten.

In het beste geval blijven we qua intelligentie zover achter bij superintelligentie zoals een huiskat verschilt van ons.

Elon Musk, Neuralink

De noodzaak voor ons als mens om te versmelten met kunstmatige intelligentie is iets dat Musk regelmatig benoemt. Zo maakt hij de vergelijking met huisdieren: ‘In het beste geval blijven we qua intelligentie zover achter bij superintelligentie zoals een huiskat verschilt van ons. Ik houd niet van het idee om een huiskat te zijn.’ Om die reden is het volgens Musk daarom nodig om via een hersenchip jezelf te verbinden met superintelligentie.

Niet naief zijn

Als het internet een generale repetitie is, dan valt ons nog iets te wachten met hersenimplantaten. Een les die we van het internet kunnen leren is dat betrokken wetenschappers, techneuten en ingenieurs vooraf een naïeve hoop hadden op een **utopische wereld**.

Ze werkten jarenlang één gigantisch netwerk dat alle mensen en alle informatie op aarde zou verbinden. Zo kon het internet mensen bevrijden en zou de wereld een betere, vrijere plek worden. In een zekere zin is dat ook uitgekomen, maar we hebben ook te maken met de schaduwkanten. Denk aan de macht van technologie-bedrijven, nepnieuws, datalekken, hackers, criminaliteit en illegale activiteiten, afhankelijkheid en nog veel meer.

Technologie vergroot ons uit

De belangrijkste les hiervan voor mij is dat technologie ons **als mens uitvergroot**. Onze kwaliteiten, onze positieve kanten en onze negatieve kanten. Dit geldt voor het internet en zeker ook voor een neurale internet.

We hebben paleolithische emoties, middeleeuwse instituties en goddelijke technologie.

E.O. Wilson, bioloog

Een eenvoudige en eenduidige oplossing is er niet. Vaak moet ik denken aan een beroemde uitspraak van bioloog Wilson. ‘We hebben paleolithische emoties, middeleeuwse instituties en goddelijke technologie.’ Eigenlijk moeten we onze emoties, ons gedrag, onze instituties en onze wet- en regelgeving ook upgraden om verstandig met de nieuwe mogelijkheden om te gaan.

Juiste keuzes maken

Nog meer dan een wetenschappelijke of technologische vraag gaat het bij vooruitgang om **morele**, politieke en filosofische kwesties. Dat zijn onderwerpen die we voortdurend moeten agenderen en bespreken.

Hoogleraar publieksfilosofie Marli Huijter verwoordt dit mooi in een essay: ‘Mens en techniek veranderen elkaar voortdurend, ze zijn samen op zoek naar wat een goed of aangenaam leven is, en maken daarbij gebruik van morele, politieke en sociale noties die in de cultuur aanwezig zijn.’

Nooit af

Onze grenzen van wat we oké vinden en niet, veranderen door de tijd en door culturele, sociale en institutionele factoren. Elke keer zullen ethici, maar ook wij als individu en als samenleving, nadenken over het toelaten van nieuwe toepassingen die wetenschap en technologie ons bieden. Innovatie, wetenschap en technologie gaan altijd door.

En daarom is ethiek **nooit af** en is dat iets aan ons als mensen om te bepalen. We kunnen dat niet uitbesteden aan techniek. Zelfs niet als Neuralink dat aanbiedt als een nieuwe module in hun chip.

Bonus! In de geneeskunde worden hersenimplantaten al langer gebruikt. Zo word **Deep Brain Stimulation** gebruikt om de symptomen van de ziekte van Parkinson te onderdrukken. In mijn boek *Supermens* schrijf ik hierover in het hoofdstuk ‘De buutmeester van Limburg’. Hieronder lees je de inleiding bij dat hoofdstuk.

Extra: Deep Brain Stimulation

Hans kan zich de woorden van de neuroloog nog goed herinneren. ‘Ik was nog maar veertig jaar. Parkinson was in mijn beleving iets voor oudere mensen.’ Zijn wereld stort in. Hij denkt vooral aan carnaval, want daar leeft hij voor. Als carnavalartiest of ‘B uutmeester’ wordt hij in heel Limburg gevraagd om zijn sketches te spelen.

Parkinson

Parkinson is een ingewikkelde hersenziekte. De manier waarop de ziekte zich uit, verschilt per patiënt. Het bekendste symptoom is een tremor. Dat zijn ritmische, bevende, onwillekeurige bewegingen van bijvoorbeeld de handen, doordat spieren zich samentrekken en weer verslappen. Andere symptomen zijn depressiviteit, patiënten die vastgenageld op hun plek blijven staan of die geen initiatief meer kunnen tonen.

Hans gaat niet bij de pakken neerzitten. Dat is ook het beeld dat ik van hem krijg, als ik hem in de zomer van 2020 spreek. Hij verwelkomt me op een prachtig verbouwde boerderij aan de rand van Nederweert, Limburg. Hans draagt een korte spijkerbroek, vlotte schoenen en een witte polo met blauw-groene accenten. Hij heeft grijs haar in stekeltjes en fonkelende ogen. Hans, inmiddels net zestig geworden, vertelt over zijn aandoening. Dat doet hij serieus en eerlijk, met af en toe een grapje tussendoor.

De operatie

Na gesprekken met de huisarts, de neuroloog en zijn gezin besluit hij om onder het mes te gaan. Chirurgen plaatsen twee dunne naalden in zijn hersenen. De naalden geven kleine elektrische pulsjes af bij een specifiek hersengebied. Deze methode met de naam Deep Brain Stimulation (DBS) onderdrukt de symptomen van de ziekte van Parkinson. Een onderhuids kastje levert de pulsen die via draadjes onder de huid naar de naalden gaan.

Bij de meeste DBS-patiënten zit het kastje onder het sleutelbeen, bij Hans vlak boven zijn heup. Hans: ‘Ik heb niet zo’n breed bovenlichaam, dus een kastje bij het sleutelbeen zou zo opvallen. Gelukkig konden ze het ook bij mijn heup plaatsen.’ Met een soort

afstandsbediening kan hij de DBS aan of uit zetten en de spanning aanpassen. Een keer per jaar heeft hij een afspraak met de neuroloog over zijn ervaringen met de stroomsterkte en frequentie.

Gat in schedel

Op de website van het Maastricht UMC heeft Hans een uitgebreid verslag geschreven over de operatie in 2014 en het effect op zijn leven. Zoals een legendarische carnavalartiest betaamt is zijn reportage doorspekt met grapjes. Zo schrijft hij dat de neurochirurgen hem naar de CT-scan rijden. ‘Een grapje over een duur transport kwam niet helemaal aan! Ze zullen wel te geconcentreerd zijn geweest.’

Tijdens de operatie, waarbij de chirurgen een gat in de schedel boren en de naald inbrengen, is Hans plaatselijk verdoofd. Hij moet verschillende oefeningen doen, zoals het opnoemen van woorden of het bewegen van zijn vingers, zodat de neurologen kunnen controleren of de operatie goed gaat. ‘Het eerste gat in mijn schedel werd gemaakt. Ik vroeg aan de neuropsychologe of er iets uitliep. Wat bedoel je, vroeg ze. Nou, vroeger zei de leraar altijd tegen mij dat ik zaagsel in mijn hoofd had. Hij heeft dan toch ongelijk gekregen!’

Effect op zijn leven

Hans is enthousiast over het effect op zijn leven. ‘Ik voel niet meer continu die spanning op mijn spieren. Ik tril minder, heb minder stijfheid en voel geen krampen. Ik heb ook meer expressie in mijn gezicht.’ Zijn tevredenheid over de ingreep straalt hij uit. Tegelijkertijd waarschuwt hij voor te optimistische verwachtingen. ‘DBS helpt alleen om de symptomen te verminderen. De Parkinson gaat gewoon door.’ Zo merkt hij dat praten wat moeizamer gaat, al is het niet zeker of dat door de DBS of door Parkinson komt.

DBS helpt alleen om de symptomen te verminderen. De Parkinson gaat gewoon door.

Hans Caris

Hans spreekt regelmatig lotgenoten die niet zo enthousiast zijn over DBS. Soms zijn het praktische problemen, zoals onderhuidse draden die te kort zijn waardoor patiënten hun hoofd niet meer volledig kunnen draaien. Meestal zijn het mensen die te hoge verwachten van de ingreep hadden. Ze hoopten weer te worden zoals ze waren voor de ziekte van Parkinson.

Dramatische bijwerkingen

Dramatische bijwerkingen, zoals een casus in een onderzoek in het *Nederlands Tijdschrift voor de Geneeskunde* uit 2004, zijn bij Hans niet bekend. Deze tragische casus gaat over een patiënt van destijds 62 jaar. Hij had ook DBS om de symptomen van de ziekte van Parkinson te onderdrukken.

Dat hielp, maar kwam met ernstige bijwerkingen. Hij had een rustige introverte persoonlijkheid, maar het aanzetten van het stroompje elektriciteit naar de naalden in zijn brein leidde tot een radicale karakterwisseling. Hij werd chaotisch, begon dure dingen te kopen, te stelen en vreemd te gaan.

| Een triest ethisch dilemma

Met het stoppen van de elektriciteit kreeg hij zijn oude persoonlijkheid terug, maar zorgde ook voor toename van onvrijwillige spiertrillingen en bedlegerigheid. Er was geen middenweg: of een goede geestelijke conditie maar fysiek bijna invalide, of een manische ontremming en lichamelijk tot meer in staat. Een triest ethisch dilemma. Uiteindelijk koos de patiënt, in samenspraak met zijn behandelaars en familie, voor de tweede optie. Na een rechterlijke machtiging werd hij opgenomen in een psychiatrisch ziekenhuis.

Gelukkig heeft DBS zich in de afgelopen jaren verder ontwikkeld, waarbij gevallen zoals bij de 62-jarige patiënt uit de casus amper meer voorkomen. Toch is het verhaal een waarschuwing dat sleutelen aan de mens onverwachte effecten kan hebben die verder reiken dan alleen het lichaam.

Meer weten over mijn boek? Bekijk: [Boek Supermens](#)

Huur mij in

Wil je meer weten over neurotechnologie en biohacking? Neem dan [contact](#) met me op als je vragen hebt! Ook als je me wil uitnodigen om een [lezing](#) of [webinar](#) te geven bij je bedrijf, op je congres, symposium of bijeenkomst. De plannen van Neuralink bespreek ik dan in het kader van [biohacking](#) of [transhumanisme](#). Interesse? Neem dan direct [contact](#) met me op!



Leeslijst

Wil je meer weten over brainhacking om beter te presteren of over wat het gaat betekenen in de komende jaren? Eerder schreef ik deze artikelen over dit thema:

- Wat zijn ontwikkelingen in neurotechnologie?
- Wat is kunstmatige intelligentie? (in relatie met Neuralink)
- Wat is biohacking?

Hier kun je mijn podcast interviews luisteren. Je kan je ook abonneren op mijn podcast via iOS, Android of Youtube.

In aflevering 112 bespreken Susan en ik de plannen van Neuralink.

Podcast over Neuralink

Ik kwam in de media over dit onderwerp:

Artikel Breingein in magazine Quest

Deze boeken heb ik over dit onderwerp gelezen:

- Boek biografie Elon Musk
- Boek De Vijfde Revolutie
- Boek Supermens

Dit zijn externe links die ik heb gebruikt:

Deel 1 Visie Neuralink

- [Website](#) Neuralink
- [Artikel](#): Neuralink van Elon Musk
- [Onderzoek](#) Nicolelis
- [Artikel](#) hersensignalen mensen naar ratten
- [Artikel](#) hersensignalen mensen naar mensen
- [Website](#) BrainNet

Deel 2 Na de ruimte wil Musk nu ook het brein in

- [Onderzoek](#) over epilepsiepatiënten en verbetering werkgeheugen
- [Website](#) Mariska van Steensel
- [Website](#) Neuroprothese
- [Paper](#) Neuralink 2019

Deel 3 Link in varken Gertrude

- [Artikel](#) MIT Technology Review over presentatie augustus 2020
- [Artikel](#) TechCrunch over presentatie augustus 2020
- [Artikel](#) New Scientist

Deel 4 Pager met spel Pong

- [Artikel](#) The Verge
- [Artikel](#) CNBC over Musk op Clubhouse

Deel 5 Ontwikkelingen

- [Artikel](#) Kernel
- [Artikel](#) Neil Harbison
- [Artikel](#) Neural dust
- [Onderzoek](#) StimDust
- [Artikel](#) Stentrode

Deel Conclusie

- [Programma](#) FDA
- [Artikel](#) Ars Technica
- [Artikel](#) Phil Kennedy
- [Artikel](#) Anna Wrexler
- [Artikel](#) wetgeving Chili
- [Artikel](#) hacken pacemaker
- [Interview](#) Dick Cheney
- [Artikel](#) Slate
- [Artikel](#) Wired
- [Artikel](#) Trouw

Wat wil jij nog weten over Neuralink? Laat het me weten in de comments!

LEER ALLES OVER MENSVERBETERING

Vul je gegevens in en ontvang GRATIS hoofdstuk 1 van mijn nieuwe boek Supermens.

DOWNLOAD NU

Ik ga zorgvuldig met je gegevens om, lees meer in mijn [privacy statement](#).

PETER
JOOSTEN

SUPERMENS



PETER
JOOSTEN

SUPER MENS

Ben jij klaar voor
een upgrade?

bot uitgevers