

INHOUD

Wat je mag verwachten	5
Deel 1 Kijk en luister!	9
Zullen we eens zien?	11
Zien we wel wat er te zien is?	19
Wát is rood?	29
Is het muziek of lawaai?	41
Hoor je wat ik niet heb gezegd?	51
Zit pijn tussen onze oren?	65
Deel 2 Alles onder controle	71
Hoe grijp je een kopje koffie?	73
Mogen we even je aandacht?	81
Neem je deze taak er ook nog bij?	87
Word jij daar ook zo moe van?	93
Hoe verhogen nepwapens onze concentratie?	101
Deel 3 Vergeet je hoofd niet	107
Onthoud je dat je geen geheugen hebt?	109
Bestaat het perfecte geheugen?	117
Deel 4 Redeneer even mee	131
Kunnen we rationeel beslissen?	133
Mag ik aannemen dat je bevooroordeeld bent?	145
Kunnen emoties redelijk zijn?	151
Nawoord	157

WAT JE MAG VERWACHTEN

Verwachtingen. Jij koestert verwachtingen over dit boek, want anders was je er niet aan begonnen. Laat ons raden: ongetwijfeld wil je iets meer te weten komen over het fascinerende orgaan dat ons brein is.

We hopen dat we je verwachtingen zullen inlossen en dat we je enkele dingen kunnen bijleren die je nog niet wist over het brein. Tegelijk willen we met dit boek iets bieden wat je níét verwacht. Zie je, als jij gewoon te lezen krijgt wat je verwacht, dan hebben we je niet kunnen verrassen. En dan wordt dit boek een beetje – laat ons het maar zeggen zoals het is – saai.

Vanzelfsprekend is dat niet wat wij willen. Het brein verdient beter dan saaie boeken.

Als jij verwacht dat je een boek zult lezen dat uitlegt hoe allerlei cognitieve processen werken, dan klopt dat een beetje, maar niet helemaal. Met dit boek maken we ook van de gelegenheid gebruik om je mee te nemen in een van de spannendste inzichten die de jongste jaren zijn opgedoken in de cognitieve psychologie. Dat inzicht gaat precies over wat jij momenteel koestert:

Verwachtingen.

Voortdurend projecteert ons brein voorspellingen op de nabije en minder nabije toekomst. Onze hersenen schatten in wat ze kunnen verwachten en als de dingen gebeuren zoals verwacht, zijn ze tevreden.

Maar heel vaak zitten die predicties ernaast en moet het brein zijn best doen om zijn fout te herstellen.

Dat kan door bijvoorbeeld op het allerlaatste moment de beweging van onze arm te corrigeren en zo te vermijden dat we ons kopje koffie omstoten. Soms grijpt ons brein zelfs zonder pardon in om onze perceptie van de werkelijkheid te doen kloppen met de voorspellingen – wat best een akelige gedachte is. Er is zelfs bewijs dat het brein zijn eigen voorspellingen kan vervullen net doordat het die voorspellingen heeft gemaakt.

Wanneer we een nieuwe vaardigheid aanleren, zoals autorijden, gitaar spelen of rolschaatsen, stoot het brein constant op foute predicties: het weet niet wat te verwachten en tast maar wat in het duister. Pas door veel te oefenen slagen onze hersenen erin om correcte voorspellingen te maken over wat er zal gebeuren wanneer we dit of dat doen. Dat is het moment waarop wijzelf zeggen: oef, we kunnen dit.

In haast alle mentale processen speelt die voorspellende gave van het brein een rol van betekenis. Zelfs onze appreciatie van muziek hangt ervan af. De beste gitaarsolo's en de meeste ingenieuze liedjes geven je ongeveer wat je verwacht, maar toch net iets anders. Het zijn die kleine afwijkingen die ons verrassen en die goede muziek zo boeiend maken.

Daarom dus hopen ook wij dat dit boek ongeveer biedt wat jij verwacht, maar toch niet helemaal.

Veel leesplezier!

Durk Talsma & Juliette Taquet
September 2021

P.S. In dit boek zal ik, Juliette, soms het woord nemen om een en ander toe te lichten of om een goed voorbeeld te geven. Schrik dus zeker niet als ik Durk even onderbreek!

DEEL 1

KIJK EN LUISTER!



ZULLEN WE EENS ZIEN?

Heb je je ooit afgevraagd waarom een verhaal, film of televisieserie soms zo overweldigend is dat je er vanaf het begin in gezogen wordt? Wat is de magie die ervoor zorgt dat je vanaf het begin helemaal mee bent in het ene verhaal, terwijl je misschien bij andere verhalen al direct afhaakt? Om deze vraag te beantwoorden zullen we eerst even een uitstapje moeten maken. Dat uitstapje begint bij een vliegsimulator.

Een moderne vliegsimulator kan heel realistisch het gedrag van een vliegtuig nabootsen. Maar, om een piloot in opleiding het gevoel te geven echt te vliegen moet zo'n simulator ook in staat zijn om hele realistische landschappen te tekenen. Tegenwoordig beschikken we over hele krachtige computers, die zeer gedetailleerde landschappen kunnen tekenen, maar zo'n 25 jaar geleden was dat helemaal anders. Het was rond die tijd, in 1997, dat ik betrokken raakte bij de ontwikkeling van een vliegsimulator. Dit project, *FlightGear*, was een initiatief van vrijwilligers en een van de belangrijke lessen die ik er heb geleerd was dat het eigenlijk helemaal niet belangrijk is dat deze landschappen gedetailleerd zijn. Integendeel, te veel detail in een landschap kan het beeld doen haperen. Het gevolg hiervan is dat ons gevoel van onderdompeling, oftewel de illusie dat we ons in een fysieke wereld bevinden, onmiddellijk wordt verstoord.

Wat veel belangrijker is, is dat alles wat je ziet klopt. Wegen die bijvoorbeeld dwars door een zee lopen, of rivieren die een berg in tweeën splijten, verstoren de illusie dat we in een echte wereld vliegen. Wanneer het mistig is mag je gebouwen in de verte natuurlijk niet

meer zien. Ooit hadden we een fout in het programma, waardoor sommige gebouwen dwars door die mist priemden. Zoiets ervaar je dan natuurlijk als een zwerende wond: het gevoel van realisme wordt onmiddellijk overboord gegooid.

Je had het misschien niet verwacht, maar voor een realistische scène heb je dus maar heel weinig detail nodig. Dit is niet alleen het geval bij een vliegsimulator, ook in de filmindustrie vinden we hier tal van voorbeelden van. Actie- of fantasyfilms worden bijvoorbeeld vaak in een studio opgenomen en de landschappen op de achtergrond worden hier dan later in gemonteerd. Vroeger werden die achtergronden vaak met de hand geschilderd. Hoewel ze in de uiteindelijke film heel erg gedetailleerd leken, waren ze in werkelijkheid vaak met een ongelofelijk grove borstel geschilderd.¹ Tegenwoordig zouden we met computer graphics misschien veel gedetailleerdere achtergronden kunnen maken. Toch gebeurt dat bijna nooit. Waarom niet? Omdat ze niet zouden werken. Wanneer we naar een film kijken richten we onze aandacht op de scène op de voorgrond. Te veel detail op de achtergrond zou ons afleiden. In dit soort situaties verwacht ons brein nu eenmaal een ietwat vervaagde achtergrond. Een zichzelf respecterende filmmaker zorgt er dan ook maar beter voor dat die achtergrond consistent is met onze verwachtingen.

DE ONTGOOCHELING VAN DE HEMEL

Voor het scenario van een film geldt eigenlijk precies hetzelfde. Het moet intern consistent zijn. Een slimme scenarist formuleert een aantal regels waaraan het universum waarin het verhaal zich afspeelt moet voldoen. Zolang het scenario deze regels respecteert maakt het eigenlijk niet uit hoe *outlandish* het is. Als het maar intern consistent is.

¹ Zoek op het internet bijvoorbeeld maar eens op 'Matte Painting Ralph McQuarrie'.

Neem nu *The Lord of the Rings*. In die filmsaga gebeuren heel veel dingen die in ons universum niet mogelijk zijn, maar we aanvaarden die filmwereld omdat de interne regels consequent blijven gelden. Pas als die regels worden geschonden, voelen we: hé, deze scène is niet realistisch meer.

Wat je ook vaak ziet is dat scenaristen hun plot een wending laten nemen waarvan je voelt: dit gebeurt om het verhaal spannender te maken. Als ze dat niet goed doen, wordt het verhaal niet spannender, maar vooral minder geloofwaardig. Je voelt: dit klopt niet.

Inderdaad, het doet me denken aan een sleutelscène uit de roman *De ontdekking van de hemel* van Harry Mulisch. Daarin concludeert een sterrenkundige op basis van zijn waarnemingen: nou, ik heb de hemel ontdekt! Hij had het goddelijke plan doorzien. En prompt valt er een door God gezonden meteoriet op zijn hoofd en overlijdt hij. We noemen zo'n plotwending een *deus ex machina*, een techniek die al door de oude Grieken werd gebruikt wanneer ze hun theaterstuk niet meer op een logische wijze konden voortzetten.

Voor mij was dit zo'n onwaarschijnlijke plotwending dat het niet werkte. Het verhaal vond plaats in een realistische setting, in het Nederland van de jaren vijftig, en opeens gebeurde er iets dat helemaal niet in die setting paste. Dan ben ik niet meer mee, dan vind ik meteen het hele verhaal vergezocht. Ik heb het boek daarna met veel tegenzin uitgelezen...

Maar dat de aarde wordt opgeblazen omdat die toevallig plaats moet maken voor een intergalactische snelweg, daar heb je kennelijk geen moeite mee...

Ah, nee inderdaad, maar dan hebben we het dus over een universum waarin het absurde de norm is geworden.

Helaas voor mensen die special effects maken voor films: in onze visuele perceptie wegen inbreuken tegen de interne consistentie nog veel zwaarder door. Een slecht visueel effect in een verder realistische setting haalt de hele scène onderuit.

KLOPT HET PLAATJE IN ONS HOOFD?

Een verhaal moet intern consistent zijn, anders geloven we het niet: fouten tegen de consistentie springen heel erg in het oog. Die gedachte laat ons toe om een sprongetje te maken naar hoe ons brein zich een beeld vormt van onze omgeving. Ons brein maakt voortdurend een interne representatie van de ons omringende werkelijkheid en past die elk ogenblik aan aan nieuwe informatie, zodat fouten snel worden gecorrigeerd.

Maar ons brein vormt zich niet alleen een beeld van de werkelijkheid die we nú waarnemen, het blik ook vooruit. Het vormt zich als het ware een beeld van de zeer nabije toekomst. En net als bij een verhaal, een visueel effect of een vliegsimulator vallen fouten daar heel hard in op.

In zijn boek *Surfing Uncertainty: Prediction, Action, and the Embodied Mind* (2015) beschrijft de Britse filosoof en professor cognitieve psychologie Andy Clark hoe de hersenen continu bezig zijn hun omgeving te voorspellen. De kernboodschap van Clark luidt: om goede predicties te maken, moeten we onze omgeving heel actief in ons opnemen. We moeten de wereld om ons heen *gebruiken* en actie ondernemen. We moeten onze omgeving verkennen en bewijs verzamelen om te checken of onze predicties nog kloppen.

De meest simpele actie is dat onze ogen voortdurend scannen wat er in onze omgeving gebeurt. Onze blik richt zich continu op de plaatsen waar we de meeste evidentie kunnen verzamelen.

Beeld je bijvoorbeeld in dat je 's avonds in je tuin een verdacht geluid hoort. Je vormt je meteen een hypothese: 'Dat is een inbreker.'

Je ziet hoe een vage schim je huis nadert terwijl hij iets in zijn handen houdt. Je ziet niet goed wat precies. Is het een wapen of een sleutelbos?

Je brein komt met een tweede hypothese: 'Is het toch een verre buur?'

Hoe kom je nu het verschil te weten tussen die verschillende hypothesen? Waar vind je de relevante info? Normaal gezien is dat in de omgeving van de handen. Dus richten onze ogen hun aandacht op de locatie waar ze handen vermoeden, zodat ze daar extra informatie kunnen detecteren en verwerken.

Maar het is donker buiten, ons zicht is niet goed. Wat nu?

Wel, de twee hypothesen in je hoofd – een inbreker of een verre buur – voorspellen elk iets anders. Bij een inbreker luidt de voorspelling dat hij een pistool in zijn hand heeft. En dat hij schuchter om zich heen kijkt, spiedend en zoekend. Als de schim zich inderdaad zo beweegt, matcht dat heel erg met de predictie van een echte inbreker, terwijl er een grote predictiefout is met de hypothese van een buur. Van een buur verwachten we niet dat hij zich gedraagt alsof hij niet gezien wil worden.

Maar als het echt donker is, kan onze info onbetrouwbaar zijn en blijft ons brein nieuwe hypothesen opwerpen.

In hoeverre kun je dan nog vertrouwen op die voorspellingen? Dat lost ons brein op door waarden toe te kennen aan predictiefouten en daar nieuwe hypothesen op te baseren. Misschien is het toch een onschuldige voorbijganger die de weg komt vragen?

HET BREIN ALS VOORSPELLEND INSTRUMENT

Het idee dat het brein voortdurend voorspellingen afvuurt en die door de zintuigen laat controleren, heet de *predictive coding*-theorie. Die is ontstaan om visuele perceptie te kunnen verklaren en begon van daaruit aan een grote opmars naar andere domeinen van de cognitieve psychologie. De jongste jaren verwerk ik het concept van het brein als voorspellend instrument ook almaar meer in mijn lessen.

Predictive coding gaat in tegen een idee dat heel lang leefde in de medische wetenschappen en de psychologie. Nochtans is predictive coding geen volledig nieuw idee: in de negentiende eeuw werd het al gesuggereerd door de Duitse arts Hermann von Helmholtz. Veel recenter was met name de Britse neurowetenschapper Karl Friston bijzonder invloedrijk om predictive coding ingang te doen vinden in de cognitieve psychologie.

Als student kreeg ik nog een heel ander beeld mee. Studies van onze visuele waarneming gingen er toen a priori van uit dat onze ogen slechts passieve lichtreceptoren waren. Zij zetten het lichtpatroon om in een neurale code en stuurden het naar de visuele cortex. Daar vond verdere analyse plaats: de hersenen herkenden objecten. Het waren die waargenomen objecten die ons tot actie zouden dwingen.

De klassieke theoretische modellen van de cognitieve psychologie waren er heel erg door geïnspireerd. Maar inmiddels weten we: dat concept klopt niet. Er zijn heel veel fenomenen die we niet met dat model kunnen verklaren.

Onze ogen, oren en andere zintuigen zijn geen passieve registrators. Het is eerder zo: onze zintuigen zijn de organen die predictiefouten rechtzetten. Ja, ze registreren wat er in de buitenwereld gebeurt, maar die info wordt vooral gebruikt om de fantasie van ons brein te corrigeren en in toom te houden.

Waarom zijn dromen soms zo bizar? Net omdat ze niet worden belemmerd door zintuiglijke correctie. In de droomwereld worden de predicties van ons brein, hoe dol ze ook zijn, gewoon werkelijkheid doordat ze niet op de grenzen stuiten die onze zintuigen opwerpen.

Het nieuwe inzicht dat onze zintuigen een veel actievere rol spelen, brengt ons bij een tegenstelling die al meegaat sinds de oudheid. Sommige Griekse filosofen geloofden dat onze ogen stralen uitzonden die objecten beschenen, waardoor je die voorwerpen kon waarnemen. In de middeleeuwen verwierp de Arabische natuurkundige Hasan Ibn al-Haytham – in Europa beter bekend als Alhazen – dat idee: hij stelde dat de ogen licht detecteerden, maar niet zelf uitstraalden. De grondlegger van de moderne optica had daar natuurlijk gelijk in. Maar: het concept van de Oude Grieken bevatte wel het idee dat we actief onze omgeving scannen en dat is het beeld dat nu weer opkomt.

Een leuke analogie is een videogame waarbij je een pistool richt op tegenstanders op het televisiescherm. Mensen nemen haast automatisch aan dat dat pistool een lichtstraal naar het scherm stuurt – de analogie met een echte kogel die uit de loop schiet, is uiteraard heel dwingend. Maar de waarheid is dat er aan het uiteinde van de loop een lens zit die specifieke pixels op het scherm detecteert. De actie bestaat erin dat we de lens heel precies op de pixels richten die we willen ‘raken’. Als we de lens goed hebben gericht, heeft dat ook een gevolg: een digitale gangster komt bloedig aan zijn einde. We hebben raak gekeken!

DE PARABEL VAN DE LASERPOINTER

Tijdens de coronacrisis gaf ik een gastcollege waarbij de helft van de studenten in het auditorium zat en de andere helft de les thuis meevolgte via de computer. Speciaal voor dergelijke hybride lessen was er een nieuw model laserpointer voorzien. De klassieke laserpointer werkt inderdaad met een laserstraal, maar die zou niet zichtbaar zijn voor mensen die de les thuis volgden. Bij het nieuwe model toonde het computerscherm zelf een rode bol als ik de pointer op mijn slides richtte. En hij deed dat ook op de correcte plaats.

Hoe werkte dat ding nu? Geen idee.

Zat er een positieensor in? Een gyroscoop misschien? Of werkte het apparaat toch zoals het pistool van een videogame?

Voilà: en nu heb ik precies gedaan wat ons brein voortdurend doet. Ik weet niet hoe die pointer werkt, ik heb dat ding niet mee ontworpen, maar haast automatisch produceer ik enkele hypotheses over het mechanisme erachter. Alleen is het vervelend dat ik puur op het zicht geen enkele van die hypotheses kan weerleggen.

ZIEN WE WEL WAT ER TE ZIEN IS?

Iets waarnemen betekent niet automatisch dat we het zien.

Er is een relatie tussen perceptie en bewustwording, maar in sommige gevallen is de perceptie er zonder dat we er ons bewust van zijn. Zo is er het fenomeen van *blindsight*: al ziende blind zijn.

Tijdens de Eerste Wereldoorlog merkte de Britse legerarts George Riddoch dat blinde soldaten reageerden op bewegingen die ze niet konden zien. Ze grepen zelfs correct naar objecten wanneer dat werd gevraagd. Al die mannen waren blind geworden na een schotwond of granaatscherf in hun hoofd. Toch bleken ze nog veel meer te zien dan ze zelf dachten.

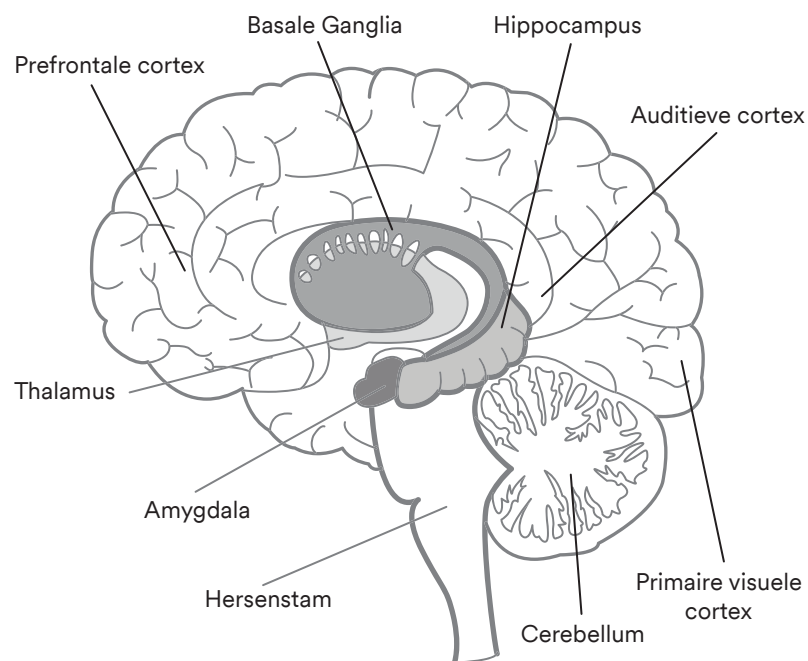
Heel intrigerend is dat. Het is dus mogelijk dat je rapporteert dat je blind bent, terwijl je hersenen nog altijd visuele informatie binnenkrijgen en verwerken.

Sommige patiënten die volgens alle gangbare criteria blind zijn, blijken perfect in staat om zonder te botsen door een gang te wandelen. Er zijn zelfs videobeelden van een *blindsight*-patiënt die netjes alle obstakels ontwijkt die de onderzoekers op zijn pad hebben geplaatst.² Zijn

² Zoek op YouTube maar eens naar 'Blindsight – Blind man can see and avoid obstacles'. Heel fascinerend beeldmateriaal is dat.

brein krijgt dus voldoende zintuiglijke input om correcte predicties te maken, maar de man *ziet* de objecten die hij ontwijkt niet.

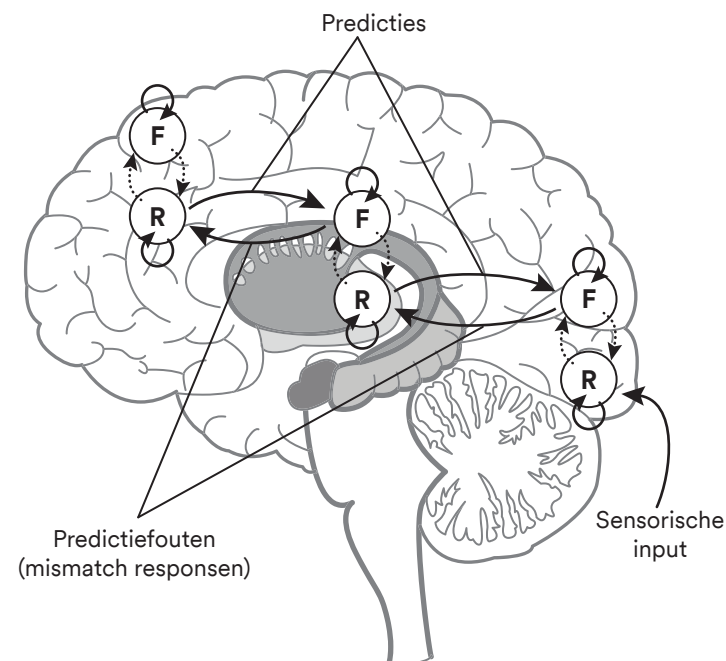
Vroeger dachten we dat mensen kunnen zien doordat informatie vanaf de ogen worden verwerkt door een verzameling gebieden aan de achterzijde van het brein. Deze gebieden kunnen onderverdeeld worden in de primaire visuele cortex, waar de eerste analyse plaatsvindt, en de hogere visuele gebieden die betrokken zijn bij de herkenning van kleur, beweging en objecten. Informatie zou altijd eerst in de primaire cortex verwerkt moeten worden voordat het door de hogere gebieden verwerkt kon worden.



a) Basisanatomie van het brein

De verklaring voor blindsight zit er hem echter waarschijnlijk in dat de primaire visuele cortex betrokken is bij de bewustwording van visuele informatie. Wanneer dat gebied beschadigd raakt door een granaatscherf of een tumor, worden we ons niet meer bewust van visuele prikkels die nog altijd ons brein binnenkomen.

Vroeger dachten hersenonderzoekers dat het primaire visuele gebied essentieel was om te kunnen zien. Later kwamen we erachter dat veel informatie buiten de primaire visuele cortex om wordt verwerkt en rechtstreeks naar de gebieden van de hogere waarneming gaat. Sterker nog: we veronderstellen tegenwoordig zelfs dat de informatiestroom



b) Het principe van predictie en predictiefout

Representatie-eenheden (R) genereren predicties over onze omgeving, die door foutcorrectie-eenheden (F) worden gecorrigeerd.