

## Waar gaat dat heen?

Prof.dr. J.B.J. Smeets

*Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar Psychologie met betrekking tot het menselijk bewegen aan de faculteit der Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam op 12 september 2006*



Mijnheer de rector, dames en heren,

Waar gaat dat heen? is een vraag die vaak gesteld wordt. Op de universiteit vaak in de vorm van:

### Waar gaat dat heen met het niveau van de studenten?

Ik wil het antwoord op deze vraag beginnen met een citaat:

“Iedereen weet hoe het komt: onder de jongeren is het lamlendigheid troef, hun ouders kan het niets schelen, en hun leraren weten nergens iets van. De goede oude zeden zijn in verval geraakt. [...] Ik ga nu voorbij aan de elementaire leerstof, hoewel daar ook te weinig werk van wordt gemaakt: noch aan literatuur, noch aan geschiedenis, noch aan concrete feitenkennis wordt voldoende tijd besteed.” [1]

Dit is geen klaagzang van een hedendaagse onderwijscolumnist, maar een citaat van Tacitus, die bijna twee millennia geleden leefde. De overeenkomst met meer recente klaagzangen is groot. De ouderen onder u denken misschien met weemoed terug aan de kwaliteit van de studenten van voor de mammoetwet. Anderen denken misschien eerder aan de studenten van voor de tweefasestructuur. En sinds kort hebben we een nieuw ijkpunt: het studiehuis. Het verval is dus niet gestopt. Dus al bijna twee millennia weten studenten minder feiten dan hun voorgangers, spreken ze hun talen slechter, kunnen slechter rekenen, etc. Als je een beetje nadenkt, en dat hoor je aan een instelling als een universiteit te doen, dan realiseer je je dat het niveau van studenten niet twee millennia lang kan dalen. Hoe komt het dan dat het toch lijkt dat het niveau van de studenten steeds maar daalt? Ik ken drie fenomenen die samen het antwoord op deze vraag zouden kunnen vormen.

Ten eerste letten we op de verkeerde aspecten om het niveau van studenten te beoordelen. Degene die nog zijn opgegroeid met logaritmes en de rekenliniaal, vinden het een achteruitgang dat studenten dat niet meer kunnen, maar vergeten dat de vaardigheid van studenten met computerprogramma's als Matlab er voor in de plaats is gekomen. Degenen die lang geleden een bèta-eindexamen hebben gedaan met drie vreemde talen gaven af op de mammoetwet, waarbij nog maar één

vreemde taal verplicht was. Maar wat moet je met Duits in je pakket als het tijdschrift Kybernetik omgedoopt is in Biological Cybernetics, en Psychologische Forschung en Naturwissenschaften alleen nog maar Engelstalige artikelen publiceren? Dat het niveau van het gesproken engels van de studenten van na de mammoetwet veel hoger is dan van vroegere generaties wordt niet in de beoordeling van het niveau meegenomen.

Een tweede reden is dat we de student vergelijken met onszelf, en niet doorhebben dat we na het verlaten van de middelbare school ons zelf verder ontwikkeld hebben. Iedereen ziet zichzelf als een constante rots in de branding. Gelukkig is dit niet zo, ik had hier waarschijnlijk niet gestaan als mijn wetenschappelijk niveau na mijn afstuderen niet gestegen was. Dit negeren van je eigen verandering leidt niet alleen tot het oordeel dat het niveau van de studenten daalt, maar ook tot de veelgehoorde observatie dat de studenten steeds jonger worden.

Een derde fenomeen is dat we niet consistent zijn in onze opvattingen. We vinden wel dat het niveau van de studenten veel minder is dan dat van ons, maar vinden het ook logisch dat we een stuk slechter zouden presteren als we nu eindexamen zouden moeten doen. Men schaamt zich er niet voor om aan het Endemol TV-programma “Herexamen” mee te doen om te laten zien dat van dat veel geroemde niveau niet veel meer over is.

Een interessant psychologisch verschijnsel, maar wat heeft dat met bewegingswetenschappen te maken, en wat moet ik als fysicus daarmee?

### **Waar gaat dat heen met de psychologie als een fysicus hoogleraar psychologie wordt?**

Deze vraag heb ik een aantal keren al gehoord. Een erg begrijpelijke vraag, omdat natuurkunde en psychologie van het menselijk bewegen elkaars tegenpolen lijken te zijn. Maar is er wel zo’n grote tegenstelling tussen deze vakken? Als je het opzoekt in een encyclopedie, dan is psychologie “de studie van menselijk gedrag”, en natuurkunde “bestudeert het gedrag en de interactie van materie en energie in ruimte en tijd”. De “ruimte en tijd” van de natuurkunde zijn natuurlijk de beweging in het tweede deel van mijn leeropdracht. De overeenkomst is de

studie van gedrag, en het enige verschil is eigenlijk het woordje “menselijk”. Inderdaad probeer ik de menselijke beweging te bestuderen alsof het materie en energie is. Dat betekent dat ik me zal concentreren op het meetbare deel van de psychologie: de psychonomie en in het bijzonder de psychofysica. Bepaalde aspecten van de psychologie met betrekking tot het menselijk bewegen zal ik over laten aan collega’s die daar beter mee overweg kunnen.

Sommigen van u hebben misschien het idee dat het wel erg bout is om de mens te bestuderen als alleen materie en energie. U denkt misschien net als Descartes, en neemt aan dat er aan de materie iets onstoffelijks is toegevoegd (een ziel, geest, bewustzijn) die de materie bestuurt. Ik denk dat deze onstoffelijke entiteiten niet bestaan zonder de materie, maar een emergerend verschijnsel zijn van de organisatie van de materie. Om een vergelijking als fysicus te geven: diamant en grafiet bestaan uit dezelfde materie: alleen maar koolstof atomen. Je kunt van grafiet geen diamant maken door zwartsel er uit te halen, en glimse toe te voegen. Het enige dat werkt is de organisatie van de materie (de kristalstructuur) te veranderen. Iets wat trouwens makkelijker gezegd dan gedaan is.

Als de mens niets meer is dan complex georganiseerde materie en energie, zo vraagt u zich wellicht af, kunnen we de psychologie dan niet beter afschaffen? De neurowetenschapper Victor Lamme stelde dit voor bij het aanvaarden van zijn ambt als hoogleraar psychologie aan de Universiteit van Amsterdam. Als we maar weten wat alle hersencellen precies doen, dan weten we wat het brein doet, en begrijpen we de psyche van de mens, zo is in het kort gezegd zijn redenering. Die redenering klopt natuurlijk, maar het woordje “*precies*” maakt de redenering totaal irrelevant: we kunnen namelijk nooit *precies* weten wat elke cel doet.

Victor Lamme, en met hem vele neurowetenschappers, maken met deze redenering de fout die de meeste natuurkundigen tot in de jaren ’80 maakte. Die dachten ook: als we maar de details van het kleine begrijpen, dan begrijpen we vanzelf het grootte. Al het geld in de natuurkunde (verdeeld door de stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie) ging naar het onderzoek in de kern- en atoomfysica. In de natuurkunde is men

bijgedraaid, en weet men nu dat we het gedrag van complexe moleculen (zoals eiwitten) niet veel beter gaan begrijpen als we steeds beter weten hoe de atomen in zo'n molecuul werken, en dat de kennis van de atoomfysica al helemaal niet helpt om alledaagse fenomenen als het weer te voorspellen. Dus gaat er tegenwoordig ook veel geld naar de fysica van wat complexere systemen zoals biomoleculen en fenomenologische natuurkunde. Een ander voorbeeld is de werking van een PC. Sommigen suggereren dat het openmaken van een PC je leert hoe die werkt. Helaas is dat op zijn zachtst gezegd niet helemaal waar. Je kunt zo bijvoorbeeld niet zien of de computer op Windows, Dos, Linux of het Macintosh besturingssysteem draait. Wel kun je zien of de sticker "Intel inside" er terecht op zit, maar dat betekent weer niet veel voor het gedrag van de computer. Oftewel: kennis van de onderdelen brengt het begrijpen van het gedrag van een complex systeem meestal niet dichterbij. De studie van het gedrag verdient daarom een zelfstandige plaats, dus: leve de psychologie!

Helaas lijken de neurowetenschappen zich niet veel van deze ervaring binnen de natuurkunde aan te trekken, en groeien de moleculaire neurowetenschappen ten koste van de studie van het gedrag. Ik kan nu dus wel voorspellen dat we ons over twintig jaar zullen realiseren dat we de moleculaire en cellulaire processen in ons brein inderdaad een stuk beter snappen, maar nog geen stap dichterbij het begrijpen van onze psyche zijn gekomen. Ik hoop dat diegene hier in de zaal die mede het wetenschapsbeleid vorm geven er voor zullen zorgen dat de psychologie een even ruimhartige financiering krijgt als de moleculaire neurowetenschappen, zodat ik bij mijn afscheidsrede niet mijn gelijk hoeft te gaan halen.

Na deze uitstap over het wetenschapsbeleid terug naar het onderzoek, met de vraag wat het niveau van studenten te maken heeft met bewegingswetenschappen.

### Waar gaat dat heen met onze doelgerichte bewegingen?

De mechanismen die verklaren waarom het niveau van de studenten achteruit lijkt te gaan, treden niet alleen op bij het waarnemen van dit niveau, maar ook bij het waarnemen van waar dingen zijn. Dit geeft meteen aan wat de vraag is van mijn

onderzoek: waar gaat dat heen? Oftewel: hoe beweeg je je hand ergens heen? Deze vraag bevat twee problemen: hoe weet je waar je je hand heen moet bewegen, en hoe zorg je dat die hand daar ook komt? Voor het huidige verhaal zal ik me concentreren op de eerste vraag: waar is het doel?

Dit lijkt misschien een simpel probleem: je ziet toch gewoon waar je heen moet? Helaas is dat niet zo makkelijk. Bijvoorbeeld: een appel van 10 cm doorsnee op een halve meter afstand geeft precies hetzelfde beeld op je netvlies als een appel van 20 cm doorsnee op een 1 meter afstand. En een vliegtuig dat van links naar rechts beweegt terwijl je zelf stilstaat geeft precies hetzelfde filmpje op je netvlies als een vliegtuig dat niet beweegt terwijl je oog van rechts naar links draait. Je hebt dus meer informatie nodig dan de informatie van je netvlies.



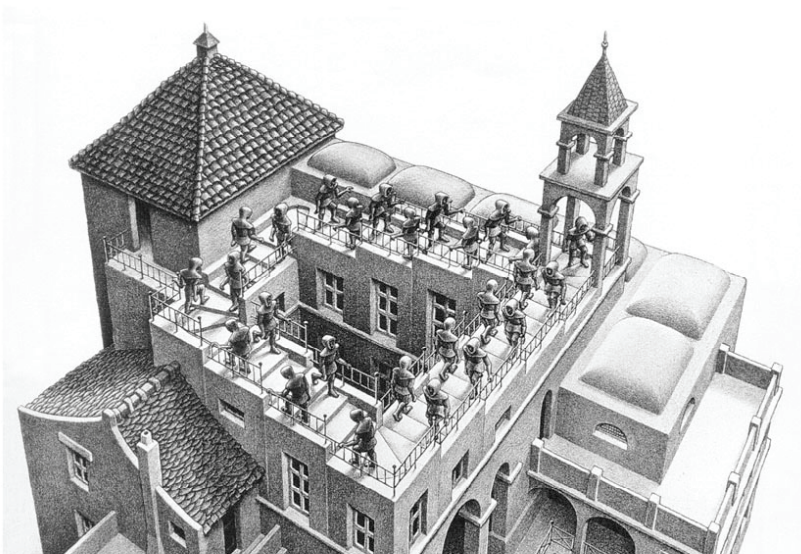
**Figuur 1.** Zicht vanuit mijn werkkamer op vliegtuigen op weg naar Schiphol.

Hierbij treden fouten op, waarbij de drie fenomenen die ervoor zorgen dat we de impressie hebben dat het niveau van studenten daalt ook een rol spelen:

- 1) We schatten afstanden vaak systematisch fout in omdat we op verkeerde aspecten letten. Dingen die we groot zien zijn meestal dichtbij, dus als je iets groots ziet, dan denk je daardoor dat het dichtbij is. De vliegtuigen die op de Buitenveldertbaan van Schiphol landen vliegen allemaal op

dezelfde afstand van het raam van mijn werkkamer, maar jumbo's lijken veel dichterbij te vliegen dan DC9's (figuur 1)

- 2) Je neemt aan dat je beweging waarneemt t.o.v. iets dat stabiel is. Ook voor het waarnemen van je eigen beweging ga je er vanuit dat de wereld om je heen stil staat. Meestal als de buitenwereld beweegt over je netvlies, dan komt dat doordat je zelf beweegt. Alleen in bijzondere situaties zoals Villa Volta in de Efteling gaat dat niet op, en ook niet als je in een stilstaande trein zit, en de trein naast je gaat rijden. In beide gevallen denk je dat je zelf degene bent die gaat bewegen, in plaats van de kamer om je heen of de trein op het andere spoor.
- 3) Je kunt dingen die niet met elkaar kunnen kloppen toch tegelijk waarnemen. Een bekend voorbeeld zijn de tekeningen van Escher, zoals zijn tekening van een huis waarin je eeuwig trap op kunt blijven lopen zonder ooit hoger uit te komen (figuur 2).



*Figuur 2. Fragment van "Klimmen en dalen" door M.C. Escher.*

De eerste twee van deze drie voorbeelden (degene met de vliegtuigen en de treinen erin) zijn verschillende situaties in de werkelijkheid die eenzelfde beeld op je netvlies opleveren. Om zo'n beeld op je netvlies te interpreteren heb je dus niet genoeg aan het beeld zelf, maar moet je extra kennis gebruiken, of aannames maken. En soms maak je een aanname die in het algemeen erg goed werkt, maar op dat moment niet correct is. Het resultaat is een visuele illusie. Dit soort visuele illusies is volledig begrijpbaar als je stelt dat we precies die aannames maken die ervoor zorgen dat we de grootste kans hebben om de correcte interpretatie van de wereld om ons heen te krijgen. Het derde voorbeeld (het continue dalen zonder te dalen) is een meer verontrustend soort van illusie. Je ziet een werkelijkheid die niet correct kan zijn.

Voordat ik verder ga met deze illusies eerst een tussen vraag:

### **Waar gaat dat heen als een hoogleraar bewegingswetenschappen zich met visuele waarneming gaat bezighouden?**

De illusies die ik zo juist besprak zijn perceptuele illusies, die in principe niets met de sturing van beweging te maken hoeven te hebben. Er zijn wetenschappers die hun carrière gebaseerd hebben op de claim dat je motoriek niet bedrogen wordt door illusies [2]. Het idee hierachter is dat visuele illusies komen door een interpretatie van de buitenwereld, en dat die interpretatie niet relevant is voor de motoriek. Sterker nog, zo'n interpretatie kost tijd, en die heb je niet als je je bewegingen wil sturen. Zelfs als je de informatie op zijn aller allersnelst verwerkt, dan kost dit 100ms, oftewel één tiende van een seconde. Dit lijkt misschien weinig, maar als je al wandelend iets wil pakken, dan ben je in die tijd al 15cm verder, dus grijp je mis. Als je hard loopt is de fout al snel een halve meter. De fout wordt natuurlijk ook groter als je de informatie beter verwerkt, want dan duurt het langer dan 100 ms voordat de informatie gebruikt kan worden. Dit betekent dat je moet voorspellen om al lopend visuele informatie te gebruiken om iets op te pakken. Voorspellen is lastig, dus is het niet verstandig om langer dan noodzakelijk op informatie te wachten.

Een simpel voorbeeld waaruit blijkt dat je inderdaad informatie gebruikt voordat die goed verwerkt is, is het reageren op

veranderingen in een complexe omgeving. Iedereen loopt wel eens over een druk plein, en daarbij ontwijken we meestal zonder enige moeite mensen die vanuit allerlei richtingen ons pad kruisen. Er is echter één situatie waarbij het opvallend vaak lastig is om een botsing te voorkomen: als er iemand precies in de tegengestelde richting recht op je af loopt. Om een botsing te voorkomen moet je dan kiezen: naar links of naar rechts gaan. Opvallend vaak maakt je tegenligger dezelfde keuze, en ontwijk je elkaar dus toch niet. Mijn verklaring hiervoor is dat je op de keuze van de tegenligger reageert, of je tegenligger reageert op jou. In de meeste gevallen als er iets waar naar je kijkt naar links beweegt, dan is het verstandig om ook naar links te bewegen. Het maakt niet uit of je naar het naar links bewegende object op weg was of dat het object je pad dreigt te kruisen en je het wilt ontwijken. Het werkt dus goed om botsingen te voorkomen met onvoorspelbaar bewegende mensen op een druk plein. Alleen als je iets wilt ontwijken waar je naar op weg bent, dan werkt deze strategie niet.

Dit is een verhaal voor bij de borreltafel, en je hebt een experiment nodig om te bewijzen dat je inderdaad altijd met obstakels meebeweegt, ook al ontwijk je ze daardoor niet. We hebben dit in het lab uitgetoetst met een simpele taak: beweeg een pen naar een doel en ontwijk daarbij obstakels. Het blijkt dat je bewegende obstakels snel kunt ontwijken, in minder dan 150 ms. Alleen: als je voor het ontwijken van het obstakel de andere kant op moet bewegen, dan gaat het mis: je reageert snel door met het obstakel mee te bewegen, en corrigeert pas na meer dan 200ms [3]. De boodschap is dus: om je bewegingen te sturen moet je informatie snel ter beschikking hebben. Je wacht daarom niet tot je alle informatie verwerkt hebt. In de meeste gevallen gaat dat goed; de fouten die dat in sommige situaties op kan leveren neem je kennelijk voor lief.

Terug naar de visuele illusies. Betekent de onvolledige verwerking inderdaad dat illusies geen effect hebben op snelle bewegingen? Wij hebben dat voor diverse illusies uitgezocht, en het blijkt zo te zijn dat ook je bewegingen door visuele illusies beïnvloed worden. Ik zal hier voorbeelden geven aan de hand van de drie soorten illusies die ik hiervoor besproken heb.

Mijn eerste voorbeeld van een illusie was het gebruik van grootte om afstand te schatten (de vliegtuigen). Als iets groter wordt op je netvlies, dan lijkt het dichterbij te komen. Is dat alleen een perceptuele illusie, of beïnvloedt dit ook je bewegingen? Om dit te onderzoeken hebben we een stimulus bedacht waarbij een schijfje op een tafel over een ellipsvormige baan naar je toe en van je af beweegt [4]. Soms lieten we de grootte van het schijfje veranderen: het werd groter als het naar je toekwam, en kleiner als het van je af bewoog. Dit zorgde ervoor dat het schijfje dichterbij en verder weg leek te komen dan zonder grootteverandering. We projecteerden het doel niet direct op de tafel, maar op een projectiescherm dat boven de tafel hing. De proefpersoon zag het doel via een spiegel die tussen de tafel en het projectiescherm hing. Het doel leek zo over de tafel te bewegen. De spiegel zorgt ervoor dat als de proefpersoon zijn hand naar het doel bewoog, dat hij zijn hand niet kon zien. In deze opstelling vroegen we de proefpersonen om het bewegende schijfje met zijn hand te volgen. Als de proefpersoon de beweging van het schijfje fout waarnam, dan kon hij dus niet zien dat zijn hand niet precies het doel volgde. De proefpersoon moest dus echt de beweging van het doel op gevoel volgen.

Het bleek dat de meeste proefpersonen door de illusie beïnvloed werden: ze maakten een grotere beweging in diepte als het schijfje van grootte veranderde. Komt dit echt door de visuele illusie? Als dat zo is, dan zouden proefpersonen die de illusie sterk zien, ook grote effecten op hun beweging moeten hebben, en omgekeerd. We vroegen proefpersonen daarom in een tweede experiment om een tijdje naar het bewegende schijfje te kijken, en vervolgens aan te geven wat de vorm van het pad was geweest. Zoals verwacht had het al dan niet veranderen van grootte van het schijfje een effect op de waargenomen vorm van het pad, maar belangrijker is dat dit effect het grootst was bij die proefpersonen die ook een groot effect hadden op het volgen van het schijfje met hun hand.

Mijn tweede voorbeeld was over relatieve beweging: de waargenomen beweging verandert als de achtergrond niet stilstaat, maar ook beweegt (de trein naast je die gaat rijden). Ook hier kun je een laboratoriumtaak uitvoeren, waarbij je een bewegend doel moet aantikken. Een bewegend doel aantikken betekent dat je op een bepaalde tijd op een bepaalde plaats

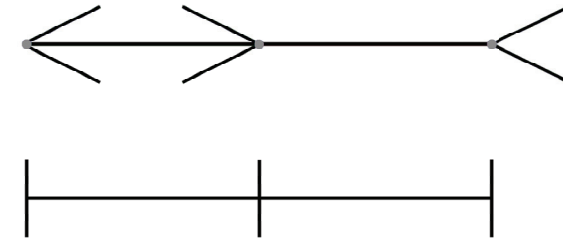
moet zijn. De juiste tijd bepaal je door de snelheid van je beweging; de juiste plaats door de richting van je beweging. Er zijn dus twee aspecten van een aantikbeweging die door illusies beïnvloedt zouden kunnen worden: de richting en de snelheid. We hebben getest of illusies beide aspecten kunnen beïnvloeden door het doel op twee verschillende manieren ten opzichte van de bewegende achtergrond te laten bewegen.

Als de achtergrond loodrecht op het doel beweegt, dan lijkt de richting van de doelbeweging te veranderen. Als het doel naar je toe beweegt, en de achtergrond naar rechts, dan lijkt het doel wat naar links te bewegen. Wat gebeurt er als je naar dat bewegende doel toe wil bewegen? Het blijkt dat je hand meer naar links start dan zonder achtergrondbeweging, met de illusie mee. Deze fout in startrichting is net zo groot als je verwacht als de proefpersoon de positie van het doel op het moment dat de hand bij het doel aankomt zou voorspellen met gebruik van de illusoire richtingsinformatie [5].

Als de achtergrond tegen het doel in beweegt, dan lijkt het doel sneller te bewegen, en bij een meebewegende achtergrond juist langzamer. In tegenstelling tot een illusie van richtingverandering hoef je hier de voorspelling van waar je het doel kunt raken niet aan te passen. Het doel komt nog steeds op dezelfde plek, alleen wat eerder of later. Als je wat sneller of langzamer beweegt, dan kom je toch op tijd aan. Het blijkt dat het laatste inderdaad gebeurt: de illusoire snelheid heeft een direct effect op de snelheid van de handbeweging: de snelheid van de hand neemt toe als het doel sneller lijkt te bewegen [6]. Het feit dat je op deze twee illusies verschillend reageert is volgens mij een interessant gegeven. Het geeft aan dat visuele attributen (richting en snelheid) aangrijpen op corresponderende aspecten van de beweging: een illusie van richting beïnvloedt de bewegingsrichting van je hand, een illusie van snelheid beïnvloedt de bewegingssnelheid van je hand.

Mijn derde en laatste voorbeeld was een visuele illusie die een onmogelijke, in zichzelf tegenstrijdige, interpretatie opleverde: de tekening van Escher. Hoewel illustratief, heeft dit voorbeeld toch een nadeel: het gaat om de driedimensionale interpretatie van een vlakke tekening die niet klopt. Om het wat netter uit te voeren gebruik ik een illusie die ook in het vlak van de tekening

zelf een niet kloppende interpretatie oplevert: de door de Duitse psycholoog Brentano gecreëerde versie van de Müller-Lyer illusie (figuur 3). Het is algemeen bekend dat de pijlen er voor zorgen dat je de lengte van de twee lijnstukken als verschillend ziet: de linker lijkt korter dan de rechter. Dit is niet een consistente vervorming van de tekening. Om dit te illustreren heb ik de twee lijnstukken er onder nog eens getekend, maar nu met rechte lijnen op de einden. Deze lijnstukken lijken natuurlijk wel even lang, maar wat interessant is, is dat de verticale lijntjes op de einden niet alleen precies uitgelijnd *zijn* met de eindpunten in de Brentano illusie, maar ook uitgelijnd *lijken*. Dus de afstanden tussen de eindpunten van de illusie lijken verschillend, terwijl ze uitgelijnd lijken met lijntjes die op gelijke afstand van elkaar lijken te staan. Je weet dat dit niet tegelijk kan kloppen, maar toch zie je het zo.



**Figuur 3.** De Brentano variant van de Müller-Lyer illusie.

Ook hier kun je proefpersonen bewegingen laten maken. De simpelste is met de ogen heen en weer kijken tussen de eindpunten. Het blijkt dat je ogen bij het bewegen tussen de eindpunten precies de fouten maakt die je voorspelt op grond van de illusie: een te grote beweging als de ogen over een lang lijkend lijnstuk bewegen, en een te korte beweging als het lijnstuk korter lijkt. In de tekening komt dit voor bewegingen naar het midden beide overeen met een eindpositie van het oog te ver naar links [7]. Betekent dit dat we het eindpunt toch fout waarnemen? Om dat te onderzoeken lieten we de proefpersonen ook van buiten de figuur starten. En dan maken de proefpersonen ineens geen fouten meer. De fout die ze maken hangt niet samen met het hele beeld van het plaatje, maar met de lokale informatie die nuttig is voor het uitvoeren van de taak. Bij het met de hand aantikken van de eindpunten vonden we eenzelfde patroon [8].

## Waar gaat dat heen met dit onderzoek?

Ik heb bij het bespreken van illusies aangegeven dat je deze kunt begrijpen uit de situaties die je meestal tegenkomt. Als je ziet dat je ten opzichte van de buitenwereld beweegt, dan komt dat meestal omdat je zelf beweegt. Het gaat er dus bij waarnemen niet om welke situatie het meest lijkt op het beeld, maar om welke situatie het meest waarschijnlijk de oorzaak is van het beeld. En dat hangt er van af hoe waarschijnlijk je een situatie acht, van je a-priori geloof dus. Deze manier van denken wordt Bayesiaans genoemd, naar de engelse predikant Bayes (figuur 4). Deze manier van denken levert aardige voorspellingen op, als je eenmaal weet wat mensen waarschijnlijk achten. En dat laatste kun je in experimenten manipuleren. Zo hopen we beter te gaan begrijpen hoe mensen adapteren als het beeld op hun netvlies ineens een andere relatie met de buitenwereld heeft, bijvoorbeeld bij het gebruik van een loep of een multifocale bril. Dit is een veelbelovend onderzoeksterrein [9].



*Figuur 4. Thomas Bayes  
(1702–1761).*

Er is echter wel een klein probleem met deze Baysiaanse manier van denken. Zoals de opletten luisteraar al heeft begrepen kan het niet zo zijn dat het brein altijd redeneert volgens Bayes. Want de uiteindelijke waarneming die we zowel van de tekening van Escher als de Brentano illusie hebben is een scène die a-priori onmogelijk is. Volgens de Bayesiaanse benadering kun je

nooit een a-priori onmogelijke scène waarnemen. Betekent dit dat we predikant Bayes bij het oud vuil kunnen zetten als we willen begrijpen hoe we visuele informatie gebruiken om onze bewegingen te sturen? Zo sterk hoeft de reactie niet te zijn. Het zou zo kunnen zijn dat het brein alleen Baysiaans denkt bij de verwerking van stukjes informatie, en niet bij het construeren van een beeld van de hele buitenwereld. Oftewel: het brein werkt niet Baysiaans op het niveau van hele scènes, maar alleen op onderdelen ervan, attributen zoals grootte, kleur, oriëntatie enzovoort. En zoals de experimenten hierboven lieten zien zijn het juist deze attributen die voor de sturing van bewegingen van belang zijn.

Voor u hier binnen kwam had u misschien het idee dat het brein alle informatie netjes verzamelt en tegen elkaar af weegt om een idee van de wereld te krijgen, en op basis van dat beeld een samenhangend plan te maken voor een beweging. De boodschap die ik u met bovenstaande experimentele resultaten heb willen meegeven is dat verschillende aspecten van de menselijke bewegingen elk onafhankelijk gestuurd worden op basis van beperkte informatie. Dit gedrag beschrijft het maken van bewegingen, maar komt ook voor bij diverse andere sturingsprocessen, zoals politieke besluitvorming en aankoopbeslissingen. Voor dat laatste heeft collega Ap Dijksterhuis recent laten zien dat je bij grote aankopen meer tevreden bent met je aankoop als je *niet* alle informatie tegen elkaar hebt afgewogen, maar snel je keuze gemaakt hebt [10]. Ik hoop trouwens niet dat de benoeming van een hoogleraar in de categorie van de grote aankopen valt.

## Waar gaat dat heen als een man een van de weinige vrouwelijke hoogleraren opvolgt?

Voor de faculteit der Bewegingswetenschappen is dat eigenlijk een totaal oninteressante vraag. Want met maar weinig structurele hoogleraren kun je moeilijk het aantal vrouwelijke hoogleraren constant houden. Toch is het om een heel andere reden wel een interessante vraag. Het illustreert namelijk weer de drie soorten perceptuele fouten die er voor zorgen dat je bewegingen af en toe mis gaat.

Uit deze vraag spreekt het idee dat de ondervertegenwoordiging betekent dat vrouwen achtergesteld worden, en dat er bij het

benoemen van hoogleraren simpel iets aan de achterstelling van vrouwen te doen is. Daar worden een aantal redenen voor gegeven. Bijvoorbeeld het feit dat de helft van de studenten vrouw is. En ook het feit dat het in andere landen veel beter gesteld is met de deelname van vrouwen aan de top van de wetenschap geeft aan dat het niet aan de vrouwen zelf ligt. Als reden voor de ondervertegenwoordiging hoort men vervolgens dat dit komt door een gebrek aan kinderopvang.

Het eerste argument valt weer in de categorie aannemen dat de referentie stabiel is (de trein naast je). Het percentage vrouwelijke studenten is echter verre van stabiel, dat is de afgelopen decennia flink gestegen. En omdat de gemiddelde hoogleraar zo'n dertig jaar geleden is afgestudeerd geeft deze vergelijking met het percentage studenten een vertekend beeld van de situatie. Maar ook als we hier mee rekening houden blijven vrouwen ondervertegenwoordigd.

Het tweede argument is een voorbeeld van het letten op verkeerde aspecten (de grootte van het vliegtuig): Nederland staat inderdaad bijna onderaan bij lijstjes van percentage vrouwen in de wetenschap. Nederland is op dit gebied een ontwikkelingsland, schrijven de kranten dan. Maar als je wat beter kijkt, dan is mijn waarneming een andere: de enige landen die nog slechter presteren dan Nederland binnen de EU zijn Duitsland en Oostenrijk. We zouden daarentegen een voorbeeld moeten nemen aan de Baltische republieken en Portugal. Hoewel niet bekend om hun vrouwvriendelijkheid, scoren deze landen op het aandeel vrouwen in de wetenschap het best binnen de EU. Deze vergelijking levert volgens mij een andere conclusie op: de relatief grote achterstand van vrouwen in de wetenschap in Nederland is gerelateerd aan onze grotere welvaart, en niet aan een grotere achterstelling bij benoemingen. Het is tekenend dat aan het begin van de vorige eeuw niet alleen vrouwenkiesrecht werd ingevoerd, maar ook het verplichte ontslag van onderwijzeressen bij hun huwelijk. Tevens werd het huwelijk een wettige reden tot ontslag in alle andere sectoren. Dit laatste werd pas in 1976 afgeschaft!

Dit geeft aan dat de lage vertegenwoordiging van vrouwen te maken heeft met de luxe situatie dat men kon vinden dat echtparen aan één inkomen voldoende hebben, en dat de man

dit inkomen dient te verzorgen. Tegelijkertijd vond men dat de vrouw verantwoordelijk is voor de opvoeding van de kinderen. Dit laatste is nog steeds het geval. Alleen de moeder kan bijvoorbeeld de kinderbijslag aanvragen. Ook in de wetenschap vindt men moeders veel belangrijker dan vaders. Kijken we bijvoorbeeld in de Social Science Citation Index naar het aantal artikelen dat in de afgelopen 5 jaar verschenen is waarin "father" voorkomt, dan vind je 1319 artikelen waarin "mother" niet voorkomt. Daarentegen zijn er 5325 artikelen waarin "mother" voorkomt, zonder dat er over de "father" gerept wordt.

Deze onderwaardering van de vaderrol werpt een interessant licht op inconsistenties (als in de tekening van Escher) in het derde argument, dat schaarse kinderopvang de kansen van vrouwen op de arbeidsmarkt reduceert. Die schaarste treft alleen specifiek vrouwen als vrouwen werk minder belangrijk vinden dan mannen, in vergelijking met het belang dat ze hechten aan kinderen opvoeden. En als het klopt dat vrouwen werk relatief minder belangrijk vinden, dan is er geen reden om aan te nemen dat de ondervertegenwoordiging komt door achterstelling, terwijl als vrouwen werk even belangrijk vinden dan mannen, er geen reden is waarom gebrek aan kinderopvang specifiek vrouwen zou treffen.

Tot zover een paar mogelijke en onmogelijke oorzaken van de ondervertegenwoordiging van vrouwen in de top van de wetenschap. Ik wil deze hiermee zeker niet bagatelliseren, maar alleen duidelijk maken dat dit een situatie is die zijn wortels diep in de samenleving heeft, en dus niet één twee drie met voorkeursbeleid opgelost kan worden. Het doet me daarbij goed dat de faculteit der Bewegingswetenschappen niet alleen een vrouwelijke directeur heeft, maar ook mensen aanneemt die één dag in de werkweek voor hun gezin vrij houden. Dit brengt mij op het laatste onderwerp: het dankwoord.

## Dankwoord

Ten eerste wil ik het College van Bestuur van de Vrije Universiteit en het bestuur van de Faculteit der Bewegingswetenschappen bedanken voor het vertrouwen dat zij in mij stellen door mij in deze functie te benoemen, en voor de inspanningen die zij getroost hebben om mijn groep in zijn geheel uit Rotterdam te laten overkomen. Dat zij er daarbij niet voor terugschrokken een

hoogleraar aan te stellen die slechts een deeltijd aanstelling wilde tekent de hedendaagse Vrije Universiteit als een universiteit die midden in de maatschappij staat.

Het bereiken van de functie van hoogleraar is niet iets dat zomaar uit de lucht komt vallen. Het is het resultaat van een lange geschiedenis. Deze begon met mijn ouders, beide afkomstig uit Limburgse families met een eigen bedrijf. Smeets meel in Roermond, en Geurts-Janssen ijzer en staal in Venlo. Mijn keuze voor een studie natuurkunde was voor mijn ouders dan ook een erg vreemde. Met een “echte” studie als rechten, economie, of –als ik perse bèta wilde– farmacie kon je tenminste in een eigen zaak uit de voeten. Ik dank mijn ouders dat ze me maar lichtjes afgeraden hebben om natuurkunde te gaan studeren. Helaas heeft mijn vader het vervolg op deze keuze niet kunnen meemaken.

De studie natuurkunde in Utrecht leidde na omzwervingen bij de moleculaire biofysica en atoomfysica uiteindelijk tot mijn eerste baan in de wetenschap, bij de afdeling die nu Fysica van de Mens heet. Ik dank mijn promotor Jan Denier van der Gon voor de tijd die hij nam om het tot mij te laten doordringen hoe je met de blik van een fysicus nuttige bijdragen aan de psychologie en biologie kunt leveren. Samen met mijn co-promotor Casper Erkelens heeft hij er voor gezorgd dat mijn wetenschappelijk niveau niet op dat van mijn afstuderen is blijven steken.

Vervolgens dank ik Han Collewyn en Hans van der Steen, die mij als stereoblinde in Rotterdam een baan op een project over binoculair zien gaven, en mij vervolgens de vrijheid gaven om dat project een lage prioriteit te geven en in plaats daarvan armbewegingen te gaan bestuderen. Ondanks alle veranderingen in Rotterdam is de vrijheid daar tot het eind gebleven, waarvoor ik mijn oud collega's aldaar en in het bijzonder Gerard Borst bedank. Ongeveer tegelijk met mij begon Eli Brenner in Rotterdam. Zijn interesse in bewegingszien en de mijne in armbewegingen leidde tot een gezamenlijke vraag: hoe vang je een bal. Die vraag bleek erg moeilijk, en we besloten eerst wat deelprobleempjes op te lossen door simpelere taken te bestuderen. Na 14 jaar zijn we een stuk verder, ik schat zo ongeveer op de helft. Gelukkig wilde Eli mee doen aan mijn Amsterdamse avontuur, zodat we dit project misschien net af

kunnen maken voor de eerste van ons met pensioen gaat. Zonder zijn kritische geest en experimenteerdrift zou mijn onderzoek niet het huidige niveau hebben bereikt.

In de loop van de tijd hebben een aantal AiO's en post-docs Eli en mij begeleid op ons onderzoekspad. Of wij hen natuurlijk. Ten eerste wil ik de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk onderzoek NWO, de Erasmus Universiteit, het Erasmus MC, de Europese Commissie en de Spaanse regering bedanken voor hun financiële steun die het mogelijk maakte dat deze mensen met ons konden werken. Ten tweede wil ik Wim van Damme, Marc de Lussanet, Anne-Marie Brouwer, Jeroen Smale, John van den Dobbelsteen, Denise de Grave, Marianne Biegstraaten, Gerben Rotman, Harm Slijper, Rob van Beers, Raymond Cuijpers, Joan Moliner en Pili Aivar bedanken voor hun werk in Rotterdam. Mede door jullie werk sta ik nu hier. Ik ben extra dank verschuldigd aan de studente, AiO's en Postdoc's die met mij de overstap naar Amsterdam gemaakt hebben: Margot Veerman, Jeroen Granzier, Krista Overvliet, Hanneke Liesker, Juul Martin, Christa van Mierlo, Chris Muller en Stefan Louw. Ik waardeer het zeer dat jullie met Eli en mij zijn meegekomen, en ons niet gedwongen hebben jullie je klus in Rotterdam te laten klaren.

Tot slot wil ik het thuisfront bedanken. Ten eerste Juliette, jij zag al 21 jaar geleden dat de vraag: “waar gaat dat heen?” zeer interessant is. Behalve dat je er op diverse manieren voor gezorgd hebt dat ik er niet dol van geworden ben, heb je me thuis regelmatig vervangen zodat ik op de meest onmogelijke momenten op congres kon gaan. Ondertussen heb je je eigen carrière vormgegeven, en ik ben dan ook benieuwd met welke volgende stap jij mij weer voorbij zult streven. Marit en Timon, ik wil jullie bedanken voor de afleiding die jullie me de afgelopen 11 jaar bezorgd hebben. Nu kunnen jullie eindelijk met één woord antwoorden als jullie gevraagd wordt wat je vader doet. Alleen op de vraag wat ik dan uitgevonden heb om professor te worden, moeten jullie –en ik– het antwoord schuldig blijven.

Ik heb gezegd.

## Referenties

1. Tacitus (2003). Tegen het verval van de retorica (Groningen: Historische Uitgeverij).
2. Goodale, M.A., and Milner, A.D. (2004). Sight Unseen (New York: Oxford University Press).
3. Aivar, M.P., Brenner, E., and Smeets, J.B.J. Avoiding moving obstacles. *submitted for publication*.
4. López-Moliner, J., Smeets, J.B.J., and Brenner, E. (2003). Similar effects of a motion-in-depth illusion on manual tracking and perceptual judgements. *Experimental Brain Research* 151, 553–556.
5. Smeets, J.B.J., and Brenner, E. (1995). Prediction of a moving target's position in fast goal-directed action. *Biological Cybernetics* 73, 519–528.
6. Smeets, J.B.J., and Brenner, E. (1995). Perception and action are based on the same visual information: distinction between position and velocity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 21, 19–31.
7. de Grave, D.D.J., Smeets, J.B.J., and Brenner, E. (2006). Why are saccades influenced by the Brentano illusion? *Experimental Brain Research* *in press*.
8. de Grave, D.D.J., Brenner, E., and Smeets, J.B.J. (2004). Illusions as a tool to study the coding of pointing movements. *Experimental Brain Research* 155, 56–62.
9. Körding, K.P., and Wolpert, D.M. (2006). Bayesian decision theory in sensorimotor control. *Trends in Cognitive Sciences* 10, 319–326.
10. Dijksterhuis, A., Bos, M.W., Nordgren, L.F., and van Baaren, R.B. (2006). On making the right choice: The deliberation-without-attention effect. *Science* 311, 1005–1007.