

Inzicht in zicht

Susan F. te Pas

Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van
hoogleraar 'Cognitieve Psychologie van het Hoger Onderwijs'
aan de Faculteit Sociale Wetenschappen van de Universiteit
Utrecht op maandag 8 april 2013.

S.F. te Pas
Inzicht in zicht
Utrecht: Universiteit Utrecht
© 2013, Susan te Pas
Contactadres:
Universiteit Utrecht
Faculteit Sociale Wetenschappen
Postbus 80140
3508TC Utrecht
E-mail: s.tepas@uu.nl

Inzicht in zicht

Mijnheer de rector magnificus, geachte aanwezigen,

De titel van deze oratie is voor velerlei uitleg vatbaar. Dat is geen toeval en ik wil u graag in de komende drie kwartier duidelijk maken waarom ik deze titel gekozen heb en waarom die voor mij een belangrijke kern van mijn werkzaamheden symboliseert.

U heeft ongetwijfeld gezien dat mijn leerstoel de titel draagt “Cognitieve psychologie van het hoger onderwijs”. Velen van u kennen het onderzoek dat ik doe en weten dat mijn expertise binnen de cognitieve psychologie ligt op het gebied van de menselijke visuele waarneming. De laatste jaren heb ik mij vooral bezig gehouden met de waarneming van vorm, materiaal en licht (b.v. . Daarvoor met de waarneming van beweging.

Veel mensen hier aanwezig weten ook dat ik in de afgelopen jaren veel energie heb gestoken in het organiseren van onderwijs en in het nadenken over welke aspecten van onderwijs belangrijk zijn voor het studiesucces van onze studenten. De titel van mijn leerstoel combineert daarmee de twee mooiste aspecten van mijn werk, aan de ene kant het inzicht verkrijgen in het zien en aan de andere kant het binnen bereik halen van inzicht, in dit geval voor studenten in het hoger onderwijs.

Ik wil u graag laten zien dat in mijn ogen het verband tussen mijn onderzoek op het gebied van de visuele waarneming en interessante vraagstukken in het hoger onderwijs, gevonden kan worden in de aanpak van een wetenschappelijk probleem zoals ik dat vanuit de cognitieve psychologie heb meegekregen. Ik wil u laten zien dat visuele waarneming een bruikbare metafoor kan zijn voor probleemoplossen en daarmee ook voor onderwijs. Om die metafoor te verduidelijken is het nodig dat ik u meeneem op een ontdekkingsreis langs mijn wetenschappelijke wortels.

De toepassing van methoden en inzichten uit het ene vakgebied op het andere vakgebied heeft een grote aantrekkings-

kracht op mij. De belangrijkste reden dat dit zo is, vormt het werk van Jan Koenderink en Ans van Doorn.

Jan en Ans gebruiken inzichten uit de fysica en de wiskunde als een metafoor voor visuele waarneming, en dat in de breedste zin van het woord (b.v. . Differentiaal-geometrie, stromingsleer, Riemann ruimtes, diffusievergelijkingen hebben alle via Jan en Ans een weg gevonden in de perceptieliteratuur. Ik ben zelf bij Jan gepromoveerd, dus deze metafoor is me met de paplepel ingegoten en nu ik zelf een leerstoel aanvaard heb geef ik ruitelijk toe dat ik deze metafoor graag wil vertalen in een eigen variant, die meer een beroep doet op mijn eigen talenten. Ik wil mijn inzichten uit de visuele waarneming toepassen in het hoger onderwijs. Maar is die metafoor wel levensvatbaar of is het een inhoudsloze vergelijking? Wat is er eigenlijk voor nodig om zo'n metafoor op zinvolle wijze inhoud te geven?

Ik wil u daarvoor eerst een vraag stellen, en dat is welk vakgebied u denkt dat verder gevorderd is, de visuele waarneming of het probleemoplossen? De meesten van u zullen het met mij eens zijn dat dit de visuele waarneming is. Het is mijn stellige overtuiging dat deze voorsprong het toepassen van inzichten uit de visuele waarneming op probleemoplossen vergemakkelijkt. Een belangrijke reden voor de voorsprong is het feit dat visuele waarneming al veel langer een experimenteel vakgebied is. Maar hoe is dat eigenlijk zo gekomen?

Natuurlijk begint ons vakgebied met Hermann von Helmholtz. Niet voor niets is onze onderzoeksschool naar hem genoemd. Ook Von Helmholtz paste al inzichten uit de fysica en de wiskunde toe op de visuele waarneming (Helmholtz, 1866). Maar daarboven heeft hij in belangrijke mate bijgedragen aan de ontwikkeling van de waarnemingspsychologie tot een experimenteel vak. Een student van Von Helmholtz, Wilhelm Wundt (Kim, 2008), wordt tegenwoordig beschouwd als de oprichter van het eerste psychologische laboratorium. Het belang daarvan voor de ontwikkeling van het vakgebied moet u niet onderschatten. Helmholtz was dan ook vooral bezig met het ontwikkelen van de

waarneming als experimentele wetenschap en nauwelijks met onderwijs en leren.

Toch merkte hij in een van zijn populaire lezingen (Helmholtz, 1885) op dat hij vond dat de moderne talen en dan met name het Engels, ongeschikt waren om les in te geven, omdat ze niet precies genoeg de verbanden tussen begrippen konden weergeven. De klassieke talen waren hiervoor veel geschikter, aldus Von Helmholtz. Nu sprak Von Helmholtz natuurlijk Duits, en dat is nog een relatief logisch gestructureerde taal, dus misschien kwam hier vooral zijn frustratie met het nogal losse Engels uit naar voren. Maar Von Helmholtz maakt hier een punt waar ik ook wel eens over nadenk, en dat is dat we met taal soms niet precies genoeg kunnen aangeven wat de relatie tussen verschillende zaken is. Dit is waarom de bètawetenschappen de wiskunde als voertaal gebruiken, en het maakt lesgeven in een gedragswetenschappelijk vak wel eens ingewikkeld. Een van de eerste opdrachten die ik studenten bij Inleiding Psychologie vaak liet maken gaat juist over dit punt, dat begrippen in de wetenschap altijd zorgvuldig omschreven moeten worden.

Misschien heeft Helmholtz wel gelijk en kunnen we het beste weer in een klassieke taal gaan doceren. Aan de andere kant zal dat het nakijken van papers door mijn gebrekkige opvoeding op dit vlak er zeker niet aangenamer op maken. Ik denk dat het Von Helmholtz hier vooral gaat om de logische relatie tussen een theorie of stelling, en alle aannames die daaraan ten grondslag liggen. Heel vaak zijn we ons niet eens bewust van al die aannames, laat staan dat we ze goed opschrijven. Een van de belangrijkste theorieën van Helmholtz, zijn "sign theory of perception" gaat juist over de aannames die het visueel systeem onbewust doet (Helmholtz 1866).

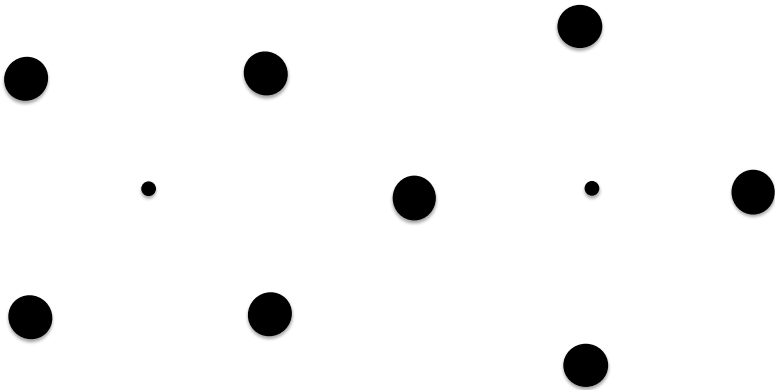
Volgens Helmholtz construeert het visueel systeem percepten door een proces van wat hij het onbewust leggen van verbanden noemt. Allerlei informatie en cues worden gebruikt om te komen tot een optimale inschatting van de status van de wereld om ons heen (Helmholtz, 1866). Het visuele percept is een manifestatie van dit proces en visuele illusies zijn daar een

voorbeeld van. Dit is een visie die veel hedendaagse wetenschappers, waaronder ikzelf, nog steeds grotendeels delen

Laat ik dat illustreren aan de hand van de volgende vraag: Wat ziet u eigenlijk als u naar een schilderij kijkt? Denkt u daar eens even over na. U heeft nu in uw hoofd misschien concrete taferelen van mensen, dieren, objecten en gebouwen, of bij abstracte kunst misschien zelfs emoties. Maar wie van u denkt er aan een plat vlak met verf erop? Vrijwel niemand. Maar dat is wel wat het werkelijk is. Toch zien we in een schilderij vaak diepte, en dat komt door allerlei cues zoals het feit dat objecten elkaar gedeeltelijk bedekken zodat we weten dat de ene achter de andere staat en het feit dat de mensen op de voorgrond groter zijn afgebeeld dan de mensen op de achtergrond. Verder is veel westerse kunst in perspectief getekend, hetgeen betekent dat twee parallelle lijnen in één punt aan de horizon verdwijnen. Het visueel systeem maakt hier snel, in een oogopslag, een 3D representatie van. Het valt je niet lastig met twijfels, ook niet als er allerlei informatie aanwezig is die er op wijst dat we eigenlijk naar een plat vlak zitten te kijken. Deze snelle, onbewuste interpretatie is in het dagelijks leven heel zinnig, omdat het visueel systeem voortdurend te maken heeft met situaties waarbij er niet genoeg informatie voorhanden is. Dit kan ook mis kan gaan, en daarvan maken kunstenaars zoals Escher dankbaar gebruik.

Nu kunt u mijn stelling dat visuele waarneming een metafoor kan zijn voor probleemoplossen misschien ook beter plaatsen. Het visuele systeem is voortdurend bezig met probleemoplossen, zonder dat we ons daarvan bewust zijn. Ik ben uiteraard niet de eerste die zo'n verband legt, de eersten die op een voor mij zinnige manier de vragen van zicht en inzicht bij elkaar brachten in één denkkader waren de Gestaltpsychologen (Köhler, 1920; Wertheimer, 1912). Zij deden dit aan de hand van visuele illusies. Max Wertheimer en Wolfgang Köhler waren net als Von Helmholtz van mening dat visuele illusies ons iets kunnen leren over de onderliggende aannames en mechanismen die het visueel systeem gebruikt om te komen tot een percept. Frans Verstraten

noemde in zijn oratie illusies daarom ook wel de gereedschapskist van de psychofysicus (Verstraten, 2000). Een van de meest beroemde illusies waar Gestaltpsychologen hun uitspraken op baseerden was de phi-motion illusie (Wertheimer, 1912).



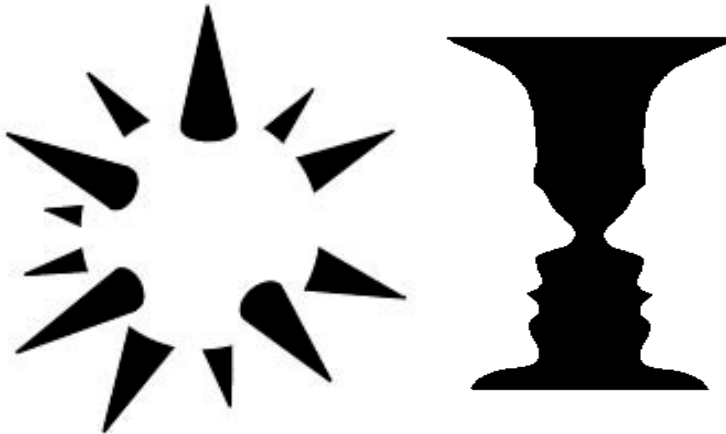
Figuur 1: Twee afbeeldingen die wanneer ze snel worden afgewisseld een illusie van beweging veroorzaken.

In figuur 1 zijn twee beelden van vier stippen weergegeven. Als we deze twee afbeeldingen snel afwisselen ontstaat de illusie van beweging. Het kruis van stippen lijkt rond te draaien, maar de bewegingsrichting waarin waarnemers de beweging rapporteren kan zowel tegen de klok in als met de klok mee zijn. Het feit dat waarnemers überhaupt iets zien bewegen is niet vanzelfsprekend. Wat hier wordt weergegeven zijn een tweetal snel op elkaar volgende beelden, waarbij de ene 45 graden gedraaid is ten opzichte van de andere. Dit geeft de waarnemer de illusie van continue beweging, terwijl er in feite geen beweging is, we noemen dat "apparent motion". Wertheimer stelde dat als echte beweging op dezelfde manier wordt waargenomen als "apparent motion", er dan ook hetzelfde soort breinproces aan ten grondslag moet liggen. Dat breinproces bevat dan een "Gestalt" van beweging. Dat Gestalt is dus niet hetzelfde als de fysieke beweging.

Observaties zoals deze, en ook de demonstratie van vele ambigue figuren waar u uw medemens uit een ander vakgebied mee kunt vermaken, noopten Köhler tot zijn beroemde uitspraak “het geheel is *anders* dan de som der delen” (Köhler, 1920). Overigens wordt dit citaat van Köhler vaak weergegeven als “het geheel is beter dan de som der delen”. Dat is nadrukkelijk niet de bedoeling geweest, soms is het geheel zelfs slechter dan de som der delen, zoals in het geval van een schilderij van Escher.

De Gestaltpsychologen deden naast uitspraken over visuele waarneming ook onderzoek naar inzicht, en daar komt mijn titel weer om de hoek kijken. Zij legden op een elegante manier een verband tussen het onderzoek naar waarneming en probleemoplossen. De Gestaltpsychologen zagen visuele waarneming en het vormen van een percept, zeker in het geval van een illusie, eigenlijk als een vorm van probleemoplossen en ze benaderden visuele waarneming en probleemoplossen dan ook op dezelfde manier. Mijn eigen inzicht in deze materie heb ik verkregen door gesprekken en colleges van mijn gewaardeerde collega's Harald Kunst en Ignace Hooge, en dat inzicht verschilt eigenlijk helemaal niet zoveel van dat van de Gestaltpsychologen. Ik denk dat het verschil tussen visuele waarneming en probleemoplossen vooral gelegen is in de tijdschaal waarbinnen een probleem wordt opgelost en de mate van bewustzijn die bij het oplossen van het probleem betrokken is.

Allereerst de visuele waarneming. Zoals de Gestaltpsychologen al hadden laten zien is de mens in staat om in het rechterplaatje van figuur 2 óf een vaas óf een gezicht te zien. De beslissing welke van de twee het moet zijn gebeurt snel, het proces is onbewust, en we kunnen de tussenstappen niet zomaar zelf rapporteren. Als u er wel over nadenkt dan is het natuurlijk vreemd dat u in figuur 2 misschien iets anders ziet dan uw buurman. Ook is het niet vanzelfsprekend dat u vrijwel zonder uitzondering een witte bol met zwarte stekels ziet in het linker plaatje terwijl u geen idee heeft hoe dat komt. Die bol is er immers helemaal niet maar geeft wel de suggestie er te zijn door de vorm van de zwarte stekels.



Figuur 2: Rechts: Hierin kan men ofwel een zwarte vaas ofwel twee witte gezichten zien; Links: een illusiore bol.

Wat in de volksmond probleemoplossen genoemd wordt gaat over dingen als puzzels, wiskundige vergelijkingen, maar ook langetermijnstrategie. Dat kan snel, maar het kan ook dagen duren. We kunnen soms wel een aantal tussenstappen van het proces rapporteren, zoals bij het oplossen van een sudoku, maar bijvoorbeeld bij een cryptogram wordt het al ingewikkelder om alle stappen bewust te rapporteren.

De Gestaltpsychologen waren vooral geïnteresseerd in die vormen van probleemoplossen, waarbij geen bewuste tussenstappen zijn te benoemen, en die dus erg lijken op visuele waarneming.

Wertheimer onderzocht bijvoorbeeld hoe leerlingen komen tot inzicht bij het oplossen van meetkundige problemen (Wertheimer, 1945). Beroemd is zijn onderzoek waarbij leerlingen de oppervlakte van een figuur moesten berekenen. Met het berekenen van de oppervlakte van een rechthoek hadden de meeste leerlingen weinig moeite. Het berekenen van de oppervlakte van een parallellogram was echter veel moeilijker. Wertheimer rapporteerde dat sommige leerlingen een plotseling

inzicht vertoonden, en de oplossing zagen als kregen ze als het ware een denkbeeldige schaar in handen, waarmee ze het parallellogram konden omzetten in de rechthoek. Het verhaal wil dat sommigen ook echt om een schaar vroegen en het lesmateriaal kapot knipten.

Waar het om gaat is dat deze leerlingen in staat waren om in te zien dat ze het parallellogram beter op een andere manier konden representeren, namelijk als een rechthoek, waardoor de opgave leek op een eenvoudiger probleem. Dit herstructureren van de beschikbare informatie zodat er voor de leerling een werkbaar concept ontstaat is voor mij de essentie van onderwijs en ook van visuele perceptie. Is deze manier van herstructureren van de beschikbare informatie dan voorbehouden aan mensen? Zeker niet. Köhler deed bijvoorbeeld onderzoek naar probleemoplossen bij chimpansees (Köhler, 1917). Hij hing voedsel op een onbereikbare plek en liet zien dat de chimpansees in staat waren om allerlei complexe oplossingen te verzinnen om bij het voedsel te komen. Als u nu denkt dat chimpansees heel speciale dieren zijn dan raad ik u aan om eens op Google “problem solving bird” in te tikken.

Ik heb het gehad over de Gestalt psychologen maar hoe bruikbaar zijn hun ideeën tegenwoordig eigenlijk nog? Zij hadden voornamelijk een fenomenologische beschrijving van de perceptie en maakten hun observaties nauwelijks kwantificeerbaar. James en Eleanor Gibson maakten veel van de ideeën van de Gestalt psychologen toepasbaar. James Gibson hield zich bezig met de training van piloten en hierdoor was hij geïnteresseerd geraakt in welke visuele informatie die piloten eigenlijk tot hun beschikking hadden (Gibson, 1950). Hij definieerde samen met zijn vrouw Eleanor het perceptueel leren als een toename in de mogelijkheid om informatie uit de omgeving te halen door middel van training (Gibson & Gibson, 1955). Ze gaven daarbij voorbeelden zoals het landen van vliegtuigen, maar ook het bepalen van het geslacht van kuikens, het correct interpreteren van röntgenfoto's en het classificeren van wijn. Dit leidde tot het vakgebied van de expertise, en werd gebruikt voor patroonherkenning door computers. Vreemd

genoeg werden deze inzichten tot nu toe nauwelijks gebruikt in de literatuur over leren en onderwijs.

James Gibson liet zien dat in het optische stroomveld, dat is het patroon van snelheden dat op je netvlies geprojecteerd wordt als je je voortbeweegt, invarianten te vinden waren die een piloot informatie konden verschaffen over zijn bewegingsrichting (Gibson, 1950). Ulrich Neisser (1967), een van de grondleggers van de cognitieve psychologie, zorgde ervoor dat de ideeën van Gibson werden ingekaderd in een informatieverwerkingsperspectief. De aanname van de cognitive science en de cognitieve psychologie is dat informatieverwerking plaatsvindt. Of dat nu gaat over mensen, apen of computers is niet van belang, en ze kunnen als metafoor voor elkaar dienen.

Het incorporeren van de ideeën van Gibson in een informatieverwerkingsperspectief betekent dat alle informatie die in de omgeving voorhanden is goed omschreven moet worden. Niet alle beschikbare informatie zal door het systeem worden gebruikt en het is zaak om te onderzoeken welke informatie door een systeem als relevant wordt beschouwd. Uit het soort van informatie dat gebruikt wordt kan vaak afgeleid worden wat voor beperkingen een systeem heeft. Bovendien kan informatie niet zomaar los worden gezien van de omgeving waarin het wordt gepresenteerd. Deze drie principes zijn belangrijk voor mijn werk op het gebied van visuele waarneming maar spelen ook een grote rol bij mijn visie op onderwijs. Allereerst een aantal illustraties uit het onderzoek, waarbij de vraag welke informatie een waarnemer gebruikt centraal staat.

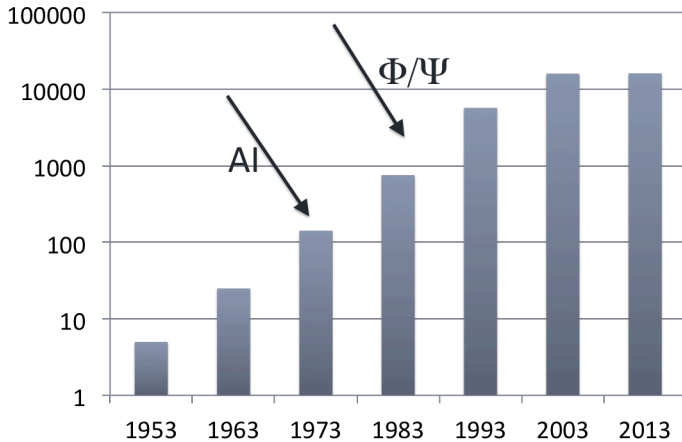
Mijn inzicht in *zicht*

Ik startte mijn wetenschappelijke carrière op een Europees ESPRIT project dat toepasselijk genoeg “Insight” heette. Het bestond uit een verzameling fysiologen, computer vision experts, robotici en experimenteel psychologen die zich allemaal met waarneming bezig hielden. Het uiteindelijke doel van het project was het ontwerpen van een bloemschikkende robot. Dat klinkt

misschien nogal pretentieus, en er wordt vaak nogal lacherig gedaan over dit soort doelen. Daarom is het goed om even stil te staan bij wat dat eigenlijk zou inhouden, een bloemschikkende robot? Denkt u daar maar eens even over na. Wat hebben we nodig om een robot te maken die kan bloemschikken. Ten eerste kennis over visuele waarneming, de robot moet immers de bloemen kunnen herkennen. Daarnaast moet de robot een goede oog-hand coördinatie bezitten. Bloemen zijn tere dingen. Ze gaan gemakkelijk kapot. Ten derde, en dat lijkt nog wel het moeilijkste onderdeel, de robot moet wat weten van esthetiek. Wat vinden mensen een mooie schikking en wat niet. Om dus zo'n project af te ronden is het nodig om meer fundamentele kennis te vergaren over waarneming, motoriek en esthetiek. Ik zelf werd ingezet op het onderwerp optische stroomvelden, omdat de robot ook moest kunnen navigeren. Informatie hieromtrent was, zoals Gibson al had laten zien, voorhanden in het optische stroomveld.

U ziet in figuur 3 het aantal artikelen dat Google Scholar rapporteert met in de titel de woorden "Optische Stroomvelden" (of in het Engels, "Optical Flow"). Gibsons eerste boek hierover werd in 1950 gepubliceerd en u ziet dat het aantal artikelen na een langzame start snel toeneemt. In de jaren zeventig en tachtig kunt u daar de opkomst van de Artificiële Intelligentie in herkennen. Gibson had toch vooral een kwalitatieve beschrijving gegeven van de invarianten in het optische stroomveld en mijn promotor Jan Koenderink maakte samen met Ans van Doorn in deze periode een kwantitatieve beschrijving (Koenderink & van Doorn, 1975; 1976). De stijging in de jaren negentig symboliseert de opkomst van het psychologisch en fysiologisch onderzoek op dit gebied. Voor mijn kijk op de wetenschap is deze volgorde belangrijk, eerst de computationele vooruitgang zodat het mogelijk wordt om de informatie goed wiskundig te beschrijven en dan de opkomst van de fysiologie en de psychologie om te bekijken welke informatie door het visueel systeem wordt gebruikt en hoe. Mijn taak binnen het project was om te onderzoeken of de invarianten van Gibson, die

waren gekwantificeerd door Koenderink en van Doorn, ook inderdaad werden gebruikt door het menselijk visueel systeem.



Figuur 3: Aantal artikelen met in de naam Optische Stroomvelden als functie van de tijd, zoals gerapporteerd door Google Scholar, 2013.

Koenderink en van Doorn lieten zien dat het optische stroomveld, analoog aan wetten uit de stromingsleer, in eerste orde kan worden opgedeeld in vier componenten (Koenderink & van Doorn, 1975; 1976). Een expansie, een rotatie en twee vormen van deformatie. Met name expansie bevat informatie over de eigen bewegingsrichting. Deformaties bevatten vooral informatie over de stand van objecten. Maar zijn er eigenlijk verschillen te vinden in de waarneming van deze componenten? Samen met copromotor Astrid Kappers vond ik dat de waarnemers precies dezelfde gevoeligheid aan de dag legden voor alle vier de componenten. Het leek dus niet zo te zijn dat dit verschil in soort informatie ook een verschil opleverde in gevoeligheid voor de informatie. Maar welke informatie gebruikten de waarnemers dan eigenlijk precies?

Er zijn verschillende soorten informatie aanwezig in het stroomveld. Zo is bijvoorbeeld de snelheid niet overal even groot

maar er is een gradiënt van snelheden. Daarnaast bewegen allerlei objecten in het stroomveld onder een hoek ten opzichte van elkaar. Astrid Kappers en ik manipuleerden de aanwezigheid van de verschillende soorten informatie systematisch. We vonden dat vooral de relatieve hoek waaronder elementen ten opzichte van elkaar bewegen door de waarnemers werd gebruikt (Kappers et al., 1996; Te Pas et al., 1996).

Na mijn promotie zocht ik een nieuwe uitdaging en het leek mij interessant om me op een onderzoeksgebied te begeven dat nog meer aan het begin van zijn ontwikkeling stond. Dat werd de waarneming van vorm, licht en materiaaleigenschappen. Na een korte periode in Oxford en een wat langere periode in Nijmegen bij Charles de Weert begon mijn periode in het lab van Frans Verstraten hier aan onze faculteit. Het toeval wilde dat Frans al snel het “Eureka project” binnenhaalde, waardoor ik opnieuw in een “inzicht” groep werkte.



Figuur 4: Twee foto's van dezelfde vaas onder verschillende belichtingscondities.

Ook bij mijn onderzoek naar vorm, licht en materiaal staat de informatieverwerkingsbenadering centraal. U ziet in figuur 4 bijvoorbeeld een foto van dezelfde vaas, gefotografeerd onder verschillende belichtingscondities. De reden dat dit vakgebied pas sinds het begin van deze eeuw in opkomst is, wordt direct duidelijk. Het is heel erg complex om uit te rekenen welke informatie in een

stimulus als deze zit. Ik doe daarom veel van mijn onderzoek in samenwerking met Sylvia Pont, die metingen doet aan dit soort lichtvelden zodat die fysisch goed beschreven kunnen worden (e.g. Te Pas & Pont, 2005; Pont & Te Pas, 2006).

Als ik een waarnemer vraag of deze twee vazen op dezelfde manier belicht zijn dan zal hij onmiddellijk “nee” antwoorden. Hij heeft daarvoor een aantal informatiebronnen beschikbaar, namelijk de highlights, de lijn tussen licht en donker en de slagschaduw. Natuurlijk is dat in dit geval heel eenvoudig, omdat het twee keer om dezelfde vaas gaat kan een waarnemer gewoon naar verschillen zoeken. Maar wat gebeurt er nu als ik verschillende voorwerpen neerzet, en vraag of ze hetzelfde belicht zijn?



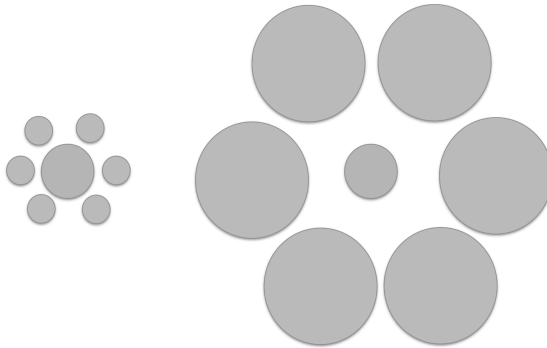
Figuur 5: Voorbeeld van oogbewegingen van een waarnemer die drie verschillende belichtingscondities vergelijkt.

Samen met Sylvia Pont, Edwin Dalmaijer en Ignace Hooge (Te Pas et al., 2013) vond ik dat waarnemers vooral de informatie die de slagschaduw ze geeft gebruiken om de taak uit te voeren. Dat is in figuur 5 ook mooi te zien in de oogbewegingen die deze waarnemer heeft gemaakt tijdens het uitvoeren van de taak, er wordt vrijwel uitsluitend naar de schaduwen gekeken.

We hebben net twee voorbeelden gezien van onderzoek naar welk deel van de beschikbare informatie waarnemers gebruiken. Ik wil u nu graag aan de hand van een tweetal voor-

beelden illustreren dat de context waarin informatie wordt aangeboden van belang is. Ik begin met de Ebbinghaus illusie.

Kijkt u eens naar de twee middelste cirkels in figuur 6. Welke van de twee is groter? De meeste waarnemers zullen de linker cirkel groter vinden. In werkelijkheid zijn ze echter even groot, wat u kunt zien als u de omringende cirkels afdekt. Dat komt omdat u bij het vergelijken van de groottes niet alleen de middelste cirkels hebt vergeleken, maar ook gekeken hebt hoe groot ze zijn ten opzichte van hun omgeving. Omdat de linker cirkel tussen allemaal kleine cirkels staat, lijkt hij groter.

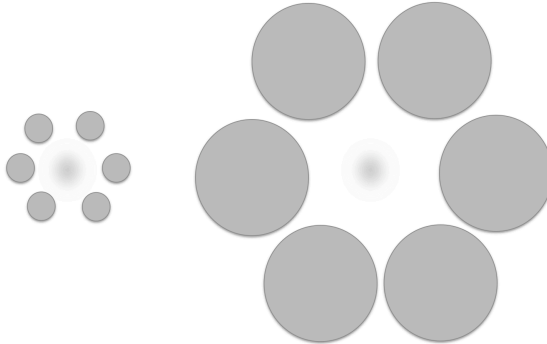


Figuur 6: De Ebbinghaus Illusie. De twee middelste cirkels zijn precies even groot, maar de linker cirkel lijkt groter.

Promovendi Katinka van der Kooij en Chris Paffen keken in heel verschillende projecten allebei naar de invloed van context op de visuele waarneming. Het zou te ver voeren om hun projecten hier nu uitgebreid te behandelen, maar ik licht er een gemeenschappelijk punt uit. Beiden onderzochten hoe de betrouwbaarheid van informatie van invloed is op de visuele waarneming (e.g. Van der Kooij & Te Pas, 2009; Paffen et al., 2006). Katinka keek daarbij naar 3D vorm en Chris naar beweging, kleur en oriëntatie maar ik laat het hier zien aan de hand van deze eenvoudige illusie.

Zij vonden beide dat als de betrouwbaarheid van de informatie afneemt, zoals hier, het contrasterende effect van de omgeving in deze illusie ook afneemt, en uiteindelijk, als ik de

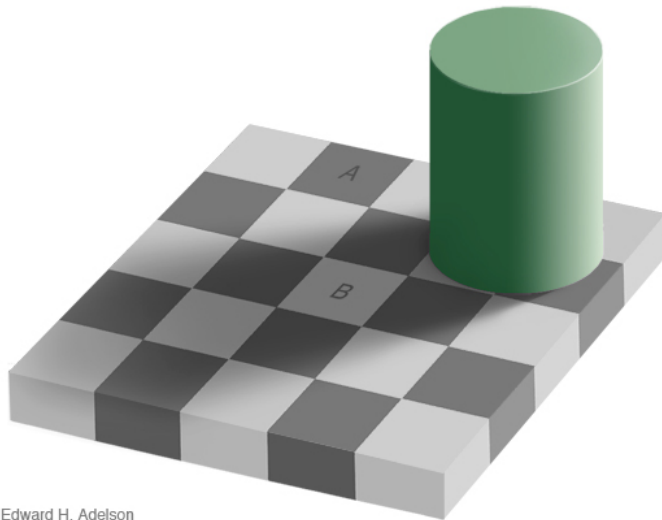
informatie maar onbetrouwbaar genoeg maak, zelfs omkeert. Het visueel systeem neemt dus bij het oplossen van dit probleem mee hoe betrouwbaar de informatie uit verschillende bronnen is, en dat leidt tot verschillend gedrag.



Figuur 7: De Ebbinghaus Illusie waarbij de informatie over de grootte van de middelste cirkels minder betrouwbaar is gemaakt.

Een ander voorbeeld van de invloed van context komt voort uit het feit dat sommige grootheden door het visueel systeem vrijwel niet onafhankelijk van elkaar te bepalen zijn. Dat geldt bij uitstek voor materiaaleigenschappen en licht. Ted Adelson heeft daar een mooie demonstratie van gegeven, die ik u niet wil onthouden (Adelson, 2001). U ziet in figuur 8 een voorwerp op een schaakbord. Mijn vraag aan u is welk van de twee vlakjes lichter is van kleur? Vlakje A of vlakje B? De meesten van u zullen voor vlak B gekozen hebben. Maar als u de andere vlakjes afdekt dan ziet u dat ze in feite precies de zelfde helderheid hebben.

Dat het visueel systeem een verschil waarneemt komt doordat het de invloed van de slagschaduw heeft meegenomen en het feit dat een schaakbord meestal afwisselend lichte en donkere vlakjes heeft. Ons visueel systeem is niet in staat om effecten van licht en materiaal goed van elkaar te scheiden, daarvoor heeft het gewoon niet genoeg informatie ter beschikking. Toch heeft u daar in het dagelijks leven vrijwel nooit last van. Het visueel systeem vindt een werkbare oplossing voor u, gebaseerd op allerlei context informatie. Dat kan ook informatie uit het geheugen zijn.



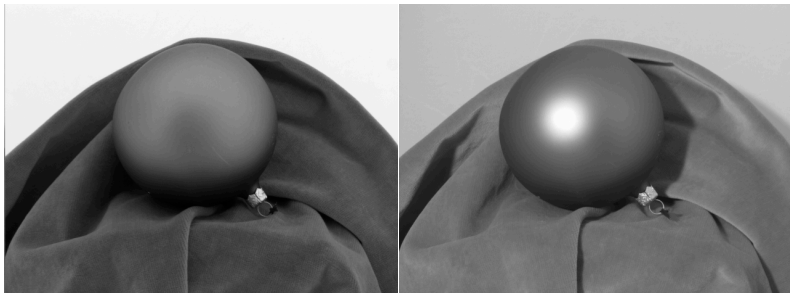
Edward H. Adelson

Figuur 8: Adelson Checkershadow Illusion.

In figuur 9 ziet u twee kerstballen. Aan u de vraag of de linker kerstbal mat of glanzend is? De meesten van u zullen hier voor mat kiezen. Als ik u vervolgens vertel dat de rechter foto van dezelfde kerstbal is dan verandert uw oordeel misschien. Nu ziet u dat de kerstbal links is gefotografeerd onder zeer diffuse belichting, zoals bijvoorbeeld op een bewolkte dag, waardoor de highlights en schaduwen niet zichtbaar zijn. Samen met Sylvia Pont liet ik voor een groot aantal verschillende, maar goed omschreven combinaties van materialen en lichtvelden zien dat het visueel systeem effecten van licht en materiaal inderdaad vaak niet kan onderscheiden en dat het onderscheiden van materiaal effecten bijvoorbeeld beter gaat als er meer complexe informatie in het lichtveld aanwezig is (Te Pas & Pont, 2005).

In figuur 9 ziet u twee kerstballen. Aan u de vraag of de linker kerstbal mat of glanzend is? De meesten van u zullen hier voor mat kiezen. Als ik u vervolgens vertel dat de rechter foto van dezelfde kerstbal is dan verandert uw oordeel misschien. Nu ziet u

dat de kerstbal links is gefotografeerd onder zeer diffuse belichting, zoals bijvoorbeeld op een bewolkte dag, waardoor de highlights en schaduwen niet zichtbaar zijn. Samen met Sylvia Pont liet ik voor een groot aantal verschillende, maar goed omschreven combinaties van materialen en lichtvelden zien dat het visueel systeem effecten van licht en materiaal inderdaad vaak niet kan onderscheiden en dat het onderscheiden van materiaal effecten bijvoorbeeld beter gaat als er meer complexe informatie in het lichtveld aanwezig is (Te Pas & Pont, 2005).



Figuur 9: Twee foto's van dezelfde kerstbal onder verschillende belichtingscondities (foto's gemaakt door Sylvia Pont).

Inzicht in zicht!

Dan wil ik u nu meevoeren, via hetzelfde stramien, langs het onderwijs. Ik begon mijn verhaal met de Gestaltpsychologen, Köhler en Wertheimer. Beiden deden onderzoek naar probleemoplossen. Ze hadden wel een heel verschillende doelgroep, Köhler werkte met chimpansees en Wertheimer deed onderzoek naar het proces van verkrijgen van inzicht bij grote wetenschappers, zoals Albert Einstein (Köhler, 1917; Wertheimer, 1945). U kunt nu zelf bepalen waar op het continuüm tussen deze twee uitersten onze eigen doelgroep, de studenten sociale wetenschappen, zich bevindt.

Dit lijkt grappig, maar is een illustratie voor een vraag die ik u wil stellen, namelijk “Wie is eigenlijk de informatieverwerker in

het onderwijs?” Natuurlijk is dat de student. Maar welk model voor de student hebt u eigenlijk, bewust of onbewust, in uw hoofd? Zoals mijn collega Jeroen Smeets opmerkte in zijn oratie, de kwaliteit van studenten lijkt in de ogen van docenten continu achteruit te gaan (Smeets, 2006). Dat is iets van alle tijden, en als dit daadwerkelijk het geval zou zijn dan gaven wij inmiddels les aan mensen met een negatief IQ. Dat klopt natuurlijk niet, en heeft alles te maken met het interne model van een student dat veel docenten hanteren. Dat model lijkt te vaak op de docent zelf. Er zijn een aantal aspecten die zo’n studentmodel niet realistisch maken.

Ten eerste heeft de docent veel meer ervaring dan toen hij zelf student was, dit is ook de reden dat de ouderen onder ons meer klagen dan de jongeren. Wij vergeten mee te tellen dat we inmiddels veel meer overzicht over het vakgebied hebben dan destijds. Ten tweede behoren wij zelf tot de studentengroep die later het fundamenteel onderzoek is ingegaan, zeg maar de researchmasterstudenten van nu. Dat is echter geen representatieve steekproef van de studentenpopulatie en dat was het toen wij studeerden ook al niet.

En realistisch studentmodel vinden is geen triviaal probleem maar het is wel van belang. Want welke informatie haalt de student eigenlijk uit het door ons gegeven onderwijs? De traditionele werkvormen die in het hoger onderwijs worden aangeboden zijn colleges, werkgroepen of tutorials en practica. Bij colleges wordt in korte tijd veel informatie aangeboden, bij werkgroepen en practica vaak veel minder omdat studenten daar ook zelf met de stof aan de slag moeten.

Henk Schmidt en collega’s deden onderzoek naar factoren die van invloed zijn op het studiesucces in geneeskunde curricula (Schmidt et al., 2010). Zij volgden het studiesucces van studenten van acht verschillende universiteiten daartoe tien jaar. Zij vonden bijvoorbeeld dat meer tijd voor zelfstudie in het curriculum leidde tot meer diploma’s en een kortere studieduur. Daarnaast vonden ze dat het totaal aantal gegeven colleges in de opleiding een negatieve

invloed had op het aantal studenten dat een diploma haalde. Bovendien verlengde het de studieduur.

Denkt u daar maar eens even over na. Meer colleges leidt tot minder afgestudeerden en een langere studieduur. Maar zijn colleges dan helemaal nutteloos? Keith Trigwell heeft in een belangrijke serie van onderzoek laten zien dat hoe de docent denkt dat een student informatie vergaart, van invloed is op de wijze waarop de student zal studeren (Trigwell et al., 1999). Docenten die vooral informatie uitzenden, hoe goed ook, en de student zien als ontvanger van informatie, stimuleren dat hun studenten oppervlakkig leren waardoor er weinig kennis blijft hangen. Docenten die een meer op de student gerichte manier van lesgeven hebben, stimuleren diep leren waardoor de kennis over een veel langere periode behouden blijft.

Natuurlijk lenen activiteiten in werkgroepen en practica zich meer voor diep leren, maar ook in colleges is het mogelijk om meer uit te gaan van het perspectief van de student als informatieverwerker. Maar daarvoor is het nodig om je college vanuit de student te bekijken en bijvoorbeeld binnen de lezing korte discussies te organiseren. Dit is een van de redenen dat ik geen voorstander ben van opnemen van colleges op video als vervanging van lesgeven door de docent.

Net als de leerlingen van Wertheimer die met behulp van een schaar het voorgelegde probleem konden vereenvoudigen, moet de student uiteindelijk ook komen tot een voor hem of haar bruikbare representatie van het concept of probleem dat hem wordt voorgelegd. Trigwell heeft laten zien dat het voor het bewerkstelligen van zo'n conceptverandering nodig is om concepten niet geïsoleerd te bekijken, maar in het grote geheel van het vakgebied te kunnen plaatsen (Trigwell, 2011). Docenten met veel expertise kunnen dit vaak beter. Daarom is het belangrijk dat juist bij hoorcolleges in het eerste jaar en ook bij de instructie van junior docenten, ervaren docenten en onderzoekers betrokken zijn, zodat de aangeboden informatie in het juiste kader geplaatst kan worden.

De vraag is hoeveel en welke informatie de student uit de verschillende werkvormen zal halen. Ik wil in de komende periode graag onderzoeken wat eigenlijk de informatie is die docenten willen overdragen, bijvoorbeeld bij colleges, of studenten die informatie ook daadwerkelijk oppikken en vooral waardoor dit komt.

Ik wil hier ook terugkomen op het perceptueel leren. De Gibsons gingen daarbij uit van twee vragen (Gibson & Gibson, 1955; Gibson, 1963). De eerste vraag is op welke manier leren we waarnemen, en de tweede vraag is hoe kunnen we leren door waar te nemen. Tot nu toe is op het gebied van perceptueel leren vooral de eerste vraag aan bod gekomen. De tweede vraag is voor het onderwijs juist een heel interessante, maar vreemd genoeg wordt hij in het onderwijskundig onderzoek nauwelijks gesteld. Deze vraag staat vooral centraal bij het onderzoek naar ontstaan van expertise. Maar is onderwijs eigenlijk ook niet een vorm van expertise? Willen we in feite ook niet dat onze beginners, de studenten, verworden tot experts, wat in ons geval gelijk zou kunnen staan aan afgestudeerden? Recent onderzoek van Kellman laat zien dat het perceptueel leren studenten kan helpen bij het komen tot een nieuwe probleemrepresentatie bij het oplossen van wiskundige problemen (Kellman et al., 2010). Dat is de eerste stap, en ik zou dat onderzoek graag willen uitbreiden.

Er wordt door docenten en onderzoekers wel eens sceptisch gedaan over de rol die de organisatie kan spelen bij de kwaliteit van het onderwijs. Maar we weten al uit de waarneming dat informatieverwerking context gestuurd is en een belangrijke context voor de student is de onderwijsorganisatie. Natuurlijk maakt een goede docent een verschil en dat betwist ik ook niet, integendeel. Maar het studiesucces van onze studenten is voor een veel groter deel dan de meeste mensen denken te danken aan de organisatie van het onderwijs. Ik geef een paar voorbeelden.

De wet van Vos zegt dat er een maximum aantal uren is dat een student zal besteden aan de studie (Vos, 1998). Dit maximum wordt bereikt bij 12 onderwijsuren in de week en daarnaast

zelfstudie. Als we studenten verplichten om meer onderwijsuren te volgen dan doen ze minder aan zelfstudie. Ik noemde eerder al dat uit onderzoek van Henk Schmidt blijkt dat het aantal uren dat studenten aan zelfstudie besteden een positieve invloed op het aantal behaalde diploma's heeft (Schmidt et al., 2010). Datzelfde onderzoek van Vos en ook van Schmidt laat zien dat het aantal uren dat studenten aan de studie besteden nogal varieert in de tijd. Studenten zijn net als u en ik, ze werken heel erg hard vlak voor een toets of deadline. Eigenlijk willen we natuurlijk graag dat studenten regelmatig leren.

Onderzoek van bijvoorbeeld Pashler naar onthouden van informatie heeft laten zien dat het belangrijk is om stof met enige tussenpozen te herhalen (Pashler et al., 2007). In het Utrechtse Bachelor-Mastermodel hebben we daarom minstens twee toets momenten, hoewel die lang niet altijd voor dit doeleinde gebruikt worden.

Ook van belang is het aantal vakken dat we tegelijkertijd aanbieden. Er is veel onderzoek gedaan naar de rol van taakbelasting in het onderwijs, door Sweller gedefinieerd als de "cognitive load" (Sweller, 1988). De moeilijkheid en de hoeveelheid van de stof zijn daarbij natuurlijk belangrijk, maar daarnaast is de hoeveelheid niet relevante informatie die de student te verwerken krijgt een bron van belasting. Als er meerdere vakken tegelijkertijd worden gerosterd en aanvullende toetsen plaatsvinden tijdens de onderwijsperiode, dan studeert een student gemiddeld minder effectief. In Utrecht roosteren wij daarom maar twee vakken parallel, maar zelfs dat vergt van docenten dat zij in een team gezamenlijk verantwoordelijkheid dragen voor de inhoud en planning van het onderwijs. Goed functionerende docententeams functioneren niet alleen anders maar ook beter dan de optelsom van elke docent afzonderlijk.

Ik heb u in de afgelopen veertig minuten meegenomen op een tocht langs mijn twee belangrijkste passies, het zien en het onderwijs. Mijn belangrijkste doelen voor de komende periode zijn ten eerste om mijn onderzoek op het gebied van de visuele

waarneming van materiaal, vorm en licht voort te zetten en uit te breiden met onderzoek naar perceptueel leren, met als doel om de inzichten uit het onderzoek naar expertise toe te passen op het hoger onderwijs. Ten tweede wil ik antwoord op de vraag welke informatie uit het onderwijs eigenlijk wordt opgepikt door studenten en waarom. Ten derde zie ik het als een uitdaging om het onderwijs nog beter dan we nu al doen te organiseren, zodat de kans op studiesucces voor de student zo groot mogelijk wordt. In Utrecht doen we het op dit vlak al goed maar vreemd genoeg worden we nauwelijks aangemoedigd om allerlei veranderingen in onze onderwijsstrategie te onderzoeken of erover te publiceren. Dat is jammer, ik zou het hebben toegejuicht als het College van Bestuur bij de plannen voor BaMa 3.0 ook een gedeelte van het geld zou hebben gereserveerd voor onderwijsonderzoek. Ik zie het dan ook als mijn leeropdracht om hier mee aan de slag te gaan.

Dankwoord

Tot slot past er aan het einde van mijn betoog nog een woord van dank. Allereerst gaat mijn dank uit naar het College van Bestuur, onze vorige decaan Willem Koops en onze huidige decaan Werner Raub voor het vertrouwen dat zij in mij hebben getoond. Ik vind het echt iets bijzonders dat het aan onze universiteit mogelijk is om een leerstoel met een accent op onderwijs in te stellen.

Dan wil ik graag alle medewerkers en studenten met wie ik heb mogen samenwerken hartelijk bedanken. Ik heb een geweldige baan en dat komt voor een belangrijk deel door jullie. Ik noem een paar mensen bij naam.

Het facultair management team waarvan ik inmiddels deel uit maak bedank ik voor de open manier van werken. Ik heb in de afgelopen maanden heel erg veel van jullie geleerd. Speciaal Theo Wubbels en Winnifred Meijboom wil ik graag bedanken voor hun stoomcursus in onderwijsmanagement.

De onderwijsdirecteuren van het onderwijsinstituut Psychologie, Maarten van Son en Liesbeth Woertman, gaven me veel vrijheid om nieuwe dingen te proberen in het onderwijs.

Mirande van Leuven heb ik vaak als klankbord kunnen gebruiken voor mijn soms wat wilde ideeën. Ook Nel de Wildt en Linda van Ooijen wil ik bedanken voor het meedenken en tot een succes maken van mijn experimenten in het onderwijs.

Van Jan Koenderink en Ans van Doorn leerde ik hoe ik onderzoek kon aanpakken en het belang van een kritische blik. Van Astrid Kappers, mijn copromotor, en Sylvia Pont leerde ik de waarde van samen aan onderzoek werken. Van Charles de Weert heb ik geleerd dat bestuurders er zijn om te zorgen dat de overige medewerkers zo goed mogelijk kunnen werken. Frans Verstraten, jouw kijk op de samenstelling en organisatie van een onderzoeksgroep en dan met name het belang van het gesprek in de koffiekamer bij het doen van onderzoek, blijven een inspiratie voor me. Het heeft meer dan 10 jaar geduurd, maar inmiddels krijgt de hele faculteit koffiekamers. En ik neem mij voor er voor te zorgen dat daar, naast over onderzoek, ook veel meer over onderwijs wordt gesproken.

Uiteraard bedank ik de medewerkers van de afdeling Psychologische Functielear, een ontzettend leuke en gedreven afdeling. Binnen die afdeling is de Leerstoelgroep Verstraten een heerlijke groep om te werken, niet in de laatste plaats omdat het echt een groep is.

Binnen de groep werk ik het langste samen met Maarten van der Smagt en Ignace Hooge. Ik ben blij dat Maarten mijn taken bij functielear heeft overgenomen, ik heb me er nog geen moment zorgen over gemaakt. Ignace is mijn favoriete sparring-partner. Hij heeft me geholpen om lijn te krijgen in deze oratie en ik kan u beloven dat als u die lijn niet gevonden hebt, het niet aan hem heeft gelegen. Dan zijn er nog de AIO's die ik als copromotor heb mogen begeleiden. Marco Puts, Chris Paffen en Katinka van der Kooij, ik heb zeker zoveel van jullie geleerd als omgekeerd.

Nu kom ik dichterbij huis. In Gerry, Henk en Ruth heb ik een geweldige schoonfamilie, die altijd voor Sjoerd en mij klaarstaan. Het is erg jammer dat de gezondheid van Henk het niet meer toelaat om hier aanwezig te zijn.

Dan de familie Te Pas. Tanja, jij zorgt er met Rudger en de meiden altijd voor dat ons gezin echt een hecht gezin is. Daar steek je veel meer tijd in dan ik en dat je dat doet is erg belangrijk voor mij en mijn mannen.

Mama, ik had het vroeger niet gedacht maar jij bent toch wel een rolmodel voor mij. Mijn liefde voor het onderwijs heb ik van jou. Je hebt me altijd voorgehouden dat het belangrijk is om zelfstandig te zijn en zoveel mogelijk uit mezelf te halen. Zowel papa als jij hebben er nooit aan getwijfeld dat ik alles zou kunnen doen wat ik wilde en als ik zelf wel eens twijfelde hoe alles te combineren dan regelde jij dat gewoon voor me. Ik weet zeker dat papa hier graag bij was geweest, maar het heeft niet zo mogen zijn. Hij verzon voor de grap altijd vrij extreme doelen voor mijn toekomst, en ik denk dat hij met plezier vernomen zou hebben dat mijn eerste onderzoeksproject er op gericht was om een robot te ontwerpen.

En als laatste dan mijn thuisfront, de mannen De Vries. Sjoerd, Tom en Luc, zonder jullie zou het leven van deze hoogleraar een stuk minder leuk zijn. En zonder jullie zou ik hier waarschijnlijk ook niet gestaan hebben. Jullie helpen me de waan van de dag te relativeren. Voor mij zijn jullie het allerbelangrijkste in mijn leven. En dat is misschien wel het belangrijkste inzicht dat ik tot nu toe heb verworven.

Ik heb gezegd.

Referenties

- Adelson, E.H. (2001). On seeing stuff: the perception of materials by humans and machines. *Proceedings from SPIE 4299, Human Vision and Electronic Imaging VI*, 1, doi:10.1117/12.429489.
- Gibson, E.J. (1963). Perceptual Learning. *Annual Review of Psychology*, 14, 29-56.
- Gibson, J.J. (1950). *The Perception of the Visual World*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J.J. & Gibson, E.J. (1955). Perceptual learning: differentiation or enrichment? *Psychological Review*, 62, 32-41.
- Helmholtz, H. von (1866). *Handbuch der Physiologischen Optik*. Leipzig: Voss.
- Helmholtz, H. von (1885). *Popular Lectures on Scientific Subjects*. Translation by E. Atkinson. New York: D. Appleton and Company.
- Kappers, A.M.L., Pas, S.F. te & Koenderink, J.J. (1996). Detection of divergence in optical flow fields. *Journal of the Optical Society of America A*, 13(2), 227-235.
- Kellman, P.J., Massey, C.M. & Son, J.Y. (2010). Perceptual Learning Modules in Mathematics: Enhancing Students' Pattern Recognition, Structure Extraction, and Fluency. *Topics in Cognitive Science* 2, 285-305.
- Kim, A. (2008). Wilhelm Maximilian Wundt. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2008 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.). <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/wilhelm-wundt/>.
- Koenderink, J.J. & Doorn, A.J. van (1975). Invariant properties of the motion parallax field due to the movement of rigid bodies relative to an observer. *Optica Acta*, 22, 773-791.
- Koenderink, J.J. & Doorn, A.J. van (1976). Local structure of movement parallax of the plane. *Journal of the Optical Society of America*, 66(7), 717-723.
- Köhler, W. (1917). *Intelligenzprüfungen an Anthropoiden*. Berlin: Königliche Akademie der Wissenschaften.
- Köhler, W. (1920). *Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand*. Braunschweig: Vieweg & Sohn.
- Kooij, K. van der & Pas, S.F. te (2009). Uncertainty reveals surround modulation of shape. *Journal of Vision*, 9(3):15, 1-8, <http://journalofvision.org/9/3/15/>, doi:10.1167/9.3.15.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Paffen, C.L.E., Tadin, D., Pas, S.F. te, Blake, R. & Verstraten, F.A.J. (2006). Binocular rivalry reveals adaptive center-surround interactions. *Vision Research*, 46(5), 599-604.
- Pas, S.F. te, Kappers, A.M.L. & Koenderink, J.J. (1996). Detection of first-order structure in optic flow fields. *Vision Research*, 36(2), 259-270.
- Pas, S.F. te & Pont, S.C. (2005). A comparison of material and illumination discrimination performance for real rough, real smooth and computer generated smooth spheres. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on APGV*, 75-83.

- Pas, S.F. te, Pont, S.C., Dalmaijer, E.S. & Hooge, I.T.C. (2013). Observers rely more on shadows than on shading and highlights when comparing illumination conditions. (submitted).
- Pont, S.C. & Pas, S.F. te (2006) Material-illumination ambiguities and the perception of solid objects. *Perception*, 35(10) 1331-1350.
- Pashler, H., Rohrer, D., Cepeda, N., & Carpenter, S. (2007). Enhancing learning and retarding forgetting: Choices and consequences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 187-193.
- Schmidt, H.G., Cohen-Schotanus, J., Molen, H.T. van der, Splinter, T.A., Bulte, J., Holdrinet, R. & Rossum, H.J.M. van (2010). Learning more by being taught less: a “time-for-self- study” theory explaining curricular effects on graduation rate and study duration. *Higher Education*, 60, 287-300 DOI 10.1007/s10734-009-9300-3
- Smeets, J.B.J. (2006). *Waar gaat dat heen?* Inaugural Lecture Free University Amsterdam.
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Trigwell, K. (2011). Scholarship of Teaching and Teachers’ Understanding of Subject Matter. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 5, 1, <http://www.georgiasouthern.edu/ijstol>.
- Trigwell, K., Prosser, M. & Waterhouse, F. (1999). Relations between teachers’ approaches to teaching and students’ approaches to learning. *Higher Education* 37, 57-70.
- Verstraten, F.A.J. (2000). *Psychonomie in het decennium van het brein. De psychologie van de koffiekamer en het gezond verstand*. Inaugural Lecture Utrecht University.
- Vos, P. (1998). Over de ware aard van het uitstellen. *Tijdschrift voor Hoger Onderwijs*, 16(4), 259-274.
- Wertheimer, M. (1912). Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. *Zeitschrift für Psychologie*, 61, 161–265.
- Wertheimer, M. (1945). *Productive Thinking*. New York: Harper.