



Iris Bakker  
[www.levenswerken.eu](http://www.levenswerken.eu)

## De verwonderlijkheden van het oog: waarnemen vanuit fysiologisch perspectief

*Iris Bakker*

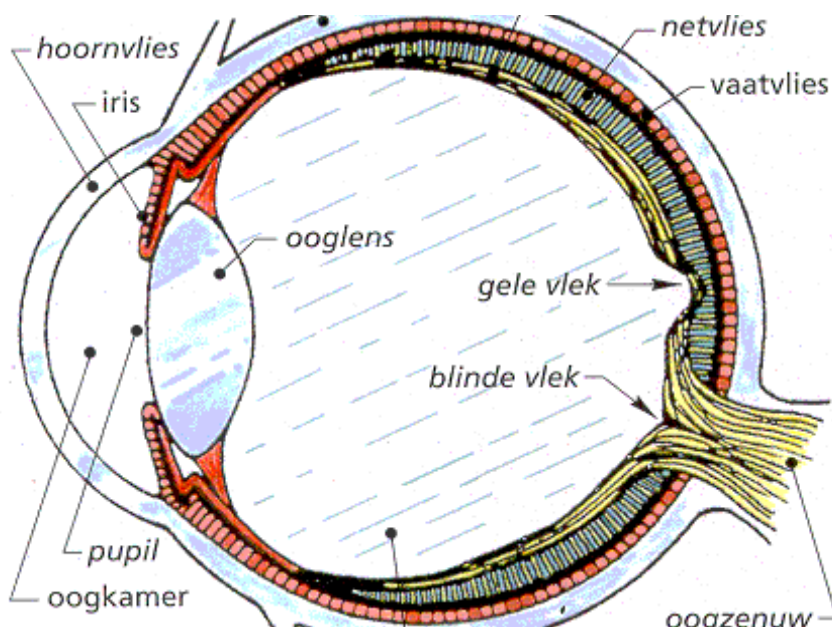
Als we onderzoeken hoe de fysieke omgeving ons en onze productiviteit beïnvloedt, is het niet alleen zinvol om naar die omgeving te kijken, maar ook naar ons waarnemingsproces. Omgevingspsychologie gaat in op de interactie tussen omgeving en psyche. Daarnaast echter vormt de zuivere waarnemingsfysiologie een wezenlijke factor hoe wij de omgeving 'feitelijk' waarnemen.

Het zuiver fysiologische waarnemingsproces is nauwelijks te scheiden van het integrale waarnemings- en verwerkingsproces waarmee wij de buitenwereld individueel vertalen naar onze eigen werkelijkheid. Tot op de dag van vandaag strijden neurologen en fysici een dappere strijd om onze visuele vermogens te doorgronden. Om hier enig zicht op te krijgen, is het zinvol stil te staan bij de fysiologische waarneming door het oog. De fenomenale werking van het oog blijkt bij een lekenzoektocht te stuiten op een aantal verwonderlijkheden, fenomenen die naast het opwekken van verwondering, leiden tot een gevoel van nederigheid. Zonder ook maar enigszins de pretentie te hebben zodanig te kunnen vertellen over de werking van het oog wat waardig is aan haar uitzonderlijke kwaliteiten, wil ik graag een sluier oplichten van een aantal verwonderlijkheden.

### De verwonderlijkheden van het oog

#### Verwonderlijkheid 1: het oog is geen zintuig, maar brein

Als we vanuit de embryologie kijken hoe onze zintuigen zijn ontwikkeld, zien we dat bijvoorbeeld de neus en het oor zijn ontstaan vanuit stukjes huid die tijdens de embryonale ontwikkeling gevoelig worden en zich verbinden met de hersenen. Onze ogen daarentegen zijn ontwikkeld als uitstulpingen van de hersenen. We zien dit terug in de opbouw van het oog. Het oog bestaat niet alleen uit een lens met hoornvlies om de inkomende lichtstralen te breken en daarnaast een aantal receptoren om dat inkomende licht te vertalen naar de hersenen. Ons netvlies, de retina, blijkt een denkend orgaan te zijn, dat, voordat er ook maar enige hersenactiviteit in de visuele cortex plaats vindt, reeds visuele informatie vertaalt en bewerkt. Dit is overigens niet alleen bij mensen het geval; ook dieren hebben een 'denkend' oog. Zo gaat er vanuit de retina van het oog van een kikker bij het zien van een voorbijkomende vlieg eerder een signaal naar de tong die als reflex uitsteekt om de vlieg te kunnen pakken, dan dat er hersenactiviteit is te signaleren. Het oog is dus een denkend orgaan, waarbij vooral de retina met niet alleen receptoren, maar ook 'vertaal- en bewerkingscellen' op te vatten is als onderdeel van de hersenen.



Mensen die beter tot hun recht komen, zijn productiever.  
 Dit is het fundament voor de florerende organisatie.

Reijerskoop 94 • 2771 BS Boskoop • T 06-12463964  
 E [iris.bakker@levenswerken.eu](mailto:iris.bakker@levenswerken.eu)



**LEVENSWERKEN**  
MENS- EN ORGANISATIEGERICHT HUISVESTEN

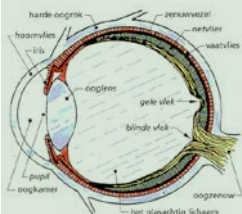
## **Verwonderlijkheid 2: het oog ziet dingen die er niet zijn**

Ons oog is constant aan het zoeken naar herkenbare patronen. Bij complexe vormen treedt er ook meer oogbeweging op, omdat de ogen blijven zoeken naar die patronen. Om deze reden herkennen we bijvoorbeeld een tijger of gezichten in de wolken. De kleurdeskundige Frans Gerritsen heeft in zijn boek 'Het fenomeen kleur' een interessante blinde vlek proef beschreven. Onze blinde vlek op de retina vormt het aanhechtingspunt van de oogzenuw en bevat geen receptoren (staafjes en kegeltjes) waardoor het onmogelijk is met de blinde vlek te zien. Dit is aan te tonen met de blinde vlekproef waarbij je met één oog naar een afbeelding met 2 stippen kijkt. Als je deze afbeelding op een bepaalde afstand houdt, je kijkt naar één stip en je verschuift de afbeelding, dan valt opeens de tweede stip weg. Dit is het moment dat het beeld van die tweede stip op de blinde vlek terecht is gekomen. Als je echter als achtergrond van de stippen een lijnenpatroon weergeeft, neem je ter plekke van de blinde vlek het doorgaande patroon 'waar'. Je hersenen geven dus een beeld door, dat de ogen fysiologisch niet kunnen zien. Ons oog vult als het ware zelf de ontbrekende informatie aan, informatie die het oog op basis van de eigen ervaring, het meest waarschijnlijk acht.

## **Verwonderlijkheid 3: het oog ziet kleuren die er fysisch niet zijn**

Ons oog is permanent op zoek naar patronen en naar herkenning. Via kleurconstantheid wordt die herkenning versterkt. Als we onder een boom met groen gebladerte waardoorheen het licht valt een wit vel papier lezen, zien wij een wit vel. Als je deze situatie met een camera vastlegt, zie je echter op de foto een groen vel papier. De fotocamera legt immers vast wat er fysisch gezien ook is en dat is groen licht, dus een groen vel papier. Ons oog vertelt ons echter dat het vel papier wit is ondanks het feit dat er fysisch gezien, groene lichtstralen zijn. Wij weten immers dat het vel papier wit is. Dit fenomeen, kleurconstantheid genoemd, speelt in ons dagelijkse leven een belangrijke rol, omdat wij daardoor in staat zijn makkelijker objecten te herkennen. Onafhankelijk van de lichtkleur en effecten van de omgeving, blijven objecten er voor ons immers min of meer hetzelfde uitzien. Edward Land ( 1909- 1991), wetenschapper en uitvinder van de polaroidtechniek, heeft interessante proeven ontwikkeld waarmee hij met behulp van dia's en filters heeft aange-

toond dat ons oog kleuren waarneemt die er fysisch gezien, niet zijn. Dit fenomeen komen wij overigens al veel eerder tegen in de kleurentheorie van Goethe. Goethe



benoemde reeds het fenomeen dat ons oog altijd streeft naar totaliteit. Als je een object verlicht met een bepaalde kleur, neem je onmiddellijk in de schaduw van het object, de complementaire kleur waar. Het experiment van Van Guericke uit 1672 toont dit aan. Van Guericke plaatste twee lichtbronnen, één met wit licht en één met rood licht voor een scherm. Daartussen plaatste hij een object, zodat je op het scherm twee schaduwen van het object ging waarnemen. De schaduw waar alleen het witte licht kon komen en niet de rode lichtbundel, kleurt groen, terwijl er fysisch gezien, geen groen licht aanwezig is. Het menselijk oog streeft naar totaliteit.

## **Verwonderlijkheid 4: het oog ziet kleuren intenser als het een object herkent**

Edwin Land heeft overigens ook ontdekt dat wij kleuren van objecten die wij herkennen intenser zien, dan objecten met exact dezelfde kleur die wij niet herkennen. Zo zien wij een oranje sinaasappel intenser oranje dan bijvoorbeeld een bolletje wol van exact de zelfde kleur. Ook een gele citroen zien wij intenser geel dan een niet bekend voorwerp met exact diezelfde gele kleur.

## **Verwonderlijkheid 5: het oog ziet niet absoluut, maar relativeert**

Als je in een donkere kamer een lamp plaatst met een bepaalde lichtintensiteit, diafragmeert het oog waarbij de pupil een bepaalde grootte aanneemt. Plaats je er een tweede lamp bij met een lagere lichtintensiteit, dan neemt de totale lichtintensiteit in de ruimte toe. Men zou verwachten dat door die grotere lichtintensiteit, de pupil zich verder vernauwt. Het oog let echter op gemiddelden en signaleert dat de gemiddelde lichtintensiteit van de twee lampen afneemt. Dit heeft tot gevolg dat de lichtopening groter gaat worden. Het oog gaat dus niet van absolute informatie uit, maar van de relatieve informatie.

Relativeren heeft niet alleen betrekking op het waarnemen van lichtintensiteit, maar ook op kleur. Zo kunnen de koplampen van een auto op een donkere landweg voor ons wit schijnen, terwijl diezelfde koplampen in een verlichte stad geel 'zijn'. Kleuren nemen wij nooit solitair waar, maar altijd in samenhang met aangrenzende kleuren, lichtval, textuur, ruimtevormen e.d.

Ook kleurwaarneming is dus niet absoluut, maar vindt plaats in een breder kader. Dit is gebaseerd op een complex spel tussen verwerkingscellen in de Retina ( de zgn. bipolaire en ganglioncellen) en cellen in de LGN (Lateral Geniculate



Nucleus) in de Thalamus die zoeken naar complementariteit en juist tegengestelde reacties teweegbrengen.

### **Verwonderlijkheid 6: We kunnen objecten in onze uiterste ooghoek wél zien als ze bewegen, maar niet als ze stil staan**

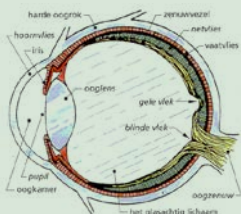
Het oog is vanuit de evolutionaire ontwikkeling primair gefocust op het waarnemen van beweging met als doel te overleven. Terwijl de lagere diersoorten als vissen en vogels goed kleur kunnen zien, kunnen zoogdieren dat – op de primaten na - niet. Ook bij de mens is het oog sterk ontwikkeld om beweging te zien. Het zien van beweging manifesteert zich in het oog door het herkennen van lichtverschillen door informatie-uitwisseling tussen de zogenaamde bipolaire cellen en ganglioncellen in het netvlies. Dat ons oog sterk gefocust is op beweging, blijkt wel uit het feit dat we met de randen van het netvlies objecten alleen kunnen zien als ze bewegen. Zodra het object stil staat zien we het niet. Het uiterste randje van het netvlies zelfs, signaleert wel beweging, maar geeft geen bewegend beeld door. Wel geeft het netvlies een signaal aan de oogspiertjes, waardoor het oog zich meer gaat richten op het bewegende object. Hierdoor komt het beeld meer centraal te liggen op het netvlies en wordt daarmee dus ook zichtbaar.

### **Verwonderlijkheid 7: Het samenspel van kleur, vorm en beweging is vooralsnog diffuus**

Was het menselijk gezichtsvermogen in de vroegste periode binnen de evolutie gericht op overleven en daarbij het signaleren van beweging, later is het vermogen kleuren te zien ontwikkeld. Het zien van beweging is overigens voorwaarde voor het oog: als een beeld op het netvlies stabiel blijft, vervaagt het. Om deze reden zorgen oogbewegingen dat het beeld blijft variëren op het netvlies, waardoor receptoren blijven worden gestimuleerd. Het zien van beweging kent een buitengewoon samenspel van complexe processen. Zo hebben geleerden lang nagedacht over het vraagstuk hoe het mogelijk is dat bij beweging van het oog de omgeving stil blijft staan en stabiel blijft. Uiteindelijk heeft Van Helmholtz ontdekt dat die stabiele achtergrond mogelijk is door een ingewikkeld samenspel van netvliesweergave en oogspieren die door de hersenen worden aangestuurd.

Op dit moment gaat men ervan uit dat de visuele cortex is verdeeld in een zeer groot aantal verschillende gebieden die

elk een specifiek kenmerk van het beeld kunnen onderscheiden, een gebied voor kleur, tekst, gezichten enz. Vervolgens worden al deze patronen verbonden tot



een geheel. Men gaat dus uit van een modulaire opbouw van het brein. Er bestaan nog vele vragen hoe dit exact in zijn werk gaat. Recent is door Semir Zeki (1998) aangetoond dat kleur acht duizendste seconde eerder wordt gezien dan vorm en vorm op zijn beurt acht duizendste seconde voor beweging. In het modulaire systeem verwerken vele gebieden die elk een specifieke verwerkingsfunctie hebben de specifieke informatie, waarna deze razendsnel verwerkt wordt tot een geheel, dat wij vervolgens bewust kunnen worden. Deze gebieden zijn zonder meer complex en kennen ook complexe relaties: kleurcontrast bijvoorbeeld beïnvloedt de perceptie van vorm, waarbij zowel textuur als schaduwwerking een rol spelen.

### **Verwonderlijkheid 8: hoe en wat wij in onze omgeving zien, is afhankelijk van aandachtsprocessen.**

James Grims (1996) heeft veel onderzoek gedaan naar percepties en aandachtsprocessen. Uit zijn proeven bleek dat mensen geen enkel verschil waarnemen tussen op elkaar gelijkende afbeeldingen, als de verschillen betrekking hebben op dingen die mensen niet interesseren. In de menselijke waarneming wordt niet exact geregistreerd; men gaat eerder uit van eigen ervaringen en percepties. Grotere aandacht leidt tot meer oogbewegingen. Ook neemt de pupilgrootte toe. Aandacht geeft informatie waarin men interesse heeft en die uit de vele gespecialiseerde gebieden in de visuele cortex wordt gegenereerd een groter belang. Het gevolg is dat een verzamelaar van olifantenbeeldjes sneller ergens, zelfs in de bewolkte hemel, een olifant herkent. De Ferrari-liefhebber herkent in dat zelfde wolkendek ...een Ferrari.

### **Verwonderlijkheid 9: de afbuiging van lichtstralen om een scherp beeld op het netvlies te verkrijgen vindt voor het grootste deel plaats door het hoornvlies en niet door de lens**

De functie van het oog om stralen zodanig af te buigen dat op het netvlies een scherp beeld verschijnt, wordt veelal toegedicht aan de lens. De lichtbuiging van het hoornvlies (cornea) is echter vele malen sterker ( 15-23 Diopres van de lens versus 43 Diopres van de cornea). Lichtbuiging via de lens is niet voldoende om een scherp beeld te krijgen op het netvlies. Het feit dat de brekingsindex door lucht en materie sterk afwijkend is, heeft tot gevolg dat juist de overgang van lucht naar materie, in de vorm van de cornea, een grote rol heeft bij de afbuiging van het licht. De lens die zijn vorm kan laten variëren door meer concaaf of convex te worden, zorgt voor de noodzakelijke variatie binnen dit brekingsstelsel.



**LEVENSWERKEN**

MENS- EN ORGANISATIEGERICHT HUISVESTEN

De lens maakt het systeem dus flexibel. Vissen hebben om deze reden een heel ander systeem. Omdat het visuele systeem van de vis geen gebruik kan maken van verschillen in brekingsindex (de brekingsindex water en oogmaterie kennen immers een veel kleiner verschil dan die van lucht en oogmaterie), kan de vis de positie van zijn lens wijzigen en daarmee focussen op verschillende afstanden. De brekingsindex speelt op verschillende manieren een rol. Zichtbaar licht met een korte golflengte ofwel blauw licht heeft een grotere brekingsindex dan rood licht met juist een grote golflengte. Blauwe lichtstralen (met een korte golflengte) worden dus in veel sterkere mate gebroken dan rode. Dit heeft tot gevolg dat een blauw beeld als het ware voor het netvlies een scherp beeld geeft, terwijl een scherp rood beeld als het ware achter het netvlies komt te liggen. Het oog corrigeert dit, wat blauw een verwijdend effect geeft, terwijl rood op je af lijkt te komen.

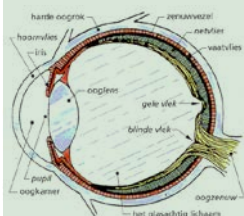
## De onbegrijpelijke verwonderlijkheid 10: Onze perceptie

De wetenschapper Hermann von Helmholtz (1821-1894) heeft een passende definitie voor perceptie gegeven: 'unconscious inferences from sensory data to what might be out there'. Zonder visuele cortex kunnen apen ondanks defecten wel zien. Konijnen zien ook zonder visuele cortex. Reptielen en vogels kunnen zelfs uitstekend zien. Zonder visuele cortex kunnen mensen echter helemaal niet zien. De visuele cortex wordt exclusief het orgaan genoemd van de visuele perceptie. Dat is echter maar sterk de vraag. Rudolf Steiner heeft opgemerkt dat het onmogelijk is om exact aan te geven waar de perceptie ligt, waar dus het externe object overgaat in het subject (de subjectiviteit van de waarneming). Gregory voegt er als moderne wetenschapper nog een dimensie aan toe: 'Yet what we see, and what we know, or believe, can be very different. As science advances, differences between perceived appearances and accepted realities become ever greater'.

## Conclusie

Het oog is een denkend orgaan dat zorgt dat wij de wereld zien zoals wij die vanuit onze eigen perceptie zien. Wij zien dus onze eigen werkelijkheid, een werkelijkheid die voor iedereen anders is. Universeel voor de mens echter is dat het oog streeft naar totaliteit, waarin de polariteiten die zich voordoen in onze wereld zoals licht en duisternis, in samen-

hang worden gebracht. Goethe heeft ze oerfenomenen genoemd. Zijn kleurentheorie is dan ook geënt op het oerfenomeen licht-duisternis, dat zich manifesteert in de



basiskleuren geel en blauw. Het is dan ook interessant dat moderne neurologen ervan uitgaan dat ons vermogen tot het zien van kleur dertig miljoen jaar geleden is gemuteerd. In deze periode is ons oog gevoelig geworden voor de kleuren rood, groen en violet, hetgeen Young (1773-1829) heeft ontdekt. Daarvoor echter kende het oog twee gevoeligheidsgebieden binnen het zichtbare licht: geel en blauw en dan zijn we terug bij de oerfenomenen van Goethe.

**Iris Bakker**

[www.levenswerken.eu](http://www.levenswerken.eu)

*Iris Bakker, huisvestingsadviseur, promovendus aan de TU Delft bij prof Peter Vink, Industrial Design/TU Delft en TNO, en dr Theo van der Voordt, Real Estate & Housing/Faculteit Bouwkunde TU Delft en Center for People and Buildings.*

## Literatuur:

*Birren, Faber (1982), Light color & environment, Van Nostrand Reinhold Company New York*

*Brainard, David H. and Brian A. Wandell; (1986), Analysis of the retinex theory of color vision, Vol. 3, No. 10/October 1986/J. Opt. Soc. Am. A*

*Derrington, Andrew M., A. Parker, N.E. Barraclough, A. Easton, G. R. Goodson, K. S. Parker, C. J. Tinsley B.S. Webb (2002), The uses of colour vision: behavioural and physiological distinctiveness of colour stimuli, The Royal Society, pg 975-985*

*Frederick A., A Kingdom, K. Wong, A. Yoonessi, G. Malkoc (2006); Colour contrast influences perceived shape in combined shading and texture patterns; Spatial Vision, Vol. 19, No. 2-4, pp. 147-159*

*Gerritsen, Frans (1975), Het fenomeen KLEUR de nieuwe kleurenleer gebaseerd op wetmatigheden van kleurperceptie, Cantecler bv, de bilt*

*Goethe, J.W. (2001), Goethe, kleurenleer, Uitgeverij Vrij Geestesleven, Zeist*

*Gregory, Richard L. (1998), Eye and brain, The Psychology of Seeing, Oxford University Press, Oxford Tokyo, fifth edition*



LEVENSWERKEN

MENS- EN ORGANISATIEGERICHT HUISVESTEN

*Grierson, Ian, (2000), The Eye book, eyes and eye problems explained, Liverpool university press; Liverpool*

*Hamburger, Kai, Th. Hansen, K.R.Gegenfurtner, (2007), Geometric-optical illusions at isoluminance, Department for Experimental Psychology, Justus Liebig University Giessen, Vision Research 47, pg 3276-3285*

*Julius, Frits H., R.van Renesse, D.van Romunde, B. Siepman v.d.Berg ( 1989), Goethe's kleurenleer*

*Kovkcs, I, B. Julesz, (1992), Psychology Depth, motion, and static-flow perception at etaisoluminant color contrast, Proc. Nati. Acad. Sci. USA, Vol. 89, pp. 10390-10394  
Laboratory of Vision Research, Rutgers University, New Brunswick, NJ 08903*

*Soesman, Albert, (2005), De Twaalf zintuigen, Leraren van de mensheid, Uitgeverij Vrij Geestesleven, Zeist.*

*Zajonc, Arthur, ( 1996), Het licht zien, Uitgeverij Vrij Geestesleven, Zeist.*

*Zeki S, and A. Bartels, (1998), The asynchrony of consciousness, The Royal Society, pg 1583- 1585*

