Visuele adaptie- en inductieverschijnselen

G. van den Brink
Afd. Biologische en Medische natuurkunde Erasmus Universiteit Rotterdam

1. Inleiding

Zintuigen maken het ons mogelijk informatie op te nemen uit onze omgeving. Dit leidt tot een zintuiglijke sensatie waaraan wij vervolgens een betekenis toekennen. Het vertrouwen dat wij in de regel in onze zintuigen stellen is zeer groot, zodat wij vaak pas geneigd zijn om iets echt voor waar aan te nemen als we dat zelf hebben gezien of gehoord. Dit vertrouwen is gebaseerd op het algemene idee dat onze zintuigen een natuurgetrouwe één-op-één afbeelding van de fysische wereld rondom ons in onze ervaringswereld verzorgen. De vele observaties waarbij onze waarneming echter in strijd blijkt te zijn met hetgeen verwacht mag worden op grond van onze overige kennis van onze omgeving blijken dit vertrouwen echter niet te rechtvaardigen. In de opeenvolging van processen die plaats vindt tussen het moment dat fysische informatie een zintuig bereikt en het tijdstip dat we aan de daardoor opgewekte sensatie een betekenis toekennen bestaan diverse bronnen die leiden tot vervorming of tot het verbreken van een één-op-één relatie tussen de fysische en onze subjectieve wereld. De oorzaken daarvan varieren van zuiver fysische, zoals de oogoptiek, tot subjectieve, zoals de processen die leiden tot ambiguiteiten, de alom bekende visuele illusies waarbij aan een stimulus meer dan één betekenis kan worden toegekend.

Een speciale categorie van verschijnselen zal in het onderstaande behandeld worden. Onderling lijken deze verschijnselen op het eerste gezicht weinig met elkaar te maken te hebben. Ze worden dan ook meestal als los van elkaar staand beschreven. Zoals echter bij nadere beschouwing zal blijken, vertonen ze duidelijke parallellen, waardoor het vermoeden rijst dat de aan hun ontstaan ten grondslag liggende (mogelijk neuronale) verwerkingsprocessen in principe van gelijksoortige aard zouden kunnen zijn. Eén ervan betreft bijvoorbeeld de helderheid die we ervaren van een stimulusveld met een bepaalde fysische lichtsterkte (luminantie) als gevolg van voorafgaand aangeboden licht en als gevolg van de lichtcondities in de omgeving van dit veld. Als de helderheid van een veld door voorafgaand licht wordt beinvloed, spreken we van adaptatie; als de helderheid wordt beinvloed door licht dat gelijktijdig in de omgeving van dit veld aanwezig is, spreken we van sensorische inductie.

Het blijkt, dat vele andere facetten van ons zien op vergelijkbare wijze beinvloed kunnen worden zowel door voorafgaande stimulatie ter plaatse als door gelijktijdige stimulatie van de omgeving. De waargenomen veranderingen blijken hierbij altijd plaats te vinden in een richting die tegengesteld is aan de voorafgaande hoge lichtsterkte als een sterker verlicht omgevingsveld een stimulus minder helder maken, terwijl ook het omgekeerde het geval is.

Andere aspecten van visuele stimuli, waar zulke beinvloedingen voorkomen, betreffen bijvoorbeeld de kleursensatie die wordt beinvloed door voorafgaan en omgevend licht met een andere spectrale samenstelling. Ook de orientatie waaronder wij lijnen en andere patronen waarnemen, wordt beinvloed door voorafgaande en omgevende patronen met andere orientaties. Zo wordt ook de grootte waarmee we een stimulus waarnemen en de snelheid waarmee we objecten zien bewegen door, respectievelijk, andere grootte- en snelheidsinformatie beinvloed. In de volgende paragrafen zal nader worden ingegaan op elk van deze aspecten.

2. Helderheidsperceptie

Het feit dat het tamelijk lang duurt eer we optimaal kunnen zien in een donkere

omgeving, na vanuit een helder verlichte omgeving gekomen te zijn, is iedereen bekend. Ook het aanpassen aan de omgevingsverlichting in omgekeerde richting kost enige tijd, zij het dan, dat lichtadaptatie veel sneller verloopt dan donkeradaptatie. Hoewel het niet uit te sluiten is dat ook in andere delen van het visuele systeem mechanismen bestaan waar adaptatie werkzaam is, staat het vast dat de oorzaak ervan grotendeels toegeschreven moet worden aan pigmentomzettingen die het gevolg zijn van absorptie van energie in de lichtgevoelige receptoren in het netvlies.

Over de oorzaak van de helderheidsveranderingen die we waarnemen als een stimulusveld met een bepaalde luminantie omgeven is door een veld met een andere luminantie, is eigenlijk niets met zekerheid bekend. We hebben daar geen echte verklaring voor, met het gevolg dat de helderheidsveranderingen veroorzaakt door een luminantieverandering van de omgeving vaak als een visuele illusie wordt gezien. Dit, in tegenstelling tot de helderheidsbeinvloeding door adaptatie, welke ondanks het feit dat deze ook in strijd is met onze kennis over de lichtcondities, niet

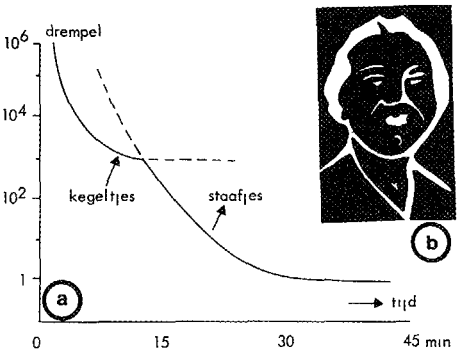

Fig. 1) Het verloop van de visuele drempel met de tijd, gedurende donkeradaptie (a) en een figuur waarmee we een nabeeld kunnen opwekken (b).

als een illusie wordt beschouwd. Dit op zichzelf wat inconsequent aandoend gebruik ven het woord illusie maakt duidelijk dat aan dit begrip slechts een relatieve betekenis toegekend mag worden.

In Fig. 1a is globaal geschetst hoe de visuele drempel verloopt met de tijd, nadat we vanuit een verlichte in een donkere omgeving zijn gekomen. Deze drempelcurve vertoont twee fasen. De eerste fase wordt toegeschreven aan adaptatie van het kegeltjessysteem. Pas na enige tijd wordt de drempel bepaald door de op zichzelf gevoeligere maar langzamer adapterende staafjes. De maximale gevoeligheid wordt bereikt na ruim een half uur. Het effect van licht- en donkeradaptatie beslaat ettelijke factoren tien in de drempelgevoeligheid. Dit maakt het moeilijk om na te gaan of er ook op andere verwerkingsniveau's in het visuele systeem nog vormen van adaptatie werkzaam zijn. Hoewel op neuronaal niveau wel degelijk aanwijzingen hiervoor bestaan zal dit, indien aanwezig, in ieder geval een geringere bijdrage leveren dan de biochemische adaptatieprocessen. De invloed van licht- en donkeradaptatie kan worden gedemonstreerd met behulp van nabeelden. Indien men een vast punt van Fig. 2b gedurende enkele tientallen seconden fixeert en daarna kijkt naar een middelmatig verlicht vlak, dan verschijnt een nabeeld met een complementaire helderheidsverdeling. Dit is het gevolg van het feit dat verschillende delen van het netvlies verschillende gevoeligheden hebben gekregen.

De invloed die de luminantie van een omgevingsveld heeft op de waargenomen helderheid van een testveld kan niet het resultaat zijn van locale gevoeligheidsveranderingen ter plaatste van het netvliesbeeld. De oorzaak van deze inductieve beinvloeding moet daarom ergens anders in het systeem worden gezocht. In Fig. 2 zijn twee voorbeelden van helderheidsinductie gegeven. Fig. 2a laat zien dat een grijs veld op een zwarte achtergrond als helderder wordt ervaren dan een identiek veld op een witte achtergrond. Fig. 2b illustreert dat de omgeving met een luminantiegradient aanleiding kan zijn tot het zien van de complementaire gradient in de middelste grijze band. Door de omgeving af te dekken is echter gemakkelijk te

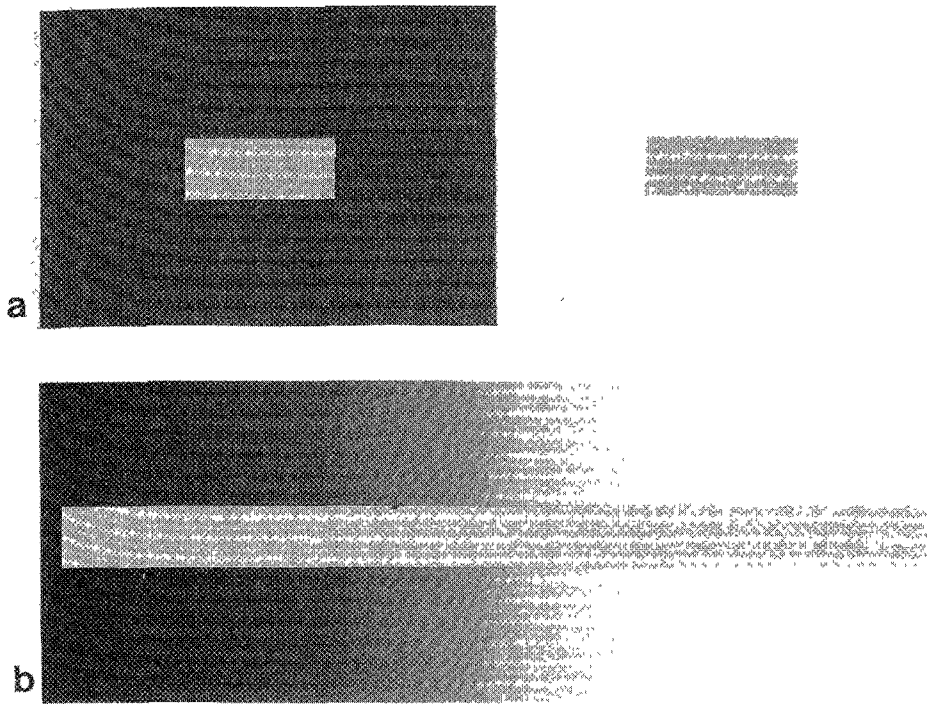

Fig. 2) Voorbeelden van helderheidsinductie: Twee identieke grijze veldjes hebben ongelijke helderheden op respectievelijk een witte en een zwarte achtergrond (a); een homogene band vertoont een helderheidsgradient, indien de achtergrond een luminantiegradient bevat.

verifieren dat deze schijnbare gradient in werkelijkheid niet aanwezig is.
Er bestaat blijkbaar geen eenduidige relatie tussen lichtsterkte en helderheid. Zowel voorafgaande als omgevende lichtcondities zijn van invloed. Fig. 3 geeft nog een voorbeeld van omgevingsinvloed. De beide helften van het bovenste deel (Fig. 3a) hebben ongelijke helderheden en worden beide homogeen in helderheid gezien. De luminantiedistributie wordt in Fig. 3b getoond en maakt duidelijk dat de twee delen in werkelijkheid identiek zijn en dat beide een kleine luminantiegradient met hetzelfde teken hebben. Het verschil tussen de maximale en de minimale luminantie is hier ongeveer 10%. De gradienten zijn in dit geval zó klein dat deze niet meer door het visuele systeem kunnen worden gedetecteerd. Doordat het visuele systeem geen informatie ontvangt die wijst op inhomogeniteit, worden beide velden als homogeen ervaren. De luminantiestap op de grens is echter wèl detecteerbaar, zodat het systeem informatie ontvangt over een luminantieverschil aan weerszijden van die grens. De enige interpretatiemogelijkheid die dan overblijft is, dat we hier te maken hebben met twee homogene velden met verschillende helderheden. Detecteerbare contouren spelen dus een belangrijke rol bij het toekennen van een helderheidswaarde.
Het toekennen van verschillende helderheden aan de linker- en rechtervelden van Fig. 4a berust op hetzelfde principe. Het linkerveld grenst aan een donkerder deel van het middenveld dan het rechterveld, waardoor het linkerveld als lichter

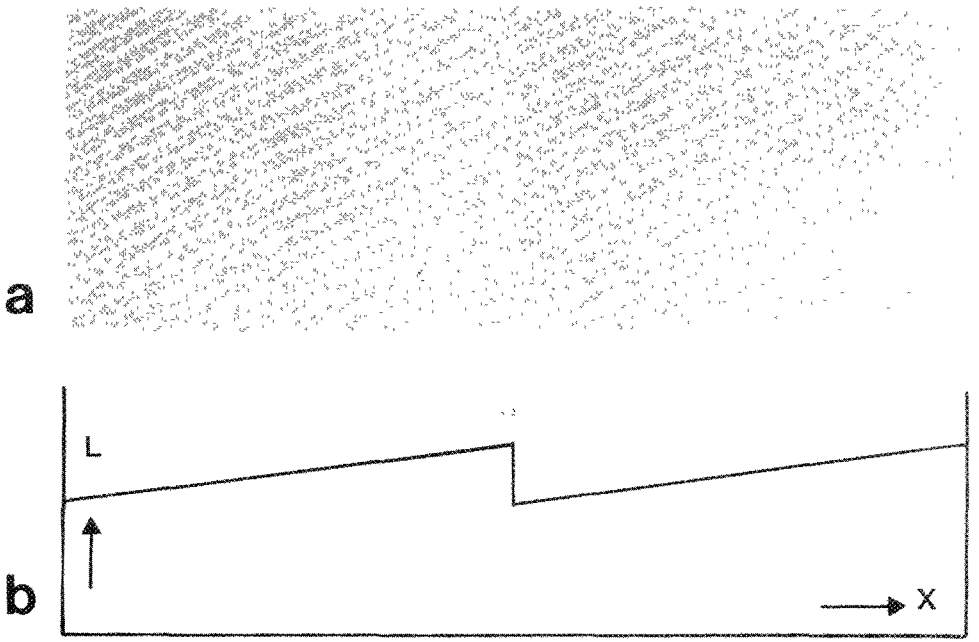

Fig. 3) Hoewel de beide delen van (a) identiek zijn, worden ze met ongelijke helderheden waargenomen. Het luminantieverloop is in (b) weergegeven. Afdekken van de grens, met bijvoorbeeld een draadje, maakt dat het helderheidsverschil verdwijnt.

wordt ervaren. De lichtverdeling, zoals deze in Fig. 4b is geschetst, komt echter ook overeen met die van een richel (respectievelijk een geul) in een egaal plat vlak dat vanaf de rechterkant (respectievelijk de linkerkant) wordt verlicht. Door naar Fig. 4c te kijken, is het mogelijk zo'n drie-dimensionale percept op te roepen, waarna dit ook in Fig. 4a te zien is. Als dit het geval is, blijken de velden ter linker- en ter rechterzijde ineens gelijke helderheden te hebben gekregen. Deze observatie geeft een indicatie dat helderheidsperceptie niet een eenduidig gebeuren is, maar dat de ervaren helderheid mede wordt bepaald door de betekenis die we aan een stimulus toekennen. Als we Fig. 4 zien als een drie-dimensionale structuur, dan is de inductieve werking van het aangrenzende veld doorbroken. Blijkbaar zijn hierbij ook processen betrokken die hierarchisch op een hoger niveau plaatsvinden, namelijk daar waar de interpretatie van de stimulusinformatie plaatsvindt.

De in deze paragraaf besproken observaties illustreren dat de perceptie van helderheid niet alleen door de stimulusluminantie zelf wordt bepaald, maar mede door de voorafgaande lichtcondities en de lichtcondities rondom de stimulus. Tevens kunnen we constateren, dat ook hogere hierarchische (neuronale) processen hierbij betrokken moeten zijn.

3. Kleurperceptie

Gelijksoortige verschijnselen als beschreven voor helderheid, treden ook op voor het tot stand komen van een kleursensatie. Het feit dat de kleur die we ervaren van een stimulus mede afhangt van voorafgaande expositie aan stimuli met een andere spectrale samenstelling (chromatische adaptatie), wordt toegeschreven aan het veroorzaken van verschillende adaptatietoestan-

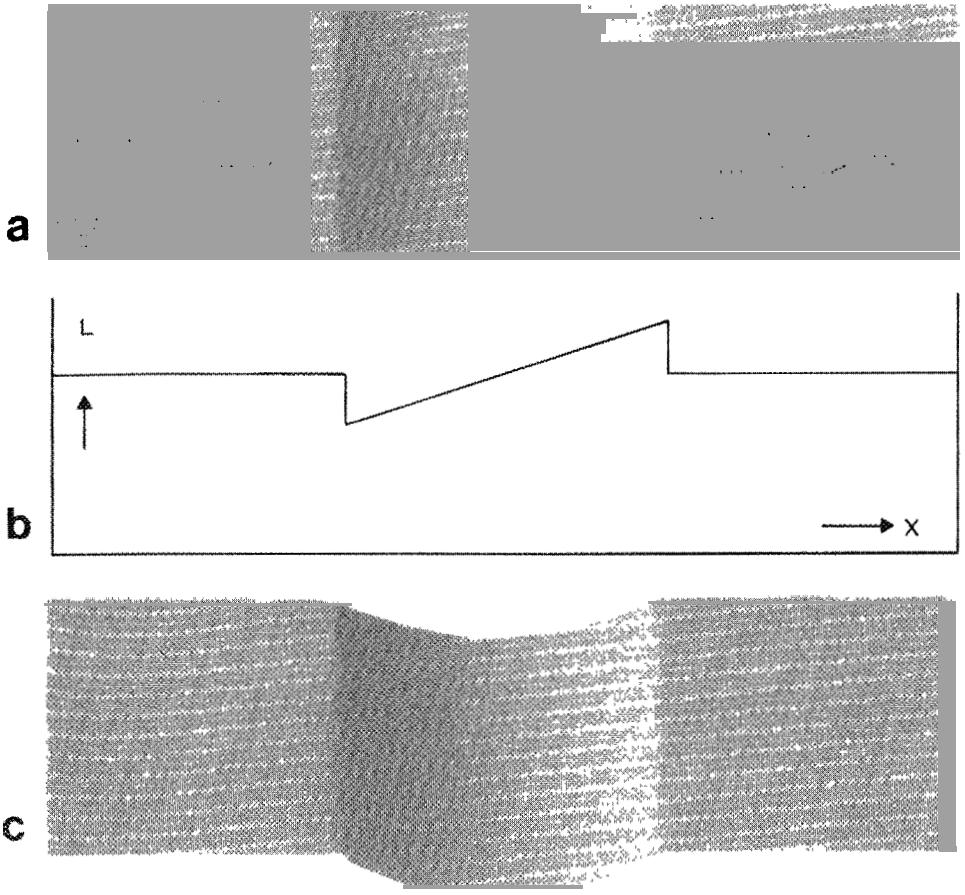

Fig. 4) Als gevolg van de bij de contouren aanwezige luminantie van het middelste veld, zien we in (a) het rechtervlak donkerder dan het linkervlak. Dit helderheidsverschil verdwijnt als dezelfde luminantieverdeling leidt tot een drie-dimensionale interpretatie (c).

den voor de drie soorten kegeltjes die, respectievelijk, hun maximale gevoeligheden hebben bij golflengten corresponderend met de kleurensensaties rood, groen en blauw. Voorafgaande stimulering met rood licht maakt dat de roodgevoelige kegeltjes relatief ongevoelig zijn ten opzichte van de resterende kegeltjes. Kijken we vervolgens naar bijvoorbeeld wit licht, dan dragen de groen- en blauwgevoelige kegeltjes dus relatief meer bij. Voorafgaande expositie aan rood geeft dan een verschuiving naar het groen (en omgekeerd). Op dezelfde wijze kan er een geel-blauw kleurverschuiving verkregen worden.

De eenvoudigste manier om chromatische adaptatie te demonstreren is door een stukje rood en een stukje groen cinemoid (filter) naast elkaar in een diaraampje te monteren en deze gedurende een halve tot één minuut te projecteren. Als we gedurende die tijd naar hetzelfde punt op het scherm kijken en daarna een dia projecteren waarin een grijs filter (transmissie 10 tot 30%) is aangebracht, dan zien we, zij het in minder verzadigde vorm, een

complementair nabeeld.
Bij kleur is niet alleen sprake van adaptatie maar, evenals bij helderheid, ook van inductie. Grijs in een rode omgeving wordt groenig, en grijs in een groene omgeving wordt rose; hetzelfde geldt voor blauw en geel. Reeds Goethe gaf uitgebreide beschrijvingen van deze chromatische inductieverschijnselen. Een eenvoudige manier om chromatische inductie te demonstreren is door een leeg diaraampje met een "magenta-achtig" rood filter via één projector en een ander raampje met een grijs filter met een tweede projector op één scherm te projecteren. De twee velden moeten zo goed mogelijk tot dekking gebracht worden. Als we dan een object tussen projectoren en scherm houden, krijgen we twee schaduwen: de ene alleen verlicht door de "rode projector", de andere alleen door de "Grijze projector" (Fig. 5). Hoewel we dan dus een rode en grijze schaduw zouden verwachten, zien we in werkelijkheid een rode en een zeer duidelijk groene schaduw.
Samenvattend is te constateren dat er ook bij kleurperceptie sprake is van een invloed

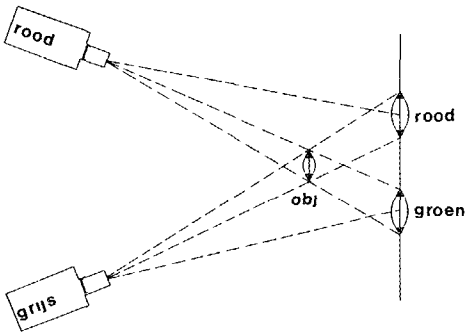

Fig. 5) Door een scherm te verlichten met twee projectoren, één met een gekleurd filter en de andere met een grijs filter, kan de perceptie van gekleurde schaduwen gedemonstreerd worden

van zowel voorafgaande chromatische condities als van de chromatische condities in de omgeving van een stimulusveld.

4. Orientatieperceptie

Dat ook bij de perceptie van de orientatie van een stimulus, bestaande uit één of meerdere lijnen (rasters), adaptatieverschijnselen optreden, is minder algemeen bekend. Als we gedurende ongeveer één minuut naar een rasterpatroon kijken waarvan de orientatie rond de 20° afwijkt van, respectievelijk, verticaal of horizontaal en we richten daarna onze blik op een raster dat zuiver verticaal is (respectievelijk horizontaal), dan nemen we deze patronen enigszins hellend in tegengestelde richting waar. Blijkbaar is ook ons criterium voor de orientatie van patronen niet absoluut en eenduidig. Redelijkerwijs gesproken moet dit ook optreden voor andere orientaties, maar we kunnen dit laatste minder goed constateren, vermoedelijk doordat we, met name voor horizontaal en verticaal, op grond van onze ervaring een relatief fijner beoordelingscriterium hebben opgebouwd. Als we in het dagelijks leven spreken van een "timmermansoog", dan hebben we vermoedelijk te maken met iemand die dat beoordelingscriterium zeer sterk heeft ontwikkeld.
Naast dit adapterende effect bij orientatieperceptie kennen we in het dagelijks leven ook tal van zogeheten visuele illusies die het resultaat zijn van verder, in de omgeving, tegelijktijdig aanwezige orientatieinformatie. Fig. 6 geeft hiervan enkele voorbeelden. Het vierkant in Fig. 6a lijkt een kussenachtige vorm te hebben; de rechte lijn in b lijkt enigszins krom. De loodrecht op elkaar staande lijnen in c lijken geen hoek van 90° meer met elkaar te maken en twee evenwijdige lijnen (Fig. 7) lijken niet meer evenwijdig te zijn als daar een visgraatpatroon aan wordt toegevoegd.
Het lijkt niet nodig om, voor de verklaring van deze verschijnselen, aparte mechanismen voor de verwerking van krommings- en hoekinformatie te veronderstellen, omdat een kromme lijn ook opgevat kan worden als een lijn met veranderende orientatie en een hoek als het verschil tussen twee orientaties. Ook in dit geval blijken hoeken van 0° en 90°, evenals rechte lijnen, in het voordeel te zijn ten opzichte van andere hoeken en krommingen. Dit toe te schrijven aan het feit dat we voor deze

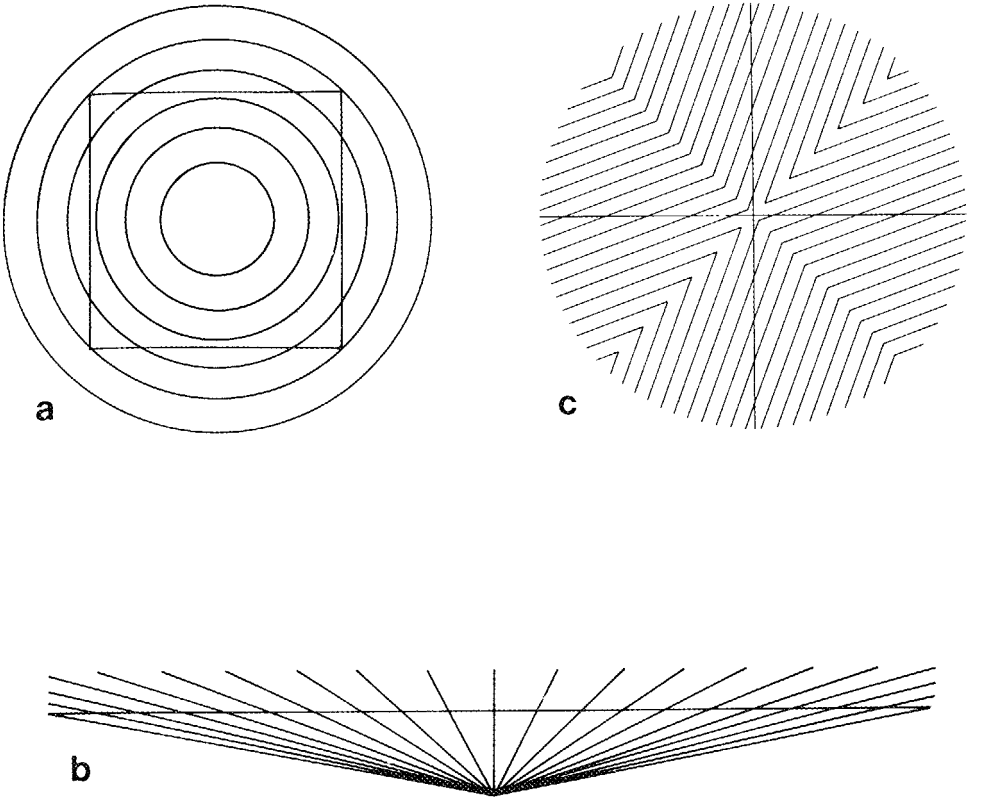

Fig. 6) Enkele voorbeelden van inductieve orientatieverschijnselen. Het vierkant in (a) krijgt gebogen zijden, de rechte lijn in (b) wordt krom en de loodrecht op elkaar staande lijnen in (c) maken geen rechte hoek met elkaar

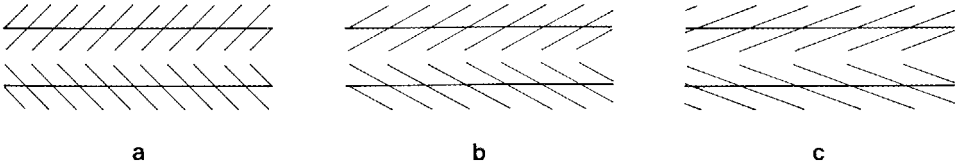

Fig 7) De werking van inducerende patronen is sterk hoekafhankelijk, zij is het sterkste bij hoeken van ca. 20° (c)

condities een scherper criterium hebben opgebouwd dan voor alle andere verwante condities, lijkt ook hier erg voor de hand liggend.
Zowel voorafgaande als simultaan aanwezige orientatie-informatie is van invloed op de waargenomen orientatie. De mate van invloed blijkt af te hangen van de hoek tussen het patroon in kwestie en het inducerende patroon. In Fig. 7 is te zien dat de schijnbare hoekverandering het grootst is als de hoek tussen testlijnen en inductiepatroon ongeveer 20° bedraagt (c). Bij een hoek van 45° of meer is er nog amper sprake van enige beinvloeding, zodat de lijnen hier bij benadering nog steeds evenwijdig worden waargenomen (a).
Deze hoek-afhankelijkheid is er oorzaak van dat, als we Fig. 6a zodanig veranderen dat het vierkant wordt waargenomen als een echt vierkant (Fig. 8), de hoeken tussen aangrenzende zijden bij benadering 90° moeten blijven. Bij de hoekpunten

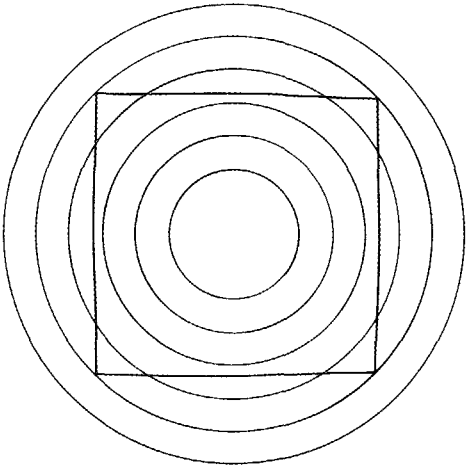

Fig 8) Bij compensatie van het inductie-effect in Fig. 6a moeten de hoeken 90° zijn, omdat de orientatie van de zijden nabij de hoekpunten vrijwel niet door de cirkels wordt beinvloed

maken de cirkels immers een hoek van ongeveer 45° met die zijden, zodat op die plaatsen de orientatiebeinvloeding door inductie minimaal is.
Het bovenstaande illustreert, dat bij de perceptie van orientatie zowel sprake is van adaptatie als van inductie.

5. Grootteperceptie

Ook de grootte die wij ervaren van een object heeft een sterke mate van betrekkelijkheid. Afgezien van het feit dat een object groter lijkt naarmate de afstand waarop wij ons voorstellen dat het van ons is verwijderd en ook afgezien van het feit dat dit weer tegengewerkt kan worden door onze voorkennis over de afmetingen van een object (grootteconstantie, zoals bij een mens, een auto, etc.), blijkt de grootte die wij ervaren van een object ook te worden beinvloed door de grootte van simultaan en voorafgaand waargenomen objecten die overigens wèl dezelfde vorm hebben.
Een voorbeeld van grootte-inductie, dus van de invloed van gelijktijdig aanwezige informatie, is gegeven in Fig. 9. Hoewel de beide cirkels in het midden van de twee velden gelijke diameters en gelijke lijndikten hebben, wordt de cirkel die omringd is door kleinere cirkels als groter en vetter ervaren dan die welke omringd is door relatief grotere cirkels. Ook het voorafgaande enige tijd naar grotere of kleinere objecten kijken heeft tot gevolg dat even grote objecten wat kleiner respectievelijk wat groter worden waargenomen. Als we gedurende ca. één minuut het streepje fixeren dat zich in Fig. 10 tussen de twee velden met grote, respectievelijk kleine cirkels bevindt en we daarna de blik richten op het kruisje tussen de twee velden met cirkels van gelijke grootte, dan lijken de cirkeltjes in beide velden gedurende enkele seconden in grootte te verschillen.
De vorm van de stimulusdetails is in dit geval weinig kritisch zolang de beinvloedende en de beinvloede structuren onderling vorm-verwant zijn.

6. Bewegingsperceptie

Ook bij het waarnemen van bewegende objecten hangt de sterkte van de bewegingssensatie af van voorafgaande en van gelijktijdige bewegingsomstandigheden. Een stilstaand object dat is omgeven door een bewegende achtergrond lijkt zich vaak in tegengestelde richting te bewegen Welke van de twee, het testobject of de achtergrond, als bewegend wordt ervaren

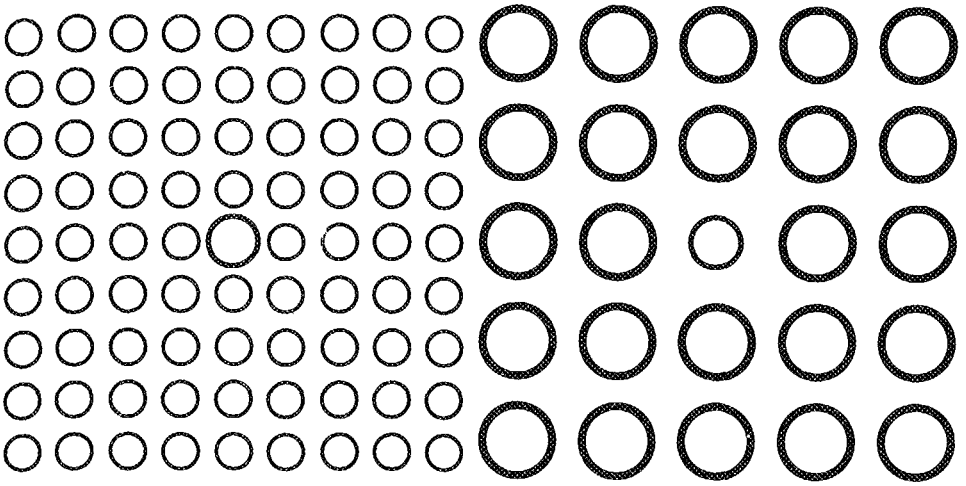

Fig. 9) Een cirkeltje dat door kleinere cirkeltjes is omgeven lijkt groter en vetter dan eenzelfde cirkeltje dat is omgeven door grotere cirkels

is in sterke mate afhankelijk van de complexiteit van beide. In het algemeen lijkt de meest complexe van de twee stil te staan en de minst complexe te bewegen. Een voorbeeld is een stilzittende (maar schijnbaar bewegende) vlieg op een beeldscherm waarop een zich bewegend tafereel zichtbaar is.

Dat ook voorafgaande bewegingsinformatie van betekenis is, blijkt uit het zogenaamde "waterval-effect". Als we gedurende enige tijd naar een bewegend veld, zoals een waterval, hebben gekeken en we daarna de blik richten op iets dat stilstaat, dan lijkt dit laatste in tegengestelde richting te bewegen. De aan vele lezers welbekende draaiende spiraalschijf (Fig 11) die, nadat men het midden daarvan enige tijd gefixeerd heeft, afhankelijk van de draaiingsrichting, aanleiding is tot het zien krimpen of uitdijen van één of ander stilstaand object, is een ander voorbeeld van bewegingsadaptatie.

Onder speciale omstandigheden kan bewegingsadaptatie aanleiding zijn tot paradoxale waarnemingen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij twee lichtbronnen (Fig. 12) waarvan er één (A) stilstaat en de ander (B) volgens de gestippelde cirkel beweegt. Als we, na deze enige tijd te hebben laten bewegen, lichtbron B ploseling stopzetten op de plaats X, dus direct naast lichtbron A, dan doet zich de tegenstrijdige situatie voor dat A stilstaat, B een bewegings-naeffect vertoont (en dus als bewegend wordt gezien), terwijl toch beide lichtbronnen naast elkaar blijven staan en dus ten opzichte van elkaar niet bewegen. Ook bij het waarnemen van beweging blijkt dus, dat er zowel adaptatie als inductie plaatsvindt.

7. Overeenstemmingen

Uit het voorgaande blijkt, dat voorafgaande en gelijkertijd in de omgeving aanwezige lichtcondities van invloed zijn op de helderheid die we toekennen aan een stimulusveld met een bepaalde, vaste lichtsterkte. Op gelijksoortige wijze vinden adaptatie en inductie plaats waar het betreft kleursensatie, orientatie (inclusief kromtestraal en hoekgrootte), stimulusafmeting en beweging. Vrijwel algemeen geldt dat deze processen selectief zijn, m.a.w. dat adaptatie en inductie van elk van deze facetten van ons zien alleen inwerken op percept-verwante informatie. In de regel zal dus beweging niet van invloed zijn op orientatie en kleur niet op grootte etc.

Deze constatering suggereert dat het visuele systeem een strategie bij zijn ver-

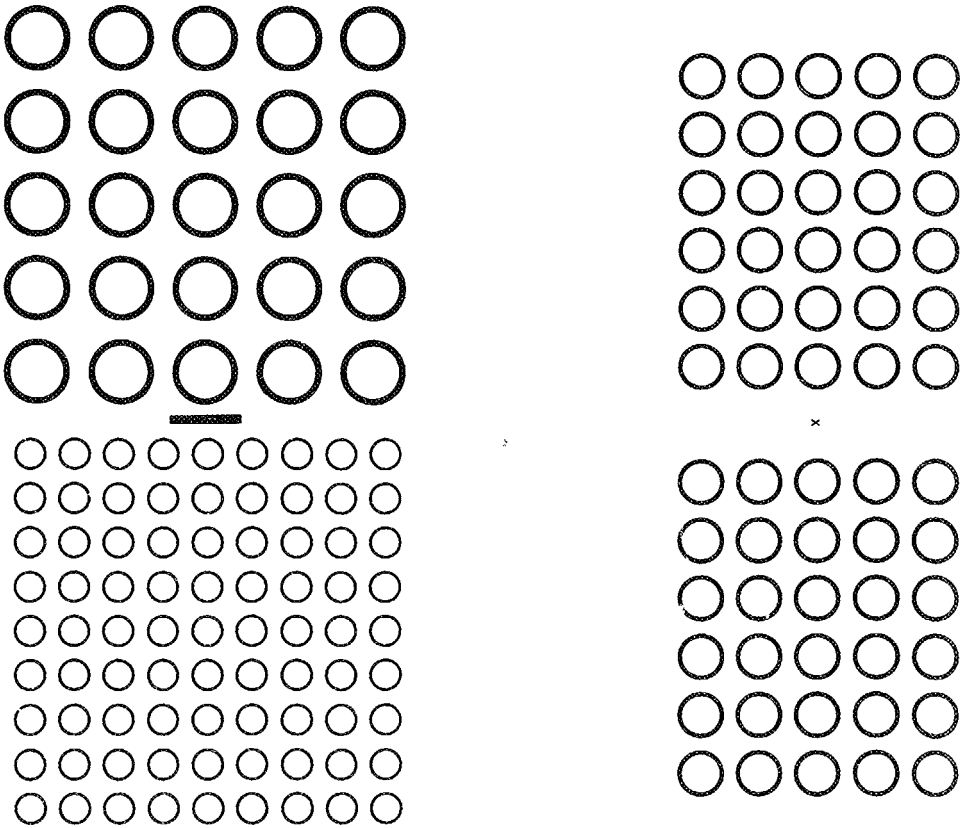

Fig. 10) Na gedurende ca 1 minuut het streepje aan de linkerkant gefixeerd te hebben lijken, bij fixatie van het kruisje aan de rechterkant, de cirkels boven en onder dit kruisje gedurende enkele seconden ongelijk in grootte te zijn

werking van informatie toepast, die berust op het afsplitsen en het afzonderlijke verwerken van verschillende kenmerkverwante categorieën van informatie. Verwante informatie kan tijdens de verwerking systematisch beinvloeding veroorzaken, terwijl dit niet gebeurt ten gevolge van andere, niet-verwante informatie. Dit zou kunnen wijzen op een categorie-gewijze, parallelle verwerking via functionele "kanalen". De uitgangssignalen van deze kanalen komen uiteindelijk bij elkaar en vormen daar gezamenlijk een neuronaal gecodeerd excitatiepatroon dat bepaald niet een puntsgewijze representatie hoeft te zijn van de (fysische) stimulusruimte. Omdat de beinvloeding door adaptie en inductie meestal éénduidig is en van persoon tot persoon niet lijkt te verschillen, ziet het ernaar uit, dat de processen die een rol spelen bij het herkennen en het betekenis toekennen aan informatie zoals die door onze zintuigen is opgenomen, overwegend plaats vinden in dié delen van onze hersenen die worden geactiveerd nadat dit gezamenlijke excitatiepatroon tot stand is gekomen.

Op welke manier de verschillende pakketten informatie, afkomstig uit die afzonderlijke kanalen, ruimtelijk in onze hersenen zijn geprojecteerd doet functioneel weinig ter zake waar het ons functioneren betreft; zo'n tonotopische projectie kan, van fysiologische en pathofysiologisch standpunt bezien, natuurlijk zeer relevant zijn.

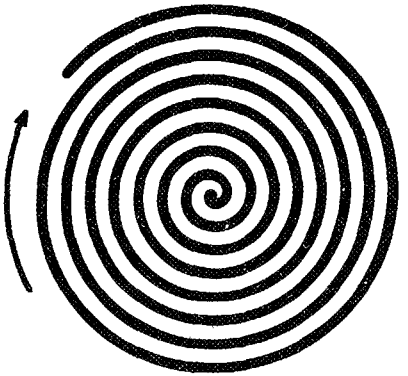

Fig. 11) Als we het midden van een draaiende schijf met de hier getoonde spiraal enige tijd fixeren, lijkt een object waarnaar we vervolgens kijken uit te dijen of te krimpen.

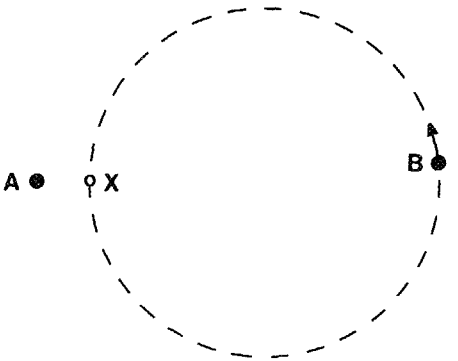

Fig. 12) Als lichtbron B gedurende enige tijd langs de cirkel heeft bewogen en daarna wordt stilgezet in het punt X, dan vertoont B een bewegings-na-effect, terwijl de stilstaande lichtbron A niet beweegt. Ondanks het feit dat we nu één lichtbron zien bewegen en de andere zien stilstaan, blijven beide lichtbronnen naast elkaar staan.

8. Nawoord

Het bovenstaande suggereert in sterke mate dat een zintuigsysteem functioneert op basis van elementaire informatiepakketten, die mogelijkerwijs weinig aansluiting hebben met onze traditionele opvattingen over maten en grootheden. Hoewel veelal getracht wordt biologische systemen alsook zintuiglijke functies, te beschrijven in termen van traditionele mathematische formuleringen zoals bijvoorbeeld Fourier transformatie, auto- en cross-correlatie en convolutie, kunnen we ons afvragen of de uitgangspunten daarbij wel in overeenstemming zijn met de strategieen zoals die door zo'n systeem zelf worden toegepast. Het is ook zeer twijfelachtig of het "plaatje" dat we waarnemen wel op basis van een één-op-één correlatie gecorreleerd is met het "plaatje" waar we naar kijken. Uit het voorgaande moge duidelijk zijn, dat bij de informatieverwerking, met name door het aanwezig zijn van adaptieve en inductieve processen, op reproduceerbare en selectieve wijze afwijkingen ontstaan in de relatie tussen de (fysische) stimuluswereld en het (subjectief) gepercipieerde beeld daarvan.

Het begrip zintuigelijke illusie krijgt hiermee een relatieve betekenis. Het wordt in de regel gehanteerd in dié gevallen, waar onze waarnemingen in strijd zijn met hetgeen we op andere gronden weten over de stimuluswereld. Toch zijn er ettelijke waarnemingen waarbij die strijdigheid wél bestaat maar waar niet gesproken wordt van een illusie, zoals bijvoorbeeld het schijnbaar lichter worden van onze omgeving tijdens het proces van donkeradaptatie. Dat moet toegeschreven worden aan het feit dat we vertrouwd zijn met dit verschijnsel en dat het in termen van een wetenschappelijke theorie beschrijfbaar is. Dit, op zijn beurt, zal als gevolg moeten hebben dat, naarmate onze kennis en onze theorievorming voortschrijdt, er steeds meer van zulke verschijnselen beschrijfbaar zullen worden in termen van een theorie. Het aantal verschijnselen dat we illusies noemen zal, daarmee gepaard gaande, verminderen. De verschijnselen zelf zullen steeds meer gezien gaan worden als nevenwerkingen van — theoretisch veronderstelde — processsen en mechanismen.