

Stereoscopie door kleurverschil

Willem Einthoven

bron

Willem Einthoven, *Stereoscopie door kleurverschil*. Utrechtse drukkerij, Utrecht 1885

Zie voor verantwoording: http://www.dbnl.org/tekst/eint001ster01_01/colofon.htm

© 2008 dbnl



Aan mijne Moeder
en
aan de nagedachtenis mijns Vaders

[Voorwoord]

Gaarne neem ik de gelegenheid waar, om mijn dank te betuigen aan zoovelen, die gedurende mijne Academische loopbaan tot mijn vorming hebben bijgedragen.

Vooraf geldt dit U, Hooggeleerde DONDERS, die mij zulk een krachtadigen steun bij het samenstellen van dit proefschrift verleend hebt. Uw opwekkend voorbeeld en Uwe bezielende lessen hebben een diepen indruk op mij gemaakt, die nimmer kan worden uitgewischt.

Ook jegens U, Hooggeleerde SNELLEN, onder wiens leiding ik steeds met vrucht en genoegzaam werkzaam was, gevoel ik mij zeer verplicht. Uwe vriendschap, Uwe talrijke lessen en nuttige wenken weet ik op den waren prijs te stellen.

VIII

En niet minder ben ik aan U verschuldigd, Hooggeleerde KOSTER, van wien ik zooveel goeds heb mogen ondervinden. Uw gewaardeerd onderwijs zal mij steeds in aangename herinnering blijven.

Aan U, Zeergeleerde ALBERTUS DE JONGH, betuig ik mijn innigen dank voor al het schoone en goede, waarin Gij mij hebt onderwezen. Gij zijt mij steeds een nooit genoeg te waardeeren Vriend geweest.

Ten slotte roep ik U, mijne geliefde Academievrienden! wier hartelijke toespraak ik in mijn volgend leven helaas te veel zal moeten missen, een oprecht vaarwel toe.

Inleiding.

1.

In 1850 merkte Prof. D o n d e r s bij zich zelve op, dat na zwakke indruppeling van *atropine*, onder eenigszins verwijde pupil en vermindering der accommodatie, mikropsie ontstond¹⁾. De verklaring daarvan zocht hij in het verzwakte accommodatie-vermogen, ten gevolge waarvan sterker inspanning gevorderd werd, om voorwerpen op zekeren afstand scherp te zien. De willekeurige aanstoot tot die accommodatie zou, namelijk, de voorstelling kunnen geven van grootere nabijheid, en terwijl de hoek, waaronder bekende voorwerpen werden gezien, bij die voorstelling onveranderd bleef, zouden die voorwerpen zich kleiner moeten vertoonen.

F ö r s t e r²⁾, die eenige jaren later hetzelfde verschijnsel waarnam en uitvoerig beschreef, verklaarde het op gelijke wijze als D o n d e r s . Hij voegde er bij, dat uit de mikropsie verder secundair de voorstelling kon geboren worden, dat het voorwerp verder zou verwijderd zijn van

1) Ned. Lancet, 2^e Serie, 6^e Jaargang. 1850, bl. 607.

2) Ophthalmologische Beiträge von Dr. R. F ö r s t e r . 1862. S. 69.

het oog, - merkwaardig genoeg, in strijd met het onbewust besluit van grootere nabijheid, uit de gevorderde sterkere inspanning der accommodatie voortgevloeid.

Uitvoerig behandelt ook A u b e r t die verschijnselen in zijne Physiologie der Netzhaut¹⁾, zich daarbij aan dezelfde verklaring houdende, zoowel ten aanzien der mikropsie als der secundaire voorstelling van grooteren afstand. Volgens A u b e r t zouden de voorwerpen tot tweemalen kleiner worden gezien dan met het normale oog.

2.

Een tweede verschijnsel, dat den invloed der gevorderde accommodatie op de voorstelling van afstand scheen te bewijzen, merkte Prof. D o n d e r s ²⁾ eenige jaren later, in 1868, toevallig op.

Hij had te Leipzig eene kamer betrokken, waarvan het behangsel een net van breede helder gele strepen vertoonde op een fijn zwart gestreepten blauwen grond. Terwijl hij nu op een afstand van 10 tot 12 voet naar den wand zag, plaatste zich op eens het net van gele strepen vóór den blauwen muur en kreeg het voorkomen van een traliewerk, dat meer dan 20 c.M. er van verwijderd was.

De illusie was zoo volkomen, dat hij onwillekeurig naar den muur ging, waarbij het traliewerk meer en meer tot den blauwen grond naderde en eindelijk daarmee zoo goed als samenviel.

Een tweede bewijs van de volkomenheid der illusie ligt dáárin, dat, bij beweging van het hoofd heen en weer, het traliewerk vóór den wand scheen te bewegen, -

1) Breslau, 1865.

2) Wetensch. bijbladen, behorende bij het jaarverslag van het Ned. Gasthuis voor Ooglijders over 1868, bl. 111.

klaarblijkelijk, omdat het daarbij in betrekking tot den wand werkelijk stil stond, met andere woorden, omdat de parallaxische beweging ontbrak, die een wezenlijk traliewerk vóór den muur bij beweging van het hoofd zou vertoond hebben.

Voor L u d w i g , die het net ook als een traliewerk zag, verdween echter de illusie bij beweging van het hoofd, juist, zooals L u d w i g meende, wegens het uitblijven der gevorderde parallaxische beweging. Op Z ö l l n e r , die hem vergezelde, werkte de illusie niet sterk.

Sedert dien tijd werd het verschijnsel ieder jaar, in verschillende vormen, alhier als college-proef vertoond en schenen in het algemeen de toehoorders zich van het schijnbare afstandsverschil te overtuigen.

3.

In de beide gevallen werd aan de uitkomst vooral daarom beteekenis gehecht, omdat daarbij alléén verschil in accommodatie, zonder verandering der convergentie, in het spel was, en dus het effect der accommodatie, geheel afgescheiden van dat der convergentie, werd waargenomen. En hierin scheen tevens de verklaring te liggen van het groote effect der inspanning, die veel sterker zijn moet, wanneer de accommodatie zonder verandering van convergentie plaats heeft.

4.

Onlangs nu handelde Prof. D o n d e r s ¹⁾ over de schijnbeweging op schilderijen, bij plaatsverandering van den beschouwer, welke schijnbeweging hij aan het uitblijven der parallaxe toeschrijft, die men bij de voorstelling der derde dimensie moest verwachten. Bij die gelegenheid gaf hij een analyse van de generatoren onzer

1) Proces-verb. Kon. Akad. v. Wetenschappen, 31 Januari 1885.

voorstelling der derde dimensie, zoowel bij het zien van schilderwerken als bij het beschouwen van voorwerpen in de ruimte. Die der laatste brengt hij tot twee categorieën terug, tot de indrukken, als zoodanig, en tot de bewegingen, waaronder de indrukken zich wijzigen, - naast en boven welke de binoculaire stereoscopie zich in de nabijheid althans doet gelden.

Tot de tweede kategorie rekende hij nu ook de accommodatie, daarbij opmerkende, dat, hier, zooals bij bewegingen in 't algemeen, niet de beweging zelve, maar de bewuste aanstoot tot beweging de voorstelling bepaalt.

Donders betoogt, dat de schilder tot het voortbrengen van het effect der derde dimensie op het doek niet alleen over de generatoren der eerste kategorie beschikt, maar bovendien door geschikte kleurenkeus de accommodatie aan dat effect kan dienstbaar maken.

‘Voor warme kleuren,’ zegt hij ‘wordt meer inspanning der accommodatie gevorderd dan voor koele, en door een gelukkig samentreffen wijkt dus het blauw verschiet, terwijl figuren en voorwerpen in warmen toon op den voorgrond treden.’

5.

Intusschen had die verhandeling hem aanleiding gegeven, om den invloed der accommodatie op de voorstelling van afstand bij verschil van kleur nader te onderzoeken. Hoofdzakelijk werden afwisselende regels van roode en blauwe letters (Romeinsche hoofdletters, 8 c.M lang, 4 c.M. breed)¹⁾, van levendige kleuren, zoowel op zwart fluweel als op wit papier onderzocht.

1) Eene proeve van dergelijke wat kleinere letters vindt men als plaat bij dit proefschrift; hoewel niet krachtig van kleur en niet op volkomen zwarten grond, zijn ze voldoende, om van het verschijnsel eene voorstelling te geven.

De uitslag nu van dat onderzoek was niet bevredigend.

Voor D o n d e r s zelve en voor vele anderen was het resultaat duidelijk, ja bijzonder treffend. Hij zag de roode letters vóór de blauwe, alsof ze er in werkelijkheid voor stonden, gebonden aan hare plaats op een afstand, die zich vrij nauwkeurig liet schatten en regelmatig toenam, wanneer hij zich van het vlak verwijderde, afnam, wanneer hij er toe naderde. Ook constateerde hij, terwijl de illusie volkomen was, bij zijdelingsche beweging van het hoofd, evenals bij het traliewerk op den muur, het voorbij elkander schuiven der letters in tegengestelden zin van de parallaxe, die de illusie deed verwachten.

Maar, in tegenstelling met deze uitkomst, was het effect bij anderen onzeker of onbestendig, of werd zelfs het tegendeel gezien - de blauwe figuren vóór de roode, - bij sommigen met een duidelijkheid, die bij beweging van het hoofd ook de schijnbaar parallactische beweging in tegengestelden zin te voorschijn riep.

6.

Dit verschil in uitkomst nu was geheel raadselachtig. Voor alle oogen is het gebrek aan achromasie ontwijfelbaar gelijk en moet dus in gelijken zin zijn invloed op de gevorderde accommodatie doen gelden. En die invloed kan geen andere zijn, dan dat roode voorwerpen, die, om scherp te worden gezien, sterker inspanning der accommodatie vorderen, schijnbaar nader tot het oog treden dan blauwe. De accommodatie-hypothese bleek dus alvast onvoldoende te zijn tot verklaring van het verschijnsel. Komt ze ook al in aanmerking, zoo moeten althans nog andere oorzaken in het spel zijn, zelfs zoodanige, die een overwegende invloed kunnen verkrijgen en het verschijnsel omkeeren. - Al verder werd opgemerkt, dat, bij het monoculaire zien, het schijnbare afstandsverschil bijna

geheel wegvalt, een invloed, waarvan de accommodatie-hypothese ook niet voldoende rekenschap geven kan. Wel moge bij het monoculaire zien het effect geringer zijn, terwijl de accommodatie, niet langer aan onveranderlijke convergentie gebonden, vrijer spel heeft; maar onmogelijk kon het effect hierdoor geheel worden opgeheven. - En evenzeer schoot de hypothese te kort tot verklaring van hetgeen omtrent den invloed van brilglazen en van het verschil van witten en zwarten achtergrond werd opgemerkt.

Bij het doen der proeven, op uitnoodiging van Prof. D o n d e r s , deelde hij mij al deze tegen de accommodatie-hypothese gerezen bezwaren mede en stelde mij voor, de verschijnselen bij mij zelve en bij anderen stelselmatig te onderzoeken, er op wijzende, dat het vooral van belang zou zijn, de verstrooiingscirkels na te gaan en het verschil bij monoculair en binoculair zien in het oog te houden. Hij onderstelde, dat het onderwerp zou blijken voor een academisch proefschrift niet ongeschikt te zijn.

Aan dat voorstel heb ik gaarne gevolg gegeven, en hieraan heeft men het hier volgend onderzoek te danken, waarbij Prof. D o n d e r s mij ook verder met raad en daad bijstond. Hoewel klein van omvang, heb ik gewaagd, het der Faculteit als proefschrift aan te bieden.

In het verkregen resultaat vond ik aanleiding, om ook een nadere studie te maken van de mikropsie, waarvan de algemeen aangenomen verklaring eveneens berust op de voorstelling van afstand onder den invloed der accommodatie. Daaromtrent zal ik aan het slot misschien nog het een en ander mededeelen.

Eigen onderzoek.

7.

Al aanstonds hield ik mij bezig met het herhalen en het vergelijken der proeven bij monoculair en binoculair zien. Binoculair ziende, waarbij het afstandsverschil duidelijk was, zag ik het telkens verdwijnen en terugkeeren bij de beweging der hand *voor* en *van* het eene oog. Ook bij lange fixatie met één oog bleven de roode en blauwe letters in hetzelfde vlak; maar bij het openen van het tweede drong zich het afstandsverschil weldra onweerstaanbaar aan mij op, een verschil, dat verder constant bleef en zich zeer wel liet schatten, - geheel in overeenstemming met de waarneming bij ware stereoscopie. Ik stelde mij daarom de vraag, of niet in werkelijkheid stereoscopie daarbij in het spel was, en al spoedig overtuigde ik mij, dat, bij asymmetrie van ieder oog, met symmetrie der oogen in betrekking tot elkander, in de netvliesbeelden van verschillend gekleurde punten inderdaad een grond voor stereoscopie te vinden was.

8.

In een symmetrisch oog, waarvan de oogas en de gezichtslijn samenvallen en loodrecht gaan door het midden eener volkomen ronde pupil, zouden alle gefixeerde punten volkomen ronde verstrooiingscirkels vormen, welker middelpunten zouden samenvallen met het fovea-beeld van het gefixeerde punt, waarvoor het oog is geacommodeerd; want de lichtkegels van alle gefixeerde punten zouden mathematische kegels zijn, met een gemeenschappelijke as. Maar het normale oog is niet symmetrisch. De fovea ligt aan de temporaalzijde der oogas, en de gezichtslijn van het gefixeerde punt, door het (vereenigde) knooppunt

van het oog op de fovea gericht, vormt daarmee een hoek, gemiddeld van ongeveer 5 graden, hoek α genoemd.

Het gevolg daarvan is, dat bij accommodatie voor een bepaalde lichtsoort, b.v. voor homogeen rood, het middelpunt van den verstrooiingscirkel van meer breekbaar, b.v. blauw licht, door hetzelfde punt uitgezonden, niet met het beeld van het roode licht samenvalt.

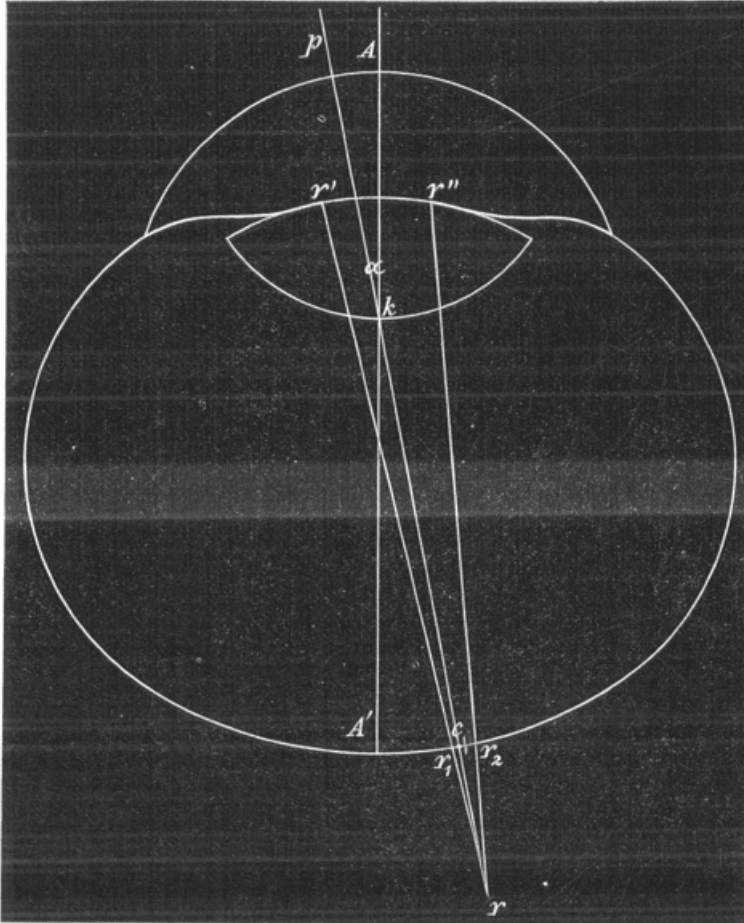


Fig. 1.

Fig. 1 maakt het aanschouwelijk, - om het effect te

verduidelijken, met sterke overdrijving der asymmetrie (excentrische ligging der fovea en groote hoek α) en van het verschil van breekbaarheid der roode en blauwe stralen, wier resp, brandpunten, zooals later bij de berekening blijken zal, in werkelijkheid slechts weinig uiteenliggen. $A A'$ is de oogas, c de fovea centralis van het netvlies, k het vereenigde knooppunt, $p k c$ de gezichtslijn, α de hoek tusschen oogas en gezichtslijn.

Wij stellen ons nu voor, dat het oog voor de van zeker punt uitgaande blauwe stralen geaccommodeerd is, die zich in c , een punt der fovea centralis, vereenigen. De roode stralen $r' r$ en $r'' r$, van hetzelfde punt uitgaande, zouden dan eerst achter het netvlies in r samentreffen, en op het netvlies een verstrooiingscirkel vormen $r_1 r_2$. Het middelpunt van dien verstrooiingscirkel (tevens genoegzaam het zwaartepunt der intensiteit van den verstrooiingscirkel) bevindt zich op het streepje, dat aan de temporaalzijde van c , het brandpunt der blauwe stralen, gelegen is, en aan dit middelpunt zou ook de kleine verstrooiingscirkel beantwoorden der roode stralen, zooals hij bij accommodatie voor de blauwe in werkelijkheid voorkomt.

Met het afgebeelde oog - het rechter, van boven gezien - is het linker symmetrisch, en in het linker ligt het middelpunt dus evenzeer aan de temporaalzijde van c .

9.

Stellen wij ons nu voor, dat de roode stralen zijn uitgezonden door een punt, een weinig boven het punt gelegen, waarvan de blauwe stralen uitgaan, dan zullen, bij het fixeeren van het laatste de beelden van het eerste een weinig temporaalwaarts van den verticalen meridiaan liggen, evenals zij, uitgaande van hetzelfde punt als de blauwe, temporaalwaarts liggen van c .

Welnu, halfbeelden, die nabij de fovea in een verticalen meridiaan liggen, geven de voorstelling van een voorwerp, op gelijken afstand gelegen als het gefixeerde: daarentegen, temporaalwaarts daarvan gelegen, ontwikkelen zij, naar de wetten der stereoskopie, voor het daaraan beantwoordende punt de voorstelling van geringeren afstand. Het roode punt zal dus nader schijnen, het blauwe verderaf gelegen.

De onderlinge afstand der halfbeelden is natuurlijk gelijk, wanneer het punt, dat de roode stralen uitzendt,

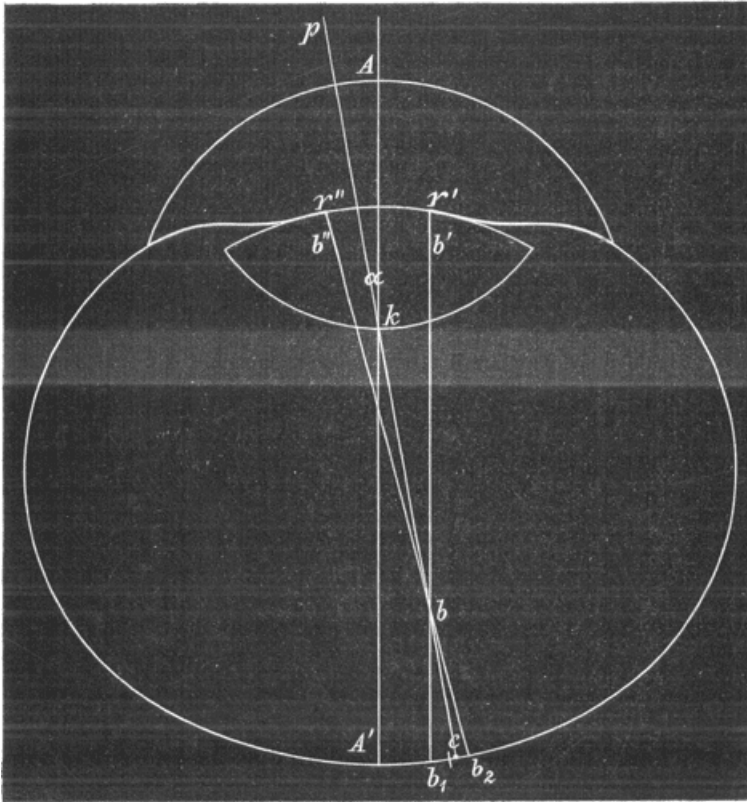


Fig. 2.

niet boven, maar beneden of ter zijde van het blauwe

punt gelegen is, en het resultaat is dus evenzeer, dat het punt iets verder afgelegen schijnt dan het gefixeerde.

10.

De betrekkelijke ligging van rood en blauw beeld op het netvlies is dezelfde, wanneer het oog niet voor de blauwe maar voor de roode stralen geaccommodeerd is. Ook dit moge de constructie leeren.

In fig. 2 is AA' weder de oogas, c de fovea centralis, k het knooppunt, $p k c$ de gezichtslijn en α de hoek tusschen oogas en gezichtslijn. Hier nu zijn $r'c$ en $r''c$ de roode stralen, die zich in de fovea c vereenigen. Daarentegen overkruisen zich de sterker breekbare blauwe $b' b$ en $b'' b$ in b en vormen op het netvlies den verstrooiingscirkel $b_1 b_2$, waarvan het streepje, aan de nasaalzijde van c gelegen, het middelpunt (tevens genoegzaam het zwaartepunt der intensiteit) is. - In fig. 1 lag het streepje aan de temporaalzijde van het brandpunt der blauwe stralen; hier ligt het aan de nasaalzijde van dat der roode stralen: in beide gevallen is dus de betrekkelijke ligging van de beelden der roode en blauwe stralen dezelfde en dus ook het stereoskopische effect gelijk.

Inderdaad zien wij bij het fixeeren van de roode punten de blauwe in gekruiste halfbeelden, bij het fixeeren van de blauwe de roode in gelijkzijdige: dus de roode altijd naderbij.

11.

Bij de gewone stereoscopie komen bij het afwisselend fixeeren der meer en minder verwijderde punten, naast de halfbeelden, voor de voorstelling van afstand ook nog de veranderingen van convergentie in aanmerking.

Treedt die insgelijks in werking bij het afwisselend zien naar het roode en blauwe punt?

Dit zou het geval zijn, wanneer men, met de verandering van het gefixeerde punt, niet tevens de accommodatie wijzigde naar de kleur: dan zou het verschil van lig-

ging der halfbeelden, in betrekking tot het gefixeerde punt, inderdaad verandering van convergentie meebrengen. Maar bij jeugdige personen althans zal de accommodatie voor het nieuw gefixeerde punt wel onbewust in werking treden, en dan wordt onveranderlijk dezelfde convergentie gevorderd, welke ook de breekbaarheid zij van het licht. Intusschen, waar van convergentie-verandering geen sprake zijn kan, doet zulks, zooals stereoscopische proeven onder verlichting met den electrischen vonk te over leerden, mits de oogen zich op een bepaald punt richten konden¹⁾, weinig afbreuk aan de stereoscopische voorstelling.

12.

Bovenstaande uitkomsten werden verkregen in de onderstelling (fig. 1 en 2), dat in het asymmetrische oog de oogas loodrecht midden door de pupil gaat. Hiertoe nadert inderdaad de ligging van de pupil in een vrij groot aantal oogen. Het snijpunt der gezichtslijn is dan naar de nasaalzijde in de pupil verschoven, des te meer, zooals een blik op fig. 1 en 2 leert, hoe grooter de hoek α is en hoe dieper het knooppunt ligt, en in verband hiermede schijnen, zooals gebleken is, de roode figuren nader dan de blauwe.

Maar in de meeste oogen beantwoordt het midden der pupil niet aan de ongeveer door het midden der cornea gaande oogas en is naar de nasaalzijde verschoven. Dit blijkt vaak reeds bij eenvoudige beschouwing van het oog en is verder uit de bepalingen van H o r s t m a n²⁾ en anderen overtuigend gebleken. Zoodoende kan de gezichtslijn, vooral wanneer hoek α betrekkelijk klein is, het midden der pupil bereiken en zelfs overschrijden.

1) Vgl. de proeven van D o n d e r s , in Ned. Archief voor genees- en natuurkunde. II. bl. 303. 1865.

2) Idem 3^{de} Serie D.V. bl. 177.

Er is nu wel geen nadere constructie noodig, om te doen inzien, dat daarmee de roode en blauwe punten in hetzelfde vlak worden gezien, - resp. bij het overschrijden der pupil, de blauwe zelfs meer naar voren dan de roode. Van de individueele verschillen, die in de betrekkelijke diepte-ligging van de roode en blauwe punten worden waargenomen, is hiermede rekenschap gegeven.

13.

De beteekenis van de zijdelingsche verschuiving der pupil voor de diepteligging der gekleurde beelden laat zich proefondervindelijk op verrassende wijze aantoonen. Daartoe heeft men slechts de pupillen van de neus- of van de slaapzijde te bedekken. De partiëele bedekking aan de slaapzijde staat gelijk met de verschuiving der pupil naar de neuszijde en, omgekeerd, de bedekking aan de neuszijde met de verschuiving naar de slaapzijde. Wie de roode letters vóór de blauwe ziet, behoeft slechts de pupillen van de slaapzijde te bedekken, om de roode te zien terugtreden en weldra achter de blauwe te zien wijken, en bedekt hij de pupillen van de neuszijde, dan treden de roode meer en meer naar voren, - bij het nemen der proef op eenen afstand van 4 of 5 meters, ten slotte tot verscheiden decimeters. En wie de blauwe letters vóór de roode ziet, bedekke de pupillen van de neuszijde en hij zal de blauwe eerst in het vlak der roode zien wijken en het vervolgens zien overschrijden.

Het bedekken der pupillen kan geschieden met een paar smalle visite-kaartjes, liefst zwart gemaakt. Ook één kaartje, voor één der oogen geschoven, vertoont reeds het genoemde effect, doch slechts ten halve en bovendien niet ongestoord, omdat het halfbeeld van het bedekte oog daarbij aan lichtsterkte verliest. Voor nauwkeurige proeven, met quantitative bepaling, moet men

het hoofd bevestigen (door inbijten der tanden) en twee plaatjes voor de oogen schuiven, die door schroeven, met in tegengestelden zin gesneden draad, gelijktijdig de randen der pupillen bereiken en bij verder draaien zich symmetrisch van en naar elkander bewegen.

Sterk vertoont zich vooral het effect, wanneer men de pupillen beide door atropine heeft verwijd, en men kan dan gebruik maken van plaatjes met ronde openingen, die zich als kleine pupillen symmetrisch nasaal- en temporaalwaarts voor de groote pupillen laten bewegen.

De hier medegedeelde proeven zijn niet alleen gewichtig, omdat zij den invloed van de ligging der pupil ontwijfelbaar aantonen, maar bovendien, omdat ze, voor eenieder, allen twijfel omtrent verschil van diepte-ligging bij onbedekte pupillen opheffen.

14.

Bij *B r u e c k e*¹⁾ vinden wij, onder den titel: ‘mangelhafte Centrirung’, een waarneming geboekt, die de relatieve verschuiving van verschillend gekleurde beelden voortreffelijk illustreert. Met één oog naar een rechte verticale streep ziende, boven en onder rood, in het midden blauw, op zwarten grond, merkte hij op, dat het blauwe stuk naar de eene, de beide roode naar de tegengestelde zijde zijn afgeweken, en wel voor verschillende oogen in verschillende richting.

B r u e c k e ziet daarin het bewijs, ‘dass das menschliche Auge nicht richtig centrirt ist, wenigstens nicht um die Gesichtslinie, wenn wir die Erscheinung im directen Sehen wahrnehmen’.

Tot verklaring behoeven wij echter niets anders dan de beschreven asymmetrie. Afwisselend het eene en het

1) Vorlesungen über Physiologie. 3^e Aufl. B. 2 S. 195. Wien. 1884.

andere oog bedekkende, bemerkt men eene verschuiving der blauwe en roode gedeelten in tegengestelden zin, en ziet men nu met beide oogen, zoo ontwikkelt zich uit de halfbeelden een verschil van afstand, waarbij de mediaanwaarts verschovene het voorste, de temporaalwaarts verschovene het achterste beeld vormen. Ook laat zich door bedekking der pupil van de slaap- en van de neuszijde de afwijking van het eene oog vermeerderen en verminderen, opheffen en omkeeren, en beide pupillen gelijktijdig van de slaap- of van de neuszijde bedekkende, verkrijgt men de corresponderende stereoscopische afstanden. Zoo stelt de streep van *B r u e c k e* al de door ons beschreven verschijnselen in het licht, en maakt door de zichtbare verschuiving der halfbeelden de verklaring nog handtastelijker dan de letterteekens: alléén het stereoscopische effect komt met deze laatste duidelijker en meer overtuigend te voorschijn.

Op onze plaat vindt men, onder *BLAUW* en *ROOD*, ook de streep van *B r u e c k e*, die men bij de proef verticaal moet houden. Levendiger gekleurde lijnen op zwart fluweel voldoen beter.

15.

Prof. *D o n d e r s* had reeds opgemerkt, dat, in strijd met de accommodatie-hypothese, sommige personen de roode letters niet vóór de blauwe, maar integendeel ontwijfelbaar de blauwe vóór de roode zagen. Ik heb nu bij een dertigtal personen, op een afstand van ongeveer 3 M., de betrekkelijke ligging van rood en blauw nader bepaald, daarbij ook steeds de symmetrische bedekking der pupillen aan de slaap- en aan de neuszijde in aanwending brengende. Het resultaat is, dat ongeveer de helft rood vóór blauw, de helft blauw vóór rood ziet. Bijna allen verklaren, terstond verschil te zien. Het

verschijnsel is voor velen zelfs treffend: zij twijfelen noch weifelen. Bij een tiental was de indruk echter zwakker. Deze spraken van een klein verschil, 0.5 c.M. bijv.; maar 't was duidelijk, dat ze in den beginne althans onzeker waren en later ook nog wel eens twijfelden. Slechts twee verklaarden pertinent, dat, ook bij afwisselend fixeeren van de roode en blauwe letters, zich geen verschil van afstand ontwikkelde. Maar ook deze zagen bij temporale bedekking toch onmiddellijk blauw vóór rood, bij mediane rood vóór blauw. Zij, die meer of minder onzeker waren, kwamen, na de proeven met bedekking te hebben verricht, niet zelden tot een vaste overtuiging omtrent een klein verschil van diepte, ook bij ongedekte pupillen. Bij sommigen, die geen afstandsverschil zagen, vonden wij de oorzaak in het ontbrekende binoculair zien. Scherp behoeven de beelden niet te zijn: Prof. D o n d e r s ziet, na het wijken zijner accommodatie, bij 1 D. verkregen hypermetropie, terwijl vooral de roode letters zich nu vrij diffuus vertoonen, het verschijnsel even duidelijk als vóór 17 jaar.

Voor de zekerheid der uitkomst is het van gewicht, dat de letters goed verlicht zijn en, waar de gezichtsscherpte te wenschen overlaat, de afstand betrekkelijk klein. Voorts zorg men, dat de bedekking der pupillen binnen zekere grenzen blijve en op beide oogen ongeveer gelijk zij. Wordt slechts één beeld gezien of het tweede zeer lichtzwak, dan verdwijnt natuurlijk het effect. Intelligente personen merken dit zelve op; maar anderen spreken dan van een twijfelachtig verschil, tot ze, hunne dwaling bemerkende, plotseling met verwondering en met nadruk te kennen geven, dat de eene regel één of meer decimeters voor de andere gesprongen is. - Uit onderstaande tabel volgt niet, dat geslacht of leeftijd op het verschijnsel van invloed zijn.

N ^o .	N A A M .	Leeftijd in jaren.	Pupil onbedekt.		Temporale Mediane bedekking.		AANMERKINGEN
			c.M.	c.M.	c.M.	c.M.	
	Mannelijk geslacht.			b r		r b	
1	Prof. Donders	67	r b 8 ¹⁾	10		30	
2	Goenee	58	r b 2	20		20	
3	Prof S.	50	b r 4	8		8	
4	Dr. W.	37	r b 0.5	0.5		3	Myopie 3
5	v.L.	31	b r 6	50		15	
6	V.	28	r b 5	2		20	
7	S.	27	r b 2	2		10	Myopie.
8	K.	26	b r 2	30		10	
9	D.	26	b r 3	30		6	
10	D.	26	r b 3	5		10	Hypermetropie
11	Sch.	26	vlak	30		30	
12	W. Einthoven	25	r b 5	3		12	
13	F.	24	b r 0.5	15		15	
14	H.	24	b r 1	30		2	
15	N.	23	r b 2	4		5	
16	R.K.	22	b r 0.5	10		10	
17	E.E.	20	b r 0.5	10		6	
18	H.S.	20	r b 0.5	10		20	
19	R.V.	19	b r 2.5	6		2	
20	F.v.H.	19	r b 2	10		10	
21	J.E.	14	b r 3	15		15	
22	W.L.E.	12	r b 1	10		10	
	Vrouwelijk geslacht.						
1	Mevr. S.	52	r b 2	5		8	
2	Mevr. E.	51	r b 0.5	25		25	
3	Mevr. J.	34	b r 8	40		6	
4	Mej. C.E.	27	b r 1	15		15	

- 1) r b beteekent: rood vóór blauw gezien.
b r beteekent: blauw vóór rood gezien.

5	Mej. E.v.D.	20	r b 3	6	6
6	Mej. Ch. Fr.	19	r b 2	4	4
7	Mej. B.E.	18	b r 1	5	4
8	Mej. H.K.	18	b r 4	10	4
9	Mej. P.E.	15	r b 4	17	2
10	Mevr. D.	60	b r 3	9	9

16.

Op de voorafgaande tabel vindt men de afstanden rood vóór blauw ($r b$) en blauw vóór rood ($b r$) in centimeters aangegeven, zooals ze door verschillende waarnemers, op een afstand van ongeveer 3 M., werden geschat. Bij Prof. D. en bij mij zelven werd nader bepaald, hoever de roode letters zich in werkelijkheid achter de blauwe moesten bevinden, om schijnbaar met deze in hetzelfde vlak te liggen. En van den daarbij gevonden afstand uitgaande, konden wij nader bepalen, met welken graad van nauwkeurigheid iedere ligging buiten dat vlak geschat werd.

Die nauwkeurigheid heeft mijne verwachting overtroffen.

Ten behoeve dier bepaling werd het blad in twee helften verdeeld, een onderste met de blauwe, een bovenste met de roode letters. Het onderste is met zijn bovenrand bevestigd aan een horizontaal plankje met sleuf, in welke een tweede plankje, dat het bovenste blad draagt, naar voren en achteren verschuifbaar is: de werkelijke afstand tusschen de platen is op het onderste blad af te lezen. Het toestel wordt op een standaard geplaatst op zoodanige hoogte, dat de grens tusschen de beide platen in het vlak der horizontaal gerichte gezichtslijnen ligt. Op drie meters afstand had Prof. D o n d e r s (zie tabel) $r b$ op 10 c.M. geschat. Bij bepaling met het toestel vindt hij gemiddeld 11, met gemiddelde fout (gemiddelde afwijking van de gemiddelde) $m_1 = 0.8$.

Terwijl hij de oogen sluit, wordt nu rood op verschillende afstanden achter blauw ingezet (a), geschat, hoever daarbij rood vóór ($b. +$) of achter ($b. -$) blauw gezien wordt en door optelling of aftrekking gevonden, hoe groot $r b$ was.

a.	7	9	9	11	13	11	10	8	12	10	c.M.
b.	+ 2.5,	+ 1,	+ 2,	- 1.5,	- 2,	- 0,	- 0,	+ 2,	- 1,	+ 2	„
r b	9.5	10	11	9.5	11	11	10	10	11	12	„

gem. 10.5, met $m_1 = 0,7$.

Hieruit blijkt, dat er nooit vergissing voorkwam omtrent het al of niet genoegzame der verschuiving, en dat de schatting der afwijking van de gevorderde vrij nauwkeurig was.

Toch wordt op de grens van het juiste inzetten door Prof. D o n d e r s een wankelen waargenomen, waarvan de oorzaak niet gebleken is. Zij zou kunnen gelegen zijn in veranderingen van de middellijn der pupil, waarvan het middelpunt bij de verschillende graden van verwijding zich meer of min verplaatsen kan. Soms scheen de poging tot accommodatie het blauw wat naar voren te brengen. Bleef bij die poging (op 67-jarigen leeftijd) de accommodatie ook genoegzaam uit, pupilvernauwing was daarbij duidelijk te zien: dientengevolge vertoonden de letters zich ook minder diffuus.

Merkwaardig is de invloed van de parallaxe, die ontstaat ten gevolge van het verschil van afstand der beide platen bij beweging van het hoofd. Bevindt de plaat met roode letters zich 10 c.M. achter die met blauwe en schijnen beide nu genoegzaam in hetzelfde vlak te liggen, dan treden de blauwe sterk naar voren, zooals ze werkelijk liggen, ten gevolge der parallaxe bij het heen en weer bewegen van het hoofd.

Dezelfde proeven bij mij zelve verrichtende, zag ik bij verschuiving van gemiddeld 4 c.M. (met $m_1 = 0.32$) der roode achter de blauwe, beide in hetzelfde vlak. Tien waarnemingen leverden nu

a.	7	9.5	3	1	- 4	8	6	4	15	10
b.	- 3	- 8.5	+ 1	+ 3	+ 8	- 4	- 2	0	- 13	- 7
r b	4	1	4	4	4	4	4	4	2	3

De Heer v a n L o o n ziet blauw vóór rood. Hij verlangt de blauwe letters ruim 1 c.M. achter de roode, om beide in hetzelfde vlak te zien. Dien afstand verlangt hij met groote nauwkeurigheid, en hij vergist zich nooit in het te veel of te weinig, wanneer 0.5 c.M. van de gevonden gemiddelde wordt afgeweken.

17.

Is het verklaard en proefondervindelijk gebleken, dat de ligging der pupil, in betrekking tot de gezichtslijn, het verschijnsel bepaalt, zoo ligt daarin wel opgesloten, dat de individueele verschillen ook hiervan afhankelijk zijn. Toch zou men, om andere factoren uit te sluiten, nog wenschen, het resultaat uit den bouw van ieder oog te kunnen afleiden. Dit levert echter meer bezwaar dan men zou vermoeden. Rechtstreeks laat zich, zoover ik kan inzien, de betrekking van de gezichtslijn tot de pupil niet bepalen¹⁾. Om ze te berekenen, moet men de richting van de oogas en van de gezichtslijn en daarmee hoek α kennen, voorts de diepteligging van het pupilvlak, wat niet met groote nauwkeurigheid geschieden kan, en die van het knooppunt, die eerst uit de bepaling van het geheele dioptrische stelsel volgen zou en ook al aan nauwkeurigheid te wenschen overlaat: want, inderdaad, zooals bij de

- 1) Men kan zeer wel met den ophthalmometer de ligging van het reflexie-beeld eener in de gezichtslijn geplaatste vlam, in betrekking tot de pupil, bepalen, en ook wel het oog zooveel graden buiten de as van den ophthalmometer laten richten, dat dergelijk reflexie-punt juist in het midden der pupil valt; maar die bepalingen leiden niet tot het doel, omdat het krommingsmiddelpunt der cornea, dat de richting bepaalt, waarin het reflexie-beeld gezien wordt, niet met het knooppunt samenvalt: diepteligging van pupilvlak en knooppunt zouden dus in elk geval nauwkeurig moeten bekend zijn.

berekening blijken zal, zijn kleine verschillen hier van grooten invloed.

Toch ontbreken niet de aanwijzingen, dat het ook voor de individueele verschillen hoofdzakelijk of uitsluitend op de verhouding der gezichtslijn tot het pupilvlak aankomt. Waar de oogas genoegzaam door het midden der pupil gaat en tevens hoek α betrekkelijk groot is, zooals o.a. bij Prof. D o n d e r s , bij den amanuensis G o e n e e en bij mij zelven, treedt, naar het schijnt zonder uitzondering, het rood sterk vóór het blauw; en waar de pupil naar de mediaanzijde van de oogas verschoven is en hoek α eer klein dan groot, vertoont zich omgekeerd het blauw vóór het rood. Met deze uitkomst, die trouwens niet zoo onvoldoende is, hebben wij ons moeten tevreden stellen.

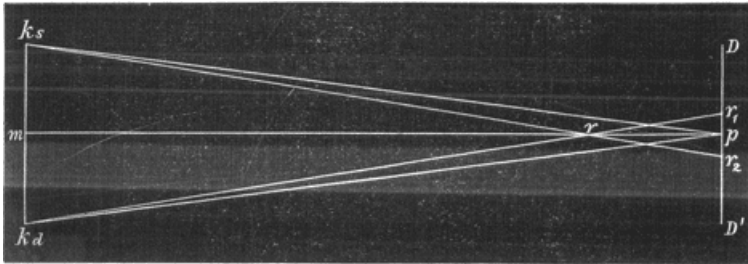


Fig. 3.

18.

Uit het afstandsverschil berekenden wij de verschuiving van rood tegenover blauw op het netvlies.

In fig. 3 stellen k_d en k_s de knooppunten voor van rechter en linker oog: $p m$ staat loodrecht op het midden der lijn, die k_s en k_d verbindt. Beide oogen fixeeren het blauwe lichtpunt p , waarvoor zij geaccommodeerd zijn, zoodat $k_s p$ en $k_a p$ de gezichtslijnen zijn. Het roode lichtpunt, dat zich insgelijks in p bevindt, wordt door beide oogen in r gezien. Op het vlak $B B$

zal dus r door het rechter oog geprojecteerd worden in r_1 en aldaar een schijnbare verschuiving van rood tegenover blauw te voorschijn roepen, ter grootte van $p r_1$. In de driehoeken $r m k_d$ en $r r_1 p$ is

$$p r_1 : k_d m = p r : r m$$

De afstand nu mijner oogen bedraagt ongeveer 60 m.M., en op een afstand van 3 M. schijnen mij de roode letters ± 4 cM. vóór de blauwe te staan.

Wij hebben dus

$$m k_d = 30 \text{ m.M.}$$

$$p r = 40 \text{ m.M.}$$

$$p m = 3000 \text{ m.M.}$$

De berekening geeft nu:

$$p r_1 = 0,405 \text{ m.M.}$$

Deze uitkomst strookt voldoende met de hoeveelheid van verschuiving, door mij aan de streep van B r ü e k e op 3 M. afstand waargenomen.

Om nu den scheeven stand der pupil te berekenen, waarbij $p r_1 = 0.405$ m.M. zou bedragen, bepalen we eerst de grootte van het netvliesbeeld van een voorwerp $p r_1$ op een afstand van $p m$, naar de formule $\beta : B = g_2 : g_1$, waarin B het voorwerp, β het netvliesbeeld, g_2 de afstand van k tot de fovea (ongeveer 15 m.M.) en $g_1 = m p$ is. Zodoende vinden wij voor β de kleine waarde van 0.0020 m.M.

Uit deze verschuiving berekenen wij nu verder, welke afwijking der gezichtslijn uit het midden der pupil daardoor wordt ondersteld.

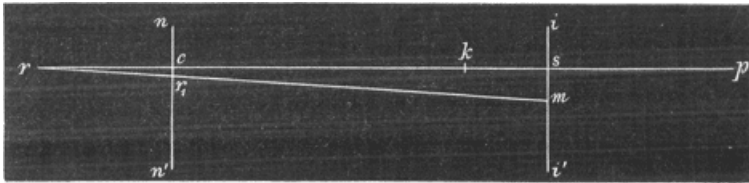


Fig. 4.

In fig. 4 stelt $i i'$ het pupilvlak, $n n'$ de retina, c de fovea centralis, s het snijpunt van gezichtslijn en pupilvlak en m het middelpunt der pupil voor. Het oog is geaccommodeerd voor de blauwe stralen van het witte lichtpunt p , en voor zooverre deze in het oog opgevangen worden, komen zij in c samen. De roode stralen van hetzelfde punt worden dan ergens op het verlengde der lijn $s c$, bijv. in r , vereenigd. Het zwaartepunt van den rooden verstrooiingscirkel ligt in het snijpunt r_1 van $m r$ en $n n'$, zoodat de grootte der verschuiving op het netvlies, β voorgesteld wordt door $c r_1$. In de driehoeken $r r_1 c$ en $r m s$ hebben we:

$$s m : c r_1 = s r : c r.$$

Stellen we de waarden in plaats van de letters, voor $c r_1 = \beta = 0,0020$ m.M. en voor $s r = s c + c r = 19 + 0.4$ (zijnde 0.4 ongeveer het berekende verschil der brandpunts-afstanden voor de kleuren, die wij voor onze letters gebruikt hebben), dan vinden we $s m = 0.10$ m.M.

Men ziet hieruit, dat slechts een geringe afwijking der gezichtslijn van het middelpunt der pupil gevorderd wordt, om reeds een belangrijk afstandsverschil van roode en blauwe figuren voort te brengen.

19.

Zooals wij boven reeds hebben opgemerkt, treedt het afstandsverschil van roode en blauwe figuren veel minder duidelijk te voorschijn op een witten dan op een zwarten achtergrond. De oorzaak daarvan is te zoeken in de kleurschifting, die wij aan den rand van een wit vlak op donkeren grond waarnemen.

Bij het gewone zien, bemerken we, bij voldoende accommodatie, van kleurschifting aan de randen van een wit vlak (ook op zwarten grond) weinig of niets. De oorzaak daarvan

ligt voor een deel in de zwakte der grenskleuren rood en blauw en in de groote intensiteit der middenstralen. Duidelijk daarentegen wordt, zooals reeds *Newton* wist, de kleurschifting bij partiëele bedekking der pupil. De verklaring daarvan zocht *Helmholtz*¹⁾ in de ligging der gezichtslijn, in betrekking tot de verkleinde pupil. Intusschen zegt hij uitdrukkelijk, dat witte vlakken, voor welke het oog nauwkeurig geaccommodeerd is, geen gekleurde randen vertoonen, zoolang de pupil geheel vrij is. Terwijl mij nu gebleken was, dat ook in het ongedekte oog bij de meeste individuen de gezichtslijn niet door 't midden der pupil gaat, onderstelde ik, dat ook zonder pupilbedekking bij volkomen accommodatie eenige kleurschifting zou worden gezien, en vond mijne onderstelling bevestigd bij het houden van een dof zwart staafje op armslengte van het oog, in loodrechten stand tegen eene helder witte wolk gekeerd. Men ziet dan, scherp accommodeerende, met één oog, den eenen rand blauwachtig, den anderen roodachtig, wat door verwisseling der kleuren, bij afwisselend fixeeren met rechter en linker oog, nog duidelijker wordt. Bij het binoculaire zien verdwijnen de gekleurde randen, wat zijn verklaring vindt in de symmetrie der beide oogen onderling, ten gevolge waarvan blauw en rood op congrueerende plaatsen der netvliezen vallen en elkanders werking grootendeels neutraliseeren.

Die kleurschifting nu is het, die bij witten achtergrond aan het afstandsverschil van roode en blauwe figuren afbreuk doet. Wij hebben ons daarbij eene verschuiving der samenstellende kleuren van het aangrenzende wit te denken, zooals wij die in de verticale streep van *Brücke*

1) *Physiol. Optik.* p. 129.

van het rood tegenover het blauw waarnemen. Stellen wij, dat voor een der oogen een roode letter op witten grond naar de linker zijde verschoven is, dan zal door de kleurschifting van het wit, dat haar aan de rechterzijde begrenst, rood te voorschijn treden en, omgekeerd, aan de linkerzijde, naast het zeer zwakke violet en blauw, het heldere blauwgroen, dat ongeveer de complementaire kleur van rood, is. Zoodoende wordt aan de rechterzijde het rood aangevuld en aan de linkerzijde door de complementaire geneutraliseerd, zoodat beide randen nagenoeg op hunne plaats blijven, en van de schijnbare verschuiving (de streep van *B r ü c k e* op witten grond kan het ons leeren) dus weinig of niets overblijft. En hetzelfde geldt, *mutatis mutandis*, voor het andere oog en voor het blauw.

Daarmede moet nu ook de stereoscopische indruk van afstandsverschil voor een groot deel wegvallen.

20.

Zooals boven reeds werd opgemerkt, hebben brilglazen een invloed op den schijnbaren afstand onzer roode en blauwe letters.

Houden wij positieve glazen vóór de oogen, met de assen temporaalwaarts van de gezichtslijnen, dan treden de blauwe letters meer naar voren, daarentegen de roode, wanneer de assen mediaanwaarts van de gezichtslijnen zijn afgeweken. Een geringe zijdelingsche verschuiving brengt den invloed reeds duidelijk te voorschijn, te duidelijker hoe sterker de glazen. Negatieve glazen veroorzaken bij gelijke afwijking der assen de tegengestelde werking.

Om het effect der brilglazen te verklaren, wijzen wij in de eerste plaats op dat van zwakke prismata. Vóór de oogen gehouden, met de brekende kanten naar binnen, verplaatsen zij de letters van beide kleuren mediaan-

waarts, de blauwe echter meer dan de roode, en 't gevolg is, dat gene meer naar voren treden dan deze. En keeren we de prismata om, met de brekende kanten naar buiten, dan zien we, zoover de glazen toelaten de halfbeelden te vereenigen, de roode meer naar voren treden dan de blauwe.

De brilglazen nu, bij zijdelings afgeweken assen, werken als prismata. Slechts van een bepaald gedeelte van het brilglas ontvangt de pupil de doorgetreden stralen. Ligt dat gedeelte buiten de as, dan kan men de brekende werking ontleden in die van convergentie of divergentie en in die van prismatische dispersie. Terwijl de eerste het beeld geeft, is de laatste op ieder punt des te sterker, hoe grooteren hoek de tangenten van de beide vlakken (in de richting der horizontale meridianen) op de plaatsen van doortreding met elkander maken. Zij is dus het grootst voor de peripherische gedeelten der glazen. Aan een groote lens (een leesglas bijv.) kan men zich gemakkelijk daarvan overtuigen: beweegt men een dergelijke lens heen en weer voorbij het oog, terwijl men de grens fixeert tusschen het rood en blauw eener rechtstandige streep van *B r ü c k e*, dan ziet men het blauwe en het roode stuk een weinig voorbij elkander schuiven, in toenemende mate, naar gelang men de grenzen nadert, en wel aan elke zijde in tegengestelde richting.

Het bepaalde gedeelte van de lens, door hetwelk de pupil hare stralen uit één punt ontvangt, werkt dus kleurschiftend als een prisma, en de invloed van brilglazen op den schijnbaren afstand onzer roode en blauwe letters is daarmee verklaard.

Gewone brilglazen van één dioptrie zijn reeds voldoende, om het effect van de gewone excentriciteit der gezichtslijn in de pupil, zooals ze bij Prof. *D o n d e r s* en bij mij voorkomt, te neutraliseeren.

21.

Fixeeren wij een punt met beide oogen, zoo zijn de halfbeelden van een tweede punt voldoende, om over zijne ligging vóór of achter het gefixeerde te oordeelen. Dit is gebleken bij stereoscopisch onderzoek. Een slechts even merkbaar lichtpunt in een donker kastje fixeerende, krijgen wij een juiste voorstelling omtrent de plaats van een elektrischen vonk, die zich in zijne halfbeelden vertoont¹⁾. Die halfbeelden zijn gelijkzijdig, wanneer de vonk op grooteren afstand ligt, ongelijkzijdig, wanneer hij op kleineren afstand ligt dan het gefixeerde punt. Maar wij zijn niet in staat te beoordeelen, met welk der oogen we het eene en het andere halfbeeld zien. Dit belet niet, dat zij onderling zouden kunnen verschillen, en dat dit verschil ons onbewust tot de juiste voorstelling zou kunnen voeren.

Nu is uit ons onderzoek gebleken, dat, althans in verreweg de meeste oogen, de twee halfbeelden ten aanzien der kleurschifting verschil moeten opleveren, en het kwam mij daarom niet onbelangrijk voor, na te gaan, of onbewust daaruit eenige aanwijzing werd geput. We deden daarom de proeven met het kastje van *Donders*, daarbij door symmetrische bedekking der pupillen van de slaap- en van de neuszijde de kleurschifting der halfbeelden voor de beide oogen omkeerende: het resultaat was, dat die omkeering zonder invloed was op de voorstelling van afstand. Het blijkt dus, dat onze stereoscopische voorstelling niet onbewust met die kleurschifting te rade gaat. Of en waaraan deze dienstbaar zou kunnen zijn, blijft nu voorloopig een raadsel.

1) *Donders*, in *Nederlandsch Archief voor genees- en natuurkunde*, 1865. II. bl. 303.

22.

Het schijnt niet onbelangrijk, te onderzoeken, in welk verband de excentrische ligging der pupil staat tot het viseeren. Het viseeren is het oog zoodanig plaatsen, dat punten, die op verschillende afstanden van het oog in een rechte lijn liggen, elkander schijnen te dekken. Zij liggen dan op een viseerlijn¹⁾, en wel, bij het fixeeren, op de viseerlijn van het direkte zien. Aan de viseerlijn beantwoordt een aan alle op haar gelegen punten gemeenschappelijke lichtstraal. Deze straal kan in het oog slechts in ééne richting gebroken worden. Hij is in de lucht op het midden der schijnbare pupil gericht, gaat door het midden der werkelijke en loopt in het glasvocht, verlengd, door het midden van het lensbeeld der pupil. Bij gevolg liggen de verstrooiingscirkels van de punten eener viseerlijn concentrisch om dezen straal in het glasvocht en dekken hunne middelpunten elkaar op de retina.

H e l m h o l t z onderstelt, dat de gezichtslijn midden door de pupil gaat, in welk geval gezichtslijn en viseerlijn zouden samenvallen. Bij den excentrischen stand der pupil maken zij echter een hoek in het gefixeerde punt, waarvoor men geaccommodeerd is, welke hoek gevormd wordt door de lijnen, die het bedoelde punt verbinden resp. met het midden der pupil en met het knooppunt. Die hoek is 0° , wanneer het fixatiepunt oneindig ver is verwijderd, doch hij stijgt met het verminderen van diens afstand, waaraan hij genoegzaam omgekeerd evenredig is. Wanneer nu het oog achtereenvolgens voor verschillende op de viseerlijn gelegen punten met blijvende fixatie accommodeert, dan moet de richting der gezichtslijn zich telkens wijzigen, het oog zich dus draaien.

1) H e l m h o l t z . Physiol. Optik. S. 99.

En om hierbij aan de conditie te blijven voldoen, dat de punten der viseerlijn concentrische verstrooiingscirkels geven, moet het midden der pupil dezelfde plaats in de ruimte behouden. De as, om welke het oog zich bij de verandering van richting draait, gaat dus door dat midden.

Dat bij 't viseeren de pupil onveranderlijk een bepaalde plaats in de ruimte moet innemen en de richting der gezichtslijn daarbij onverschillig is, laat zich gemakkelijk experimenteel bewijzen.

Men houde dicht voor het oog een plaatje met kleine opening, die daardoor de beteekenis eener kleine pupil verkrijgt, en plaatse het zóó, dat twee voorwerpen, waarvan het eene eenige centimeters, het andere eenige meters van het oog verwijderd is, juist op elkaar gezien worden. Beweegt men het gaatje (de kleine pupil) vóór het stilstaande oog, dan neemt men een sterke parallaxe tusschen de twee voorwerpen waar. De parallaxe blijft echter uit, wanneer het plaatje bevestigd is en men het oog er achter heen en weer beweegt.

Het bovengezegde geldt voor het viseeren van gelijk gekleurde punten. Twee roode punten en één blauw, die op verschillende afstanden van het oog in een rechte lijn liggen, kan men bij excentrisch staande pupil nimmer op elkaar brengen. Van de drie daarvan uitgaande lichtstralen, die, naar de boven gegeven voorstelling, met de viseerlijn samenvallen, wordt de blauwe naar eene andere richting gebroken dan de beide roode; en de verstrooiingscirkel van het blauwe punt zal dus ten opzichte van de concentrische roode verstrooiingscirkels verschoven zijn.

Men zal hebben ingezien, dat het hier medegedeelde

voor de keuze van een o p z e t (visierkeep of gaatje) en voor de theorie van het richten van vuurwapenen niet zonder beteekenis is. Het scheen ons hier echter niet de plaats toe, om daarover uit te weiden.

23.

De eerste aanleiding tot ons onderzoek lag in de vraag, of de schilder, afgezien van luchtperspectief, van kleurverschil kan gebruik maken, om de illusie der derde dimensie te bevorderen: bij de accommodatie-hypothese, die onderstellen mocht, dat op alle personen kleurverschil een gelijken invloed hebben zou, was dat zeer aannemelijk. 't Is nu echter gebleken, dat bij verschillende personen dezelfde kleuren een tegengestelden invloed hebben op de voorstelling van afstand. Voor sommigen schijnen, zooals onze gekleurde letters leerden, warme, voor anderen koele kleuren naderbij: de kleur, die voor den een de illusie der derde dimensie zou bevorderen, kan haar dus bij den ander afbreuk doen. Deze uitspraak berust op de direkte uitkomst der waarneming, onafhankelijk van alle theorie.

Intusschen, terwijl het verschiet door luchtperspectief koeler wordt, is men gewoon, aan die koele kleur de voorstelling van afstand te verbinden. En 't is meer dan waarschijnlijk, dat men de neiging daartoe ook op de kleur van nabij gelegen voorwerpen overdraagt, waarbij van luchtperspectief geen sprake zijn kan.

24.

Hebben wij in de excentrische ligging der gezichtslijn, in betrekking tot de pupil, een machtigen factor leeren kennen voor den schijnbaren afstand tusschen figuren van verschillende kleur, wij mogen niet beweren, dat de invloed der accommodatie daarom is uitgesloten. Integendeel, hij blijft waarschijnlijk, wanneer

wij letten op den belangrijken invloed, dien de aanstoot tot convergentie, in verband met dien tot accommodatie, op de voorstelling van afstand uitoefent.¹⁾ Regelmatig zou hij kunnen ten gevolge hebben, dat het roode nader treedt, 't blauwe zich verwijdert; maar terwijl hij zeker klein is, in vergelijking met dien der excentrische ligging van de gezichtslijn, zal hij wel zelden of nooit de overhand krijgen.

Voor hare beteekenis ook blijft de mikropsie pleiten, die, zooals wij bij den aanvang vermeldden, na indruppeling van atropine door velen werd waargenomen, en die, zoover ik kan nagaan, in de werkelijke grootte of in andere eigenschappen der netvliesbeelden haren grond niet hebben kan. Ik ben niet in staat geweest, het verschijnsel zoo nauwkeurig te bestudeeren, als ik wel gewenscht had, omdat het zich bij mij zelven niet vertoonde, en ook bij vele anderen, die zich aan de proef onderwierpen, uitbleef. - Zou het mogelijk zijn, dat F ö r s t e r , die het nooit zag ontbreken, aan sommigen de voorstelling wel wat heeft opgedrongen? Ik zou althans meenen, te mogen beweren, dat het verschijnsel niet constant is.

Waren mij treffende gevallen voorgekomen, en wel uitsluitend op het ingedruppelde oog, zoo zou ik het der moeite waard hebben gevonden, de grootte en verdere eigenschappen der netvliesbeelden naast elkander te vergelijken, waartoe verschillende middelen, desnoods een zwak prisma met den hoek naar boven of beneden, ons ten dienste staan.

Het zoeken naar de omstandigheden, die de grootte

1) Vergelijk Onderzoekingen, boven aangehaald. 3^{de} Serie. D.I. bl. 146.

van het netvliesbeeld konden wijzigen, bracht mij tot een proef, die hier geen toepassing vinden kan, maar die ik mij veroorloof, ten slotte te vermelden, omdat het effect inderdaad verrassend is. Fixeert men, sterk accommodeerende, door eene kleine opening van ongeveer 0,5 m.M. middellijn, eene fijne naald in de nabijheid, en let men tevens op een verwijderd voorwerp, een gravure bijv. aan den wand, zoo ziet men, bij het bewegen der opening tusschen het oog en de naald, dat verwijderd voorwerp des te kleiner worden, hoe verder de opening van het oog verwijderd wordt en hoe meer men zijn accommodatie-vermogen inspant: den gang der stralen construeerende, bemerkt men, dat de lichtkegel, die bijv. van het bovenste punt van het voorwerp uitgaat en bij accommodatie voor de nabijheid zijn brandpunt vóór het netvlies heeft, slechts randstralen door de kleine opening langs het onderste gedeelte der pupil laat naar binnen treden, die, in het glasvocht op het vereenigingspunt gericht, na overkruising nog verder tot de gezichtslijn naderen en het netvlies nabij de fovea treffen.

Stellingen.

I.

De samentrekking eener spier wordt door temperatuursverhooging voorafgegaan.

II.

Na het afbinden der longen van een kikvorsch wordt de gaswisseling in het darmkanaal verhoogd.

III.

In een en dezelfde zenuwvezel zijn verscheidene geleidingsprocessen mogelijk.

IV.

Verschil van toonhoogte is niet aan verschillende zenuwvezelen gebonden.

V.

Bij vuurwapenen is het viseeren door een fijn gaatje te verkiezen boven dat langs een visierkeep.

VI.

De stand der pupil ten opzichte der gezichtslijn heeft geen invloed op het richten.

VII.

Met pro- en supinatie van den arm gaat steeds rotatie van den humerus gepaard.

VIII.

Bepaaldelijk bij oogoperaties is het bijzonder aan te bevelen de chloroform langzaam toe te dienen.

IX.

Bij een jeugdig persoon met strabismus convergens worde de refractie na indruppeling van een mydriaticum bepaald.

X.

De proeven van M u n k bewijzen het bestaan noch van herinneringsbeelden in de hersenen noch van 'Seelenblindheit.'

XI.

Bij de studie der inwendige geneeskunde streve men naar het vaststellen van ziektebeelden.

XII.

De proeven van Mac-Gillavry (Ned. tijdschr. v. Geneesk. 1876) bewijzen voldoende, dat zenuwprikkeling de ademhaling kan bemoeilijken: voor de verklaring van 'asthma' zijn ze van groot gewicht.

XIII.

De collaterale circulatie is grootendeels mechanisch te verklaren.

XIV.

In vele gevallen is bij retentio urinae de aspiratie te verkiezen boven de punctie met den troicart.

XV.

De beste geneeswijze van een aneurysma bestaat in permanente drukking boven de verwijding, waar deze mogelijk is.

XVI.

De verandering van den bloedsomloop bij een pasgeboren kind is voor het grootste gedeelte uit de verwijding der borstkas bij de respiratie mechanisch te verklaren.

XVII.

Het is dienstig na iederen partus den uterus met een antisepticum te reinigen.

XVIII.

Men geve aan de kinderen op de scholen een hellend werkvlak, en leere hun de lei of het papier, waarop zij schrijven, schuins vóór zich te houden.

XIX.

Het Liernur-stelsel verdient meer algemeene toepassing.

XX.

De grondslag eener gezonde wereldbeschouwing ligt uitsluitend in de kennis der natuur.

XXI.

We beoefenen een tak van wetenschap eerst dan op deugdelijke wijze, wanneer we daarbij niet alleen onze kennis vermeederen, doch ons tevens algemeen ontwikkelen.

XXII.

Horatius verdient navolging, wanneer hij zegt: '*Juppiter det vitam det opes, aequum mi animum ipse parabo.*'