

H. G. HAMAKER.



OVER NABEELDEN.

J. VAN DRUTEN,

Senatus Veteranorum Typographus et Librorum Editor.

UTRECHT — 1899.

OVER NABEELDEN.

OVER NABEELDEN.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD

VAN

DOCTOR IN DE GENEESKUNDE

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT,

NA MACHTIGING VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS

Mr. J. DE LOUTER,

HONDERKMAN IN DE FACULTEIT DER RECHTSGELEERDHEID

VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT

TEGEN DE BEDIENINGEN VAN DE

FACULTEIT DER GENEESKUNDE

TE VERDEDIGEN

op Dinsdag 7 Februari 1899, des namiddags te 4 uren,

DOOR

HENDRIK GERARD HAMAKER,

Geboren te LEIDEN den 9^{en} Mei 1872.

J. VAN DRUTEN,

Senatus Veteranorum Typographus et Librorum Editor.

UTRECHT — 1899.

Gaarne grijp ik de gelegenheid aan, hier mijn dank te betuigen aan de beide Hooggeleerden, onder wier invloed dit Proefschrift is geworden.

Aan U, Hooggel. SNELLEEN mijn dank, omdat Gij 't initiatief tot deze onderzoekingen genomen hebt. Mochten Uwe omvangrijke bezigheden U al noodzaken de hoofdleiding er van aan mijn Hooggeachten Promotor over te dragen, Uwe belangstelling en goede raadgevingen kondt Gij mij gelukkig blijven geven.

Den invloed dien Gij, Hooggeachte Promotor, Hooggeleerde ZWAARDEMAKER, op mijn arbeid hebt uitgeoefend is niet in weinige woorden te beschrijven. Uwe voortdurende belangstelling en leiding, de dagelijksche besprekingen der resultaten en overleggingen voor 't nemen van nieuwe experimenten hebben het meeste tot de wording van dit geheel bijgedragen.

INHOUD.

	Bladz.
HOOFDSTUK I. Inleiding.	1
HOOFDSTUK II. Nabeelden veroorzaakt door momentane licht- indrukken. (Litteratuur)	7
HOOFDSTUK III. Waarnemingen gedaan met een stilstaand licht- beeld	33
HOOFDSTUK IV. Waarnemingen gedaan met een opstelling volgens BIDWELL	59
HOOFDSTUK V. Bespreking der resultaten, en gevolgtrekkingen .	74

HOOFDSTUK I.

Inleiding.

Het ideaal van den zintuigphysioloog, en vooral van hem, die zich speciaal met den gezichtszin bezig houdt, is tot een juiste voorstelling te komen omtrent de processen, die in de retina en in de hersenen door de inwerking van licht worden opgewekt en die 't physiologische correlaat onzer lichtsensaties vormen.

Dat dit het ideaal is, waarnaar gestreefd wordt, is natuurlijk, en blijkt bovendien duidelijk uit veel, dat tot heden over dit onderwerp is gepubliceerd geworden.

Aan deze neiging, die aan alle physiologen eigen is, hebben wij de verschillende licht- en kleurzintheorieën te danken.

Geen dier theorieën is echter in staat alles te verklaren, en een voldoende voorstelling te geven van de processen, die aan onze gezichtsgewaarwordingen ten grondslag liggen. Hiertoe is de kennis der verschijnselen nog niet volledig genoeg, en heerscht er nog te veel verschil van meening.

Het is van veel belang om, geleid door de bestaande en eventueel nieuw zich opdringende theoretische beschouwingen, elk door 't licht opgewekt verschijnsel nader te bestudeeren, ten einde zoo mogelijk meer eenheid in de dienaangaande heerschende voorstellingen te brengen.

Belangwekkend is o.a. op dit gebied het hoofdstuk der *nabebelden*, die 't onderwerp van dit proefschrift zullen zijn.

Onder dezen naam zijn zeer verschillende verschijnselen beschreven en wel in de eerste plaats één, dat eigenlijk niet ten volle recht er op heeft, n.m.l. 't voortduren van den prikkelingstoestand en de daardoor bij ons opgewekte sensatie, nadat 't objectieve proces reeds geëindigd is.

Wanneer licht 't oog treft, nemen wij een lichtbeeld waar, dat echter in tijd niet geheel samenvalt met de inwerking van dat licht; onze sensatie begint n.m.l. iets later en eindigt evenzeer iets later, maar vormt daarom toch één geheel, één enkel beeld, waarvan men m. i. ten onrechte een stuk heeft afgesneden onder den naam van nabeeld, alleen omdat 't in tijd niet geheel samenvalt met 't objectieve proces. Beter ware 't daarom hier te spreken van 't voortduren van den indruk, „*persistance de l'impression*” (PLATEAU.)

Onder nabeelden in engeren zin heeft men dan te verstaan: sensaties, die optreden nadat de eerste indruk is afgevoelen en die van dezen scherp gescheiden zijn, hetzij doordat zij er in kleur duidelijk van verschillen, hetzij doordat zij door een donker interval er van zijn gescheiden.

Alleen in deze beteekenis zal de naam „*nabeeld*” in de volgende bladzijden dan ook worden gebruikt.

Deze eigenlijke nabeelden dan zijn, hoewel vrij kunstmatig, in eenige groote afdeelingen te verdeelen, en wel, in de eerste plaats, in deze twee:

1^o. Die opgewekt worden door zeer sterke (verblindende) lichtindrukken.

2^o. Die veroorzaakt worden door de inwerking van matig of zelfs zwak licht.

De eerste onderscheiden zich in veel opzichten wezenlijk van de laatste, zoowel wat hun duur als hun kleur betreft, en beiden zijn daarom vooralsnog niet onder één gezichtspunt samen te brengen. Het is mogelijk dat er nooit een zuiver physiologische verklaring voor de eerstgenoemde te vinden zal zijn, omdat men hier misschien met een licht pathologische afwijking zou te doen hebben. Dit laatste wordt o.a. veron-

dersteld door HILBERT.¹⁾ die analoge afwijkingen opmerkte in zijn nabeelden door matiger lichtindrukken opgewekt, op dagen dat hij door zwaren arbeid oververmoeid was. Een overeenkomstige oververmoeidheid zou dan ook veroorzaakt worden door de groote intensiteit van de lichtbron (zon, magnesiumlicht etc.).

Wij zullen ons verder alleen bezighouden met de tweede groep der nabeelden, door meer physiologische, matige prikkels veroorzaakt.

Deze worden weder in twee secundaire groepen verdeeld, n.m.l.:

1^o. Nabeelden na momentane lichtsinwerking (een kleine fractie van een seconde).

2^o. Die na langdurige fixatie van 't lichtbeeld (10 sec. en langer).

Deze verdeling is van zelf daardoor ontstaan, dat, vooral bij oppervlakkige beschouwing, de waar te nemen verschijnselen in de beide gevallen in hooge mate verschillen. Hieraan zal men 't ook moeten toeschrijven, dat alsnog geen voldoende pogingen gedaan zijn om beide meer met elkaar in verband te brengen. De onderzoekers, die zich met nabeelden bezighouden, behandelen in den regel meer bepaald één van beide groepen, en niet de beide te zamen.

HELMHOLTZ²⁾ zegt: voor positieve nabeelden heeft men momentane, voor negatieve nabeelden lange lichtsinwerking noodig, en stelt ze, evenals in 't algemeen gedaan is, als twee verschillende verschijnselen tegenover elkaar. SNELLEN³⁾ is misschien de eenige die in beide groepen van verschijnselen analoga heeft gezien.³⁾

Het is hier de plaats eenige aandacht te wijden aan de

¹⁾ Dr. R. HILBERT: Zur Kenntniss des successiven Contrastes. Zeitschr. für Psych. und Phys. der Sinnesorgane. Bd. 4. S. 74.

²⁾ Physiologische Optik S. 516.

³⁾ H. SNELLEN. Notes on vision and retinal perception. BOWMAN lecture 1896.

nomenclatuur, want hierin ontbreekt op 't oogenblik de vereischte eenheid, hetgeen, zooals we zullen aantonen, veelvuldig tot misverstand heeft aanleiding gegeven.

Algemeen gebruikt zijn de woorden „positief” en „negatief”, doch door den een wordt er een andere en meer omvattende beteekenis aan toegekend, dan door den ander.

Reeds in 1851 heeft BRÜCKE ¹⁾ hierop gewezen, en voorgesteld scherper begrensde begrippen aan die woorden toe te kennen.

Vóór dien tijd werden beide adjectieven in tweeërlei zin gebruikt. Wanneer de lichtbron, die het nabeeld had opgewekt kleurloos was, noemde men dat nabeeld positief, wanneer hierin licht was wat in de lichtbron licht en donker wat in de lichtbron donker was. Omgekeerd, beteekende negatief dat in 't nabeeld de verdeling van licht en donker juist tegenovergesteld was aan die van de lichtbron. Was de laatstgenoemde gelijkmatig verlicht, zoodat er geen lichte en donkere gedeelten aan waren op te merken, dan beteekende positief dat 't nabeeld lichter was, negatief dat 't donkerder was dan zijn omgeving. De laatste negatieve nabeelden zijn gewoonlijk zwart met een lichten hof erom, die verreweg 't lichtst is in de onmiddellijke omgeving van 't zwarte nabeeld.

Had men met een gekleurde lichtbron te doen, dan kon daarvoor met positief en negatief ook wel 't zelfde worden bedoeld, doch dan wilde men er gewoonlijk mede zeggen hoe de kleuren van 't nabeeld zich verhielden tot die van de lichtbron zelf. Was het eerste gelijknamig gekleurd met de laatste, dan heette het positief, was het er complementair mede, dan noemde men 't negatief.

Wanneer iemand dus van een gekleurd nabeeld zeide dat 't negatief was, dan zou daar gewoonlijk mede bedoeld worden dat 't complementair gekleurd was ten opzichte van 't aanschouwde voorwerp, doch het kon ook beteekenen dat in

¹⁾ E. BRÜCKE: Versuche über subjective Farben. Pogg. Annalen der Phys. u. Chem. Bd. 84, 1851 S. 418.

't nabeeld licht was, wat in 't beeld donker was en omgekeerd.

Natuurlijk kunnen hierdoor misverstanden ontstaan, wanneer er nabeelden zijn die wel complementair gekleurd, doch in de andere beteekenis positief zijn. Zoo'n nabeeld zal door den een positief door den ander negatief genoemd kunnen worden. En zulke nabeelden zijn er werkelijk, die n.m.l. sterk licht zijn, veel lichter dan hun omgeving, dus hierom positief, maar complementair gekleurd en hierom negatief.

BRÜCKE stelt voor, de beide woorden alleen te gebruiken in den zin dien zij in de photographie hebben, dat is dus alleen om aan te duiden, hoe de verdeling van licht en donker in 't nabeeld zich verhoudt tot die van de lichtbron.

Heeft men nu met gekleurde nabeelden te doen, dan beschrijve men die kleur eenvoudig; men heeft dan aan gekleurde nabeelden dus altijd twee qualificaties toe te voegen en zal spreken b.v. van positief gelijknamige, of positief complementaire, of is de kleur noch gelijknamig noch complementair, dan zal men naast 't adjectief positief eenvoudig den naam van de kleur hebben te noemen. Evenzoo handele men met negatieve nabeelden, waarvan echter alleen complementair gekleurde bekend zijn.

BRÜCKE's voorstel heeft echter lang niet algemeen ingang gevonden en ook later zijn de beide woorden nog veel op de oude dubbelzinnige wijze gebruikt, waardoor dan ook vergissingen zijn ontstaan.

Geheel afwijkend van de hier beschrevene is de nomenclatuur, die BOSSCHA ¹⁾ heeft voorgesteld. Om dezelfde redenen die voor BRÜCKE reeds golden, vindt BOSSCHA het wenschelijk andere benamingen in te voeren. Om zoo objectief mogelijk te blijven wil hij spreken van primaire, secundaire en tertiaire enz., beelden, waarvan dan 't eerste het beeld zelf is, dat

¹⁾ H. P. BOSSCHA: Primaire, secundaire en tertiaire netvliesbeelden na momentane licht-indrukken. Acad. proefschr. Utrecht 1893 en GRAEFE'S Archiv. für Ophthalm. Bd. 40 Abt. 1.

onmiddellijk door 't inwerken van 't licht wordt veroorzaakt, het secundaire en tertiaire de beide nabeelden zijn die hij bij zijne proeven waarnam.

Het zal eigenlijk moeilijk zijn deze namen algemeen in te voeren, omdat niet onder alle omstandigheden, en voor alle personen de rij der verschijnselen geheel dezelfde is. Bij een bepaalde proefinrichting of voor de éene persoon is soms een nabeeld niet waarneembaar, dat onder andere omstandigheden of voor een andere persoon goed is te zien. Aldus zal een nabeeld dat men in 't éene geval 't secundaire beeld moet noemen in 't andere geval 't tertiaire zijn, en ook met deze benamingen kan dus verwarring ontstaan.

Het beste zal wel zijn elk nabeeld, dat men waarneemt, duidelijk te omschrijven, en daartoe geene woorden te gebruiken, wier beteekenis zoo weinig algemeen vaststaat, als die van de hierboven besprokene.

Tot zoo'n nauwkeurige omschrijving behoort dan:

- 1^o. Of 't lichter of donkerder is dan zijn omgeving?
- 2^o. Welke kleur het heeft, de gelijknamige, complementaire, of welke andere?
- 3^o. Hoe lang 't ongeveer duurt, wat geschat moet worden, daar, waar een nauwkeurige meting niet mogelijk is.
- 4^o. Kan 't zeker goed zijn ook nog aan te geven, 't hoeveelste beeld er bedoeld wordt.

Is een nabeeld door zijn ontdekker nauwkeurig beschreven en is zulk een waarneming voldoende bevestigd, dan kan men, ook zonder gevaar, aan dat duidelijk bekende nabeeld, waarvan alle eigenschappen vaststaan korthedshalve den naam van den ontdekker geven.

Zoo is bv. als 't PURKINJE'sche nabeeld er een bekend, dat lichter is dan zijn omgeving (positief: Bafcke), complementair gekleurd, ongeveer ¹/₂ seconde duurt, en in BOSSCHA's nomenclatuur „secundair” heet.

Voor wie hiermede bekend is, kan moeilijk vergissing ontstaan, wanneer er gesproken wordt van 't PURKINJE'sche nabeeld.

Wanneer in de volgende bladzijden de namen positief of negatief voorkomen is dit alleen in de beteekenis die Bafcke er aan geeft: waar van primaire, secundaire of tertiaire beelden wordt gesproken wordt hiermede hetzelfde bedoeld als in BOSSCHA's proefschrift.

HOOFDSTUK II.

Nabeelden veroorzaakt door momentane lichtindrukken.

(Litteratuur.)

De eerste die bij zeer korten verlichtingsduur nabeelden waarnam, of althans beschreef, was PURKINJE.^{1 2)}

Zijn lichtbron was een gloeiende kool, die een rood-oranje licht gaf. Deze bewoog hij met matige snelheid, terwijl 't oog gefixeerd bleef, dus 't oog 't lichtbeeld niet volgde. Aldus worden achtereenvolgens verschillende deelen van 't netvlies

¹) PURKINJE: Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne, waarvan Bd. 2: Beiträge zur Kenntniss des Sehens in Subjectiver Hinsicht Berlin 1825.

²) Alle vroegere onderzoekers, die schreven over nabeelden bij korten verlichtingsduur behandelden niet de eigenlijke nabeelden, doch het voortbestaan van den prikkelingstoestand, nadat de prikkel reeds opgehouden heeft in te werken, de persistence de l'impression (PLATEAU) dus, die hier niet besproken wordt.

Die oudere schrijvers vindt men alle gerefereerd en besproken bij:

J. PLATEAU: Bibliographie analytique des principaux phénomènes subjectifs de la vision, depuis les temps anciens jusqu'à la fin du dix-huitième siècle. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-arts de Belgique T. 42. (Quarto.)

Onder de lateren is 't vooral Charpentier die veel over de persistence heeft geschreven.

door 't licht getroffen, en iedere plaats ervan wordt slechts zeer kortstondig verlicht. PURKINJE zag dan op korten afstand achter het roode licht een zeegroen nabeeld aanloopen, dat duidelijk lichter was dan zijn omgeving en ongeveer $\frac{1}{2}$ seconde duurde.

Dit was toen iets geheel nieuws, als nabeelden kende men alleen de als zoodanig beschreven „*persistance de l'impression*” en de negatief complementaire, die men verkrijgt door een zelfde plaats der retina gedurende eenige seconden of nog langer te verlichten, beide geheel andere verschijnselen, dan 't zeer kort durende positief complementaire nabeeld, dat PURKINJE hier voor 't eerst beschreef.

Toch schijnt het toen niet veel aandacht te hebben getrokken, want het duurde ruim 25 jaren voor er opnieuw de aandacht op werd gevestigd. Dit deed BRÜCKE ¹⁾ in 1851.

Hij wees op de groote beteekenis van 't verschijnsel en op de belangrijke conclusies die er uit te trekken zijn voor de verklaring der nabeelden. Vooral toonde hij aan dat dit verschijnsel niet te vereenigen is met de verklaring, die FECHNER van de nabeelden gaf.

Volgens FECHNER ²⁾ n.m.l. berusten nabeelden of op een voortduren van den door 't licht opgewekten prikkelingstoestand, zij zijn dan lichter dan hun omgeving (positief) en gelijknamig gekleurd, of op vermoedenis voor de lichtsoort die heeft ingewerkt, en dan zijn ze donkerder dan hun omgeving en complementair gekleurd. Deze complementaire kleur ontstaat doordat van 't later invallende licht of van 't eigenlicht der retina die lichtsoort minder goed wordt waargenomen, waarvoor 't oog door aanschouwing van 't primaire lichtbeeld is vermoeid. Met geen van beide verklarings-principes is het PURKINJE'sche nabeeld te vereenigen, daar dit aan den eenen kant wel lichter is dan zijn omgeving, doch aan den anderen kant complementair gekleurd.

¹⁾ L. c.

²⁾ POGGENDORFF'S Annalen Bd. 44, 45 en 50.

In hetzelfde artikel beschrijft BRÜCKE bovendien een geheel andere methode om het PURKINJE'sche nabeeld waar te nemen. Daarbij kijkt hij een zeer kort oogenblik naar een vlam door een rood glas en sluit zijne oogen dan zeer snel; dan neemt hij op 't oogenblik der sluiting in plaats van de roode, een groene vlam waar, die zeer kort duurt, zoo kort dat zij licht aan de waarneming ontsnapt.

Wat hij hier waarneemt is dus niets anders dan wat PURKINJE zag, alleen de methode berust op een geheel ander principe.

Terwijl bij PURKINJE 't lichtbeeld in 't gezichtsveld blijft, zich daarin alleen verplaatst, wordt 't bij BRÜCKE's methode slechts een kort oogenblik aanschouwd en daarna door duisternis vervangen. De eerste neemt beeld en nabeeld naast elkander waar, gescheiden door een donkere tusschenruimte, de tweede ziet ze niet tegelijk met verschillende deelen der retina, doch op dezelfde plaats en dan natuurlijk na elkaar. Het donkere interval blijft bij deze laatste methode veelal onopgemerkt.

Deze beide principes, dus of een zich door 't gezichtsveld bewegend lichtbeeld, of een dat slechts een oogenblik zichtbaar wordt en dan weer door duisternis vervangen, deze beide principes, door PURKINJE en door BRÜCKE aangegeven zijn 't die men bij alle latere onderzoekers een van beide terugvindt echter met behulp van veel meer volmaakte inrichtingen. ³⁾

HELMHOLTZ ⁴⁾ past voor de waarneming van nabeelden na korten verlichtingsduur 't principe van BRÜCKE toe, op de volgende eenigszins primitieve wijze: hij legt zijn handen voor beide oogen, die zoo ongeveer gericht zijn op 't voorwerp

³⁾ In 't zelfde stuk bespreekt BRÜCKE verder nabeelden door zeer sterke lichtbronnen, b.v. de zon direct aanschouwd, veroorzaakt die echter om vroeger gemelde redenen hier buiten bespreking blijven.

Zeer uitvoerig vindt men deze verder vooral besproken in HELMHOLTZ Physiol. Optik 2e Aufl. S. 503 f.l.

⁴⁾ Physiol. Optik, 1ste Aufl. S. 358 f.l.

waarvan hij een nabeeld zien wil. Nu worden plotseling de handen weggetrokken, zoodat het voorwerp zichtbaar wordt en dan worden ze zoo snel mogelijk weer voor de oogen gebracht; deze geheele beweging duurt ongeveer $\frac{1}{3}$ seconde.

Aldus wordt niets waargenomen dat ook maar eenigszins op 't PURKINJE'sche nabeeld gelijk, doch wel ziet men bij deze wijze van handelen een lichtzwak nabeeld, doch lichter dan de omgeving (positief), dat ongeveer gelijknamig gekleurd is, en 6 à 8 seconden duurt. Dit nabeeld beschouwt H. als de directe voortzetting van 't primaire beeld; de prikkelings-toestand zou aldus in een tijdsverloop van meerdere seconden langzaam wegsterven.

Hierbij ontbreekt dus de phase, die men gelijk zou kunnen stellen met het nabeeld van PURKINJE, en toch nam BRÜCKE dit waar bij een wijze van experimenteeren, die slechts weinig van die van HELMHOLTZ verschilde. Doch H.'s methode is vrijwat primitiever en 't is denkbaar, dat dientengevolge de zoo kortdurende phase van P. door hem niet werd waargenomen.

De mededeelingen van PURKINJE en BRÜCKE kent HELMHOLTZ wel doch hij vestigt er slechts in een ander verband de aandacht op. (Verg. Optik 2^e Aufl. S. 527.)

De eerste die deze twee zoo verschillende nabeelden in een zelfde proef waarnam was AUBERT¹⁾. Om een zeer kort durend licht te verkrijgen gebruikte hij een sterke electrische vonk. Deze vonk beschouwde hij door glazen van verschillende kleur.

Gebruikte hij nu een rood glas, dan zag hij onmiddellijk na 't roode beeld een groen gekleurd, positief, kortdurend nabeeld, dat door een donkere tusschenruimte werd opgevolgd, terwijl hierna een langdurend nabeeld verscheen, dat lichter

¹⁾ H. AUBERT, Physiologie der Netzhaut, Breslau 1865 en

H. AUBERT in: Handbuch der gesammten Augenheilkunde, herausg. von Graefe und Saemisch.

was dan de omgeving en of gelijknamig gekleurd of in andere gevallen ongekleurd.

Hier volgen dus beide nabeelden, dat van PURKINJE en 't langdurende, door HELMHOLTZ beschreven, elkander in één waarneming op.

Iets dergelijks heeft AUBERT echter alleen met een rood glas kunnen verkrijgen, met andere kleuren verkreeg hij wel 't positieve, gelijknamige, 6 seconden durende nabeeld, doch nooit dat van PURKINJE.

Ook EXNER²⁾ bestudeerde dit laatste nabeeld. Hij herhaalde daartoe de oorspronkelijke proef van PURKINJE en paste bovendien nog een geheel andere methode toe door BRÜCKE aangegeven, en op 't besproken principe van BRÜCKE berustende. EXNER gebruikt alleen rood licht, en ook hij neemt het P.'sche nabeeld dus alleen bij een rood lichtbeeld waar. Het tweede, daar op volgende 6 sec. lange nabeeld, dat AUBERT wel volgen zag vindt men bij EXNER niet beschreven, omdat zijn proefinrichting de waarneming daarvan onmogelijk maakte.³⁾

Geheel onafhankelijk van de tot nu toe genoemde onderzoekers werd in 1872 het PURKINJE'sche nabeeld door een tweetal Engelse schrijvers ontdekt, en beschreven onder den naam: „recurrent vision.”

De eerste was YOUNG,⁴⁾ die opmerkte dat men, wanneer men in een donker vertrek een sterk lichtende electrische vonk laat overspringen, alle voorwerpen tweemaal ziet. Dit ver-

²⁾ S. EXNER, Ueber den Erregungs-vorgang im Schnervenapparate, Sitzungs-berichte der Kaiserl. Acad. der Wissenschaften, Wien 1872, 56 Abth., Bd. 65 S. 59.

³⁾ Aldus beschrijft hij zijn proef:

In einer Scheibe von starker Pappe sind entsprechend zweien gegenüberliegenden Quadranten rothe Gläser eingesetzt; blickt man durch eines derselben nach der Flamme und fangt an zu drehen, so gewahrt man in den Intervallen zwischen den objectiven Lichtendruckten das meergrüne PURKINJE'sche Nachbild.

⁴⁾ C. A. YOUNG, Note on recurrent vision, Philos. magazine Vol. 43, 1872 pag. 343.

schijnsel, dat hij niet verder bestudeerde, noemde hij „recurrent vision.”

Nog in 't zelfde jaar verscheen een kleine verhandeling van DAVIS ¹⁾ onder denzelfden titel. Deze had dit merkwaardige verschijnsel aan een nader onderzoek onderworpen, waarbij hij 't principe van BRÜCKE gebruikte: hij plaatste gekleurde glazen voor een ronde opening in een vensterluik van een donkere kamer. Deze opening kon door een valmachine voor een kort oogenblik zichtbaar gemaakt worden, zoodat de waarnemer dan een kort gekleurd lichtbeeld zag verschijnen in 't overigens geheel duistere vertrek.

Hij zag ~~bijna~~ altijd onmiddellijk na dit lichtbeeld een zeer kortdurend tweede beeld optreden, dat veel lichter was dan de omgeving en gewoonlijk een kleur had die slechts weinig van de complementaire verschilde. Zeer merkwaardig is dat DAVIS zoo'n complementaire recurrent vision bij licht van alle kleuren verkrijgt, alleen bij zuiver rood licht nooit. Hier is dus een sterke tegenspraak met de boven behandelde schrijvers, die 't juist alleen met rood licht verkregen. Men moet hier denken aan de mogelijkheid dat 't roode licht van DAVIS veel zuiverder was; met rood-oranje verkreeg hij 't nabeeld wel, en 't is dus niet onwaarschijnlijk, dat de vroegeren meer oranje licht hebben gebruikt. Dit laatste mag men zeker aannemen van die proeven, die met een gloeiende kool (of sigaar) werden genomen.

Aldus was de kennis der nabeelden, door zeer korte lichtsinwerking verkregen, tot voor minder dan 10 jaren. Er was nog veel dat nader onderzoek behoeft, en tegenspraak moest worden uit den weg geruimd.

In de laatste jaren zijn echter door een rij van onderzoekers geheele reeksen van nieuwe proeven en interessante resultaten gebracht.

¹⁾ A. S. DAVIS: On recurrent vision, Philos. magazine Vol. 44, 1872 pag. 526.

De eerste hiervan was HESS. ¹⁾ Deze paste BRÜCKE's principe toe; zijne techniek daartoe was de volgende: hij bevestigde in een donker vertrek voor een totaal lichtloos fond een witte papieren schijf van 3 cM. middellijn. Deze schijf verlichtte hij dan zeer kortstondig met licht, dat door een gekleurd glas was gegaan.

Als lichtbron diende hem of een electrische vonk of een opening in de deur van 't vertrek, waarvoor een momentontsluiting was aangebracht, waarmede een verlichtings-duur te verkrijgen was van ongeveer $\frac{1}{200} - \frac{1}{100}$ sec.

HESS kreeg hiernede voor alle kleuren 't zelfde resultaat, dat ALBERT alleen bij rood licht verkreeg. Hij zag n.m.l. steeds op 't gekleurde primaire beeld een complementair gekleurd nabeeld volgen, dat ongeveer $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ sec. duurde en dan volgde in de tweede plaats een nabeeld, dat geheel beantwoordde aan de beschrijving, die zoowel HELMHOLTZ als ALBERT gaven van 't positieve, gelijknamig- of ongekleurde ± 6 seconden durende nabeeld, dat met licht van elke kleur te verkrijgen is.

Zijn resultaten zijn in hoofdzaak samengevat in de eerste zijner eindexclusies:

„Wirkt auf das Sehorgan ein kurzdauernder Lichtreiz ein, so wird durch denselben zunächst eine Lichtempfindung hervorgerufen, welche nach dem Aufhören des Reizes in fast unmessbar kurzer Zeit abklingt. Nach diesem primären Lichteindrücke wird bei günstigen Versuchsbedingungen ein negatives Nachbild wahrgenommen, dessen Dauer durchschnittlich etwas weniger als $\frac{1}{2}$ secunde beträgt. Auf dieses negative Nachbild folgt dann rasch ein positives Nachbild dessen Dauer von der Stärke des primären Reizes und dem jeweiligen Zustande des Auges abhängt, und welches in der Regel durch mehrere secunden in allmählich abnehmender Stärke wahrgenommen

¹⁾ C. HESS: Untersuchungen über die nach kurz dauernder Reizung des Sehorgans auftretenden Nachbilder. PFLÜGER's Archiv Bd. 49 S. 190.

worden kann. Nicht selten nimmt man nach diesem positiven noch ein zweites negatives Nachbild wahr."

Het hier aangehaalde geldt voor alle kleuren.

Het eerste negatieve nabeeld beschrijft hij in de vooraangaande bladzijden als donker complementair, en zijn beschrijving er van komt dus niet geheel overeen met 't nabeeld dat PURKINJE, BRÜCKE, AUBERT, EXNER en DAVIS onmiddellijk op 't primaire lichtbeeld zagen volgen, de eerste vier alleen bij rood of oranje licht, de laatste bij alle kleuren, behalve bij rood. Hun aller beschrijving is dat 't onmiddellijk optreedt, minder dan $\frac{1}{3}$ sec. duurt, complementair gekleurd is, en dat 't positief is, dat is dus lichter dan de omgeving. Op de eerste drie punten is HESS' beschrijving van wat hij een negatief nabeeld noemt met de hunne in overeenstemming, doch terwijl zij 't positief, lichtend noemen is 't bij hem donker en negatief. Toch heeft HESS waarschijnlijk hetzelfde gezien als zij, doch is zijn beschrijving onduidelijk geworden, vooral doordat hij 't woord negatief op de oude wijze in tweeërlei beteekenis gebruikt. Althans in een later artikel beschrijft hij zelf, zooals we beneden zullen zien, dit nabeeld als duidelijk lichter dan zijn omgeving, en blijft 't dan verder toch negatief noemen.

Hij wijdt aan dit eerste nabeeld trouwens slechts in 't voorbijgaan zijn aandacht en houdt zich in hoofdzaak bezig met 't tweede, langdurende, positieve. Het eerste is voor hem alleen van belang omdat hij door 't bestaan daarvan aan te toonen, bewijst, dat de oude opvatting, van 't langdurende gelijknamige nabeeld,¹⁾ als een langzaam wegsterven van 't primaire beeld, onjuist is. Hij zegt dit in de tweede en derde zijner conclusies:

2^o. „Was bisher in der Regel (VON HELMHOLTZ, FICK und anderen) als das Abklingen der durch den Lichtreiz gesetzten Erregung beschrieben worden ist, entspricht unter den beschriebenen Umständen in Wirklichkeit nicht diesem, sondern

¹⁾ Zie HELMHOLTZ l. c.

dem Abklingen des positiven Nachbildes. Dieses positive Nachbild darf nicht wie es bisher meist geschah, einfach aus der Fortdauer und dem allmählichen Abklingen der durch den Lichtreiz im Sehorgane hervorgerufenen Erregung erklärt werden; denn dasselbe ist von dieser letzteren regelmässig durch eine negative Phase getrennt.

3^o. Zur Erklärung einer Reihe von Erscheinungen, welche nach kurzdauernder Reizung des Sehorgans beobachtet werden sind von verschiedenen Forschern Annahmen gemacht worden, welche sämtlich von der Voraussetzung ausgehen, dass das positive Nachbild durch das allmähliche Abklingen der primären Erregung zu Stande komme. Durch den Nachweis, dass die primäre Erregung in fast unmessbar kurzer Zeit abklingt und dass dem Auftreten des positiven Nachbildes eine negative Phase vorausgeht, werden alle diese Erklärungen hinfällig."

Ten slotte zij nog medegedeeld, dat HESS van te voren 't positieve nabeeld, waarvan hij spreekt, beschreven heeft als in vele gevallen gelijknamig gekleurd, doch dan alleen gedurende de eerste oogenblikken. Het nabeeld begint n.m.l. met zeer schoon de gelijknamige kleur te vertoonen, doch deze kleuring verdwijnt en dan blijft het nabeeld nog eenige seconden kleurloos voortbestaan. Niet steeds echter is deze aanvankelijke kleuring waar te nemen, en ze ontbreekt speciaal dan, wanneer 't oog sterk voor duister is geadapteerd.

BOSSCHA's proefschrift sluit zich nauw bij deze onderzoekingen van HESS aan.

Hij gebruikt dezelfde proefinrichting en controleert daarmede in de eerste plaats de waarnemingen van HESS. In hoofdtrekken is zijn voorstelling van 't geheele verschijnsel dezelfde, ook hij constateert dat 't langdurende positieve nabeeld niet beschouwd moet worden als het wegsterven van den eersten prikkelings-toestand, maar dat zich tusschen dezen laatsten en dat positieve nabeeld nog een korte phase inschuift, die ongeveer complementair gekleurd is.

Dit eerste complementaire nabeeld, noemt hij 't secundaire beeld, 't 6 seconden durende positieve, 't tertiaire.

Hij wijkt echter in een paar ¹⁾ belangrijke opzichten in zijn uitkomsten af van HESS.

Terwijl nml. HESS 't secundaire beeld (BOSSCHA) donker complementair en negatief noemt, neemt BOSSCHA 't waar als een helder licht nabeeld duidelijk lichter dan zijn omgeving, en lichter ook nog dan 't daaropvolgende tertiaire beeld.

Ook omtrent dit laatste komt hij tot een afwijkend resultaat; voor hem is 't evenals voor HESS en zijn voorgangers, positief, dat is dus lichter dan de omgeving, en duurt 't eenige seconden lang, doch hij zag er nooit een gelijknamige kleur in; hoe ook de golflengte was van 't objectieve licht, voor BOSSCHA was dit tertiaire beeld steeds van een zelfde vuil rossige tint. ²⁾

Om deze punten nader na te gaan heeft HESS daarop nieuwe proeven genomen, waarbij hij een geheel andere methode toepaste.

¹⁾ Er zij hier ter loops melding gemaakt van een derde verschilpunt tusschen BOSSCHA en HESS, dat op een misverstand berust en overigens voor ons niet van belang is.

BOSSCHA meent n.m.l. dat HESS met 't positieve nabeeld waarvan hij voortdurend spreekt doelt op 't voortduren van 't beeld, zooals dat door PLATEAU en CHARPENTIER vooral bestudeerd werd, en dat slechts een fractie van een seconde duurt. B. meent, naar 't schijnt, dat HESS door het aantoonen der negatieve phase denkt te bewijzen, dat er geen persistence de l'impression is. Hierin vergist hij zich echter, zooals H. aantoonde in zijn 2^e Artikel (Pfl. Archiv. Bd. 40, 2). HESS laat de korte "persistence" van PLATEAU e.s. geheel onaangetast, doch kant zich tegen de voorstelling, die hij bij AUBERT, FICK, VON HELMHOLTZ e. a. vond, dat de prikkelings-toestand, hoewel zeer verzwakt 6 en meer seconden zou blijven voortbestaan, en dat dit het door hen beschreven positieve nabeeld zou leveren.

²⁾ B. nam verder nog hoogst interessante proeven omtrent den invloed van de lichtsterkte, den duur der verlichting, en vooral van de omgeving van 't gekleurde object. Doch daar deze invloeden de hoofdtrekken van 't verschijnsel niet veranderen blijven deze resultaten hier ter plaatse buiten bespreking.

Hij volgde hier 't principe van PURKINJE. ¹⁾

In plaats van diens gloeiende kool gebruikte hij een klein, vrij bewegelijk gloeilampje, dat hij met matige snelheid voorbij zijn oogen bewoog, terwijl deze op een vast punt gericht waren. Achter 't zich bewegende licht verschenen dan de beide nabeeelden.

De resultaten dezer waarnemingen zijn aldus samen te vatten:

1^o. Met kleurloos licht zag hij:

- a. een streep licht: het primaire beeld dat, door 't voortduren van den indruk een weinig verlengd is;
- b. een donkere phase;
- c. een lange lichte streep, meestal nagenoeg geheel kleurloos, duurt eenige seconden;
- d. soms nog een zeer donkere streep in iets minder donkere omgeving.

2^o. Als 't licht gekleurd was, zag hij bij alle kleuren:

- a. een korte gekleurde streep, 't primaire beeld;
- b. een iets langere streep, complementair gekleurd, wel wat minder helder dan 't primaire beeld, maar toch duidelijk lichter dan de omgeving;
- c. een kort donker interval, zonder kleur;
- d. een langere lichte streep, die 't eerste oogenblik duidelijk gelijknamig met a gekleurd is, doch spoedig kleurloos wordt en aldus nog eenige seconden blijft bestaan.

Wat betreft het eerste, complementaire nabeeld ('t secundaire beeld van BOSSCHA) is HESS' beschrijving hier dus anders dan zijn vroegere, zoodat zij thans overeenkomt met die van BOSSCHA; want terwijl hij 't vroeger donker complementair of negatief noemde, beschrijft hij 't thans als duidelijk lichter dan de omgeving, evenals BOSSCHA.

Desniettegenstaande blijft HESS dit eerste nabeeld beschouwen als een negatieve phase, waarin, zooals later blijken zal,

¹⁾ C. HESS: Studien über Nachbilder v. GRAEFES Archiv. Bd. 40 Abt. 2 S. 259.

waarschijnlijk de oorzaak te zoeken is van een misvorstand tusschen hem en von KRIES.

Wat 't tweede verschilpunt met BOSSCHA betreft bevestigt Hess zijn oude waarneming, dat 't langdurende positieve nabeeld ('t tertiaire beeld van BOSSCHA) steeds in den aanvang duidelijk gelijknamig gekleurd is, om eerst daarna kleurloos te worden. Om dit beter te kunnen waarnemen deed hij de volgende proef: hij keek naar het bewegende gloeilampje met het ééne oog door een gekleurd glas terwijl 't andere oog onbedekt bleef. Hij fixeerde daarbij een vast punt achter 't gloeilampje gelegen, zoodat hij van dit laatste dubbelbeelden verkreeg. Van deze dubbelbeelden was er één ongekleurd het andere gekleurd, en, daar beide een positief nabeeld gaven, kon hij deze met elkander vergelijken, en dan bleek eerst recht duidelijk dat 't nabeeld van 't gekleurde licht zuiver gelijknamig van kleur was.

Ten slotte zij er hier nog op gewezen, dat Hess hier, evenals bij zijn vroegere onderzoekingen, slechts één nabeeld krijgt, wanneer 't primaire licht ongekleurd is. Er is daar geen nabeeld, dat men gelijk zou mogen stellen met 't eerste complementaire, dat hij met gekleurde lichtsoorten verkrijgt. Hiervoor in de plaats neemt hij slechts een donkere ruimte waar, waarin hij een negatieve phase meent te moeten zien, volkomen vergelijkbaar met het in zijn oogen eveneens negatieve, complementaire PURKINJE'sche nabeeld.

Terwijl Hess en BOSSCHA zich voornamelijk met het langdurende, positieve nabeeld bezighielden en aan het eerste ('t PURKINJE'sche) geringer aandacht wijdden, treedt het laatstgenoemde geheel op den voorgrond bij BIDWELL en von KRIES.

Het gelijknamig gekleurde ('t tertiaire beeld: BOSSCHA) schijnen zij niet te hebben opgemerkt, althans zij spreken er absoluut niet over.

BIDWELL¹⁾ werd geïnspireerd door de vroeger aangehaalde mededeelingen van DAVIS en door CHARPENTIER,²⁾ die waarnam dat een electrische vonk in 't duister tweemaal wordt gezien. Hij acht 't echter beter om te experimenteeren met een zich bewegend lichtbeeld, en niet, zooals deze beiden, met een stilstaand object.

't Voordeel van 't zich bewegende lichtbeeld (principe van PURKINJE) is: dat beeld en nabeeld aldus uit elkander worden geschoven, waardoor men beide tegelijk ziet en met elkaar vergelijken kan. Bovendien is op deze wijze veel beter waar te nemen of er tusschen het primaire beeld en 't eerste (PURKINJE'sche) nabeeld een donker interval is of niet.

BIDWELL gebruikte spectrale kleuren: uit het spectrum van een kalklicht sneed hij de gewenschte kleur uit, door middel van een diaphragma en liet dit licht op een spiegel vallen die het terugkaatste naar een wit scherm. Door dien spiegel in beweging te brengen liet hij het lichtbeeldje op het scherm een cirkel beschrijven van ongeveer 30 cM. middellijn.

Deze circulaire baan werd ongeveer in $1\frac{1}{2}$ seconde afgelegd.

Wanneer de waarnemer nu 't middelpunt van dien cirkel fixeerd zag hij op een kleinen afstand achter het gekleurde lichtbeeldje een naloopend beeld, dat een weinig langer was dan 't primaire, en een kleur vertoonde, die gewoonlijk niet veel van de complementaire verschilde.

Met rood licht was een dergelijk naloopend beeld niet te verkrijgen.

BIDWELL's resultaten komen dus vrijwel overeen met die van DAVIS, alleen zijn er tusschen hen beiden niet onbelangrijke verschillen over de kleur van 't naloopende beeld. Eindelijk is een zeer interessante proef van BIDWELL 't

¹⁾ S. BIDWELL: On the recurrent images following visual impressions. Proc. of the Roy. Soc. of London Vol. 56 pag. 132.

²⁾ A. CHARPENTIER: Oscillations rétinienes C. R. vol. 113 (1891) p. 147.

diaphragma weg te nemen, zoodat men op 't scherm het geheele spectrum te zien krijgt. Wordt dan de spiegel in beweging gebracht, dan verkrijgt men een naloopend beeld, dat even breed is als 't geel, groen en blauw van 't spectrum, doch dit nabeeld vertoont niet zooals men misschien verwachten zou verschillende kleuren naast elkaar doch is geheel gelijkmatig violet getint. Het helderste deel ervan is datgene dat correspondeert met 't groen van 't spectrum, de daarnaast gelegen deelen van 't naloopende beeld, die te beschouwen zijn als de nabeelden van 't geel en 't blauw zijn wat zwakker en blijven bovendien iets achter, zoodat 't geheele nabeeld gekromd is.

De laatste die belangrijke bijdragen tot de kennis der nabeelden heeft geleverd is VON KRIES. Evenals BIDWELL bespreekt hij alleen 't naloopende beeld, dat 't zelfde is als PURKINJE's nabeeld en het eerste complementaire, positieve nabeeld van HESS en BOSSCHA, dat naar hunne schattingen ongeveer $\frac{1}{3}$ seconde duurt.

VON KRIES' techniek is bijna geheel dezelfde als die van BIDWELL, alleen in een enkel, schijnbaar onbeduidend, maar inderdaad zeer belangrijk opzicht verschilt hij van B. Terwijl deze n.m.l. het middelpunt fixeerd van den cirkel, die door 't zich voortbewegende beeld werd afgelegd, koos VON KRIES als fixatiepunt een punt van de baan zelf van 't lichtbeeld. Hierdoor verkreeg hij, dat dit laatste dus over 't fixatiepunt heen liep, d.w.z. door dat deel van 't gezichtsveld, dat beantwoordt aan de gele vlek.

Bij BIDWELL's proeven was dit niet het geval, daar werden alleen deelen der retina door 't licht getroffen op een vrij grooten afstand van de gele vlek gelegen.

VON KRIES legde de baan van 't lichtbeeldje over 't fixatiepunt, omdat hij aldus het centrum en meer peripheer gelegen deelen der retina met elkander kon vergelijken.

Hij wilde n.m.l. nagaan of 't naloopende beeld dat BIDWELL had waargenomen ook in de gele vlek werd gevormd. Hij

verwachtte van niet, omdat hij reden meende te hebben om de oorzaak van dit nabeeld in de staafjes te zoeken.

Dit in verband met een theorie, die belangrijke physiologische verschillen aanneemt tusschen de staafjes en de kegeltjes. Deze theorie was niet nieuw, reeds in 1867 was zij door MAX SCHULTZE geopperd en had na dien tijd door KÜHN'S onderzoekingen nieuwen steun ontvangen. Doch de laatste jaren was zij opnieuw op den voorgrond gebracht en met nieuwe argumenten gesteund door PARINAUD,¹⁾ en kort na dezen, doch geheel onafhankelijk van hem door VON KRIES.¹⁾

¹⁾ H. PARINAUD: La sensibilité de l'oeuil aux couleurs spectrales, fonction des éléments rétinien et du pourpre visuel.

Ann. d'Oculistique T. 112 (1894) Pag. 228.

J. VON KRIES: Ueber die Function der Netzhautstäbchen.

Zeitschr. für Psych. un Phys. der Sinnesorgane Bd. 9. S. 81.

De waarnemingen, waarop beiden tot hun theorie gebracht werden, zijn ongeveer dezelfde:

1°. Dat zeer zwakke lichtjes, die in 't directe zien niet meer waarneembaar zijn, indirect nog duidelijk worden geperepiceerd.

2°. Dat zulke in 't centrum onwaarneembare zwakke lichtjes in de peripherie steeds geheel kleurloos worden gezien.

3°. Dat de zwakste lichtverschijnsels, die nog wel door de fovea worden gezien, daar steeds in hun ware kleur worden herkend.

4°. Dat de gevoeligheid der peripherie voor zwak licht door verblijf in 't duister zeer sterk toeneemt, die van 't centrum niet, of zeer weinig.

5°. Dat deze gevoeligheidstoename voor alle kleuren bestaat, behalve voor rood; dat dus 't zwakste roode licht, dat indirect waarneembaar is, ook direct nog kan worden gezien.

6°. Dat rood licht, hoe zwak ook, in 't indirecte zien toch steeds den indruk maakt van rood, nooit kleurloos wordt.

Evenals hun hier aangehaalde argumenten komen de theorieën van PARINAUD en VON KRIES ook vrijwel overeen. 't Belangrijkste verschil is dat PARINAUD veel meer dan VON KRIES een belangrijke rol toekent aan 't netvliespurper.* Hij meent n.m.l. dat alle staafjessensaties door tusschenkomst van dat purper ontstaan. Deze meening steunt vooral op 't feit, dat het purper door rood licht absoluut niet tot fluorescentie wordt gebracht, en aan den anderen kant door groen licht het sterkst. Deze fluorescentie zou de naaste oorzaak der staafjessensaties zijn.

Beide komen op sterk sprekende gronden tot de conclusie dat de functie der staafjes geheel verschillend is van die der kegels. Terwijl deze laatste n.m.l. dienen voor het zien bij helder licht, doch zeer zwakke lichten niet waar kunnen nemen, dienen de staafjes juist voor 't zien in den schemer, hun minimum perceptibile is veel kleiner, en zij hebben bovendien het groote voordeel dat zij door 't verblijf in het duister veel gevoeliger worden, d. i. dat zij een groot adaptatievermogen hebben.

VON KRIES noemt daarom de kegels het „Hellapparat“, en de staafjes het „Dunkelapparat“.

Een tweede belangrijk verschil tusschen beide apparaten is, dat alleen de kegels in staat zijn kleuren waar te nemen (en ook wit), terwijl de sensaties door prikkeling der staafjes opgewekt steeds kleurloos zijn, welke ook de golfteugel is van 't licht dat ze veroorzaakt. Ook dit wordt door goede bewijzen gesteund.

Verder toonden beiden aan, dat de staafjes *niet* prikkelbaar zijn voor *rood* licht, en 't sterkst prikkelbaar voor 't groen van 't spectrum. Terwijl dus bij helder licht, waarbij de kegels in werking zijn het maximum van 't spectrum in 't geel gelegen is, is in een zeer zwak spectrum dat alleen de staafjes prikkelt 't maximum in 't groen. Van dit zwakke spectrum wordt 't rood natuurlijk niet waargenomen, daar de staafjes hiervoor niet prikkelbaar zijn, terwijl de rest ervan, geheel kleurloos is, daar de staafjes alleen tot kleurloze sensaties in staat zijn.

In 't kort dus: de *kegels* functioneeren alleen boven een bepaalde lichtsterkte; zij zijn 't, die ons in staat stellen de verschillende kleuren waar te nemen; zij worden 't sterkst geprikkeld door 't geel van 't spectrum. De *staafjes* daarentegen functioneeren het best in schemerlicht; zij hebben een groot adaptatievermogen voor duister; hun sensaties zijn steeds geheel kleurloos, zoodat een lichtzwak spectrum geheel grijs wordt waargenomen; zij zijn 't sterkst prikkelbaar voor 't

groen van 't spectrum, en worden door 't rood daarentegen absoluut niet in werking gebracht.¹⁾

VON KRIES vermoedde nu dat 't naloopende, PURKINJE'sche nabeeld ook op staafjeswerking zou berusten en herhaalde daarom BIDWELL's proeven. Hierbij deed hij echter, zooals boven reeds werd medegedeeld, het lichtbeeld bij zijn omgang over 't fixatiepunt loopen.²⁾

Aldus verkreeg hij de beide volgende merkwaardige resultaten:

1°. Ontbrak 't naloopende beeld op de plaats van 't directe zien. Wanneer 't lichtbeeld 't fixatiepunt nadert verdwijnt het nabeeld plotseling, om op een gelijken afstand er voorbij weder even plotseling op te treden. Het nabeeld wordt dus niet gevormd in dat deel van 't netvlies, waar de staafjes ontbreken.

2°. Met rood licht was 't naloopende beeld niet te verkrijgen, wat ook in overeenstemming is met VON KRIES' meening, daar rood licht immers de staafjes niet prikkelt.

De hierop gebaseerde hypothese dat 't PURKINJE'sche nabeeld een functie der staafjes is vond verder nog belangrijken steun in de waarneming, dat een hemeraloep 't niet te zien kon krijgen, terwijl om andere redenen wordt aangenomen dat deze afwijking juist berust op een onvoldoende functioneeren der staafjes.

¹⁾ Prof. KOSTER te Leiden is in verschillende opzichten tot andere resultaten gekomen dan P. en VON K. en vindt, wat aangaat het zoogenaamde PURKINJE'sche phaenomeen (niet met P.'s nabeeld te verwarren) niet zulke belangrijke verschillen tusschen de gele vlek en haar omgeving.

Daar deze strijdvrage zich echter niet uitstrekt tot de nabeelden, wordt er hier niet verder op ingegaan. Zie hiervoor:

W. KOSTER GZS. Untersuchungen zur Lehre vom Farbensinn, VON GRAEFE'S ARCHIV, Bd. 41, Abt. 4, S. 1.

J. VON KRIES Ueber die functionellen Verschiedenheiten des Netzhautcentrums und der Nachbartheile, VON GRAEFE'S ARCHIV, Bd. 42, Abt. 3, S. 95.

²⁾ I. c. in VON GRAEFE'S ARCHIV, Bd. 42 en J. VON KRIES: Ueber die Wirkung kurzdauernder Lichtreize auf das Sehorgan, Zeitschr. für Psych. und Phys. der Sinnesorgane Bd. 12, S. 81.

Belangrijk is eindelijk ook de invloed dien de adaptatie op 't naloopende beeld heeft. Naarmate n.m.l. 't oog meer aan 't duister is gewend nadert 't nabeeld tot 't primaire licht, en bij zeer lange adaptatie (2 uren) was geen nabeeld meer te zien dat door een donkere tusschenruimte van 't primaire beeld was gescheiden, doch, daarvoor in de plaats, direct bij 't primaire licht aansluitend een glanzend witte staart.

Aanvankelijk meende vox Kries dezen witten staart te moeten opvatten als iudicialisch met 't Purkinje'sche nabeeld. Dit zou dan zooveel nauer zijn gekomen en zooveel witter zijn geworden, doordat de reactie der staafjes prompter en sterker was geworden ten gevolge van de adaptatie.

Van deze meening kwam hij echter terug, doordat hij bij matiger adaptatie den staart en 't naloopende beeld tegelyk zag, door een donker interval gescheiden. Daarom beschouwt hij thans den staart als de eerste reactie der staafjes op den lichtprikkel, terwijl 't Purkinje'sche nabeeld daarna, eerst secundair, in die elementen zou ontstaan.

Het eenige wat met deze theorie in strijd schijnt te zijn is dat 't nabeeld steeds gekleurd is. Deze kleur is gewoonlijk ten naaste bij complementair aan 't primaire licht. In dit opzicht stemmen vox Kries' resultaten met die van Davis en Bidwell overeen.

Vox K. oppert daarom het vermoeden, dat zij misschien daaraan te danken zou zijn, dat hier een negatief complementair gekleurd nabeeld der kegels zoude samenvallen met 't positieve ongekleurde der staafjes, en zij aldus te zamen het, positieve ongeveer complementaire nabeeld zouden leveren, dat men waarneemt.

Doch aldus blijft onverklaard dat de kleur gewoonlijk van de complementaire een weinig verschilt, en ook dat de kleur van 't nabeeld bij verschillende onderzoekers niet onbelangrijk afwijkt. Ter vergelyking stellen wy hier de verschillende waarnemingen naast elkaar:

Kleur van 't prim. beeld.	Kleur van 't naloopende beeld.		
	DAVIS.	BIDWELL.	VON KRIES.
Rood.	Afwezig.	Afwezig.	Afwezig.
Oranjerood.		Zeer donker blauwgroen.	
Oranje.	Roodblauw.	Donker blauw- groen.	
Oranjegeel.		Blauw groen.	Blauwig.
Geel.	Roodachtig blauw.		
Groengeel.		Blauw.	Mooi blauw.
Geelgroen.			Blauw violet.
Groen.	Roodachtig blauw.	Helder rood- achtig violet.	
Blauwgroen.			Mooi rose.
Blauw.		Helder rood- achtig violet.	Geel.
Donkerblauw.	Groenig geel.	Zwak roodach- tig violet.	
Violet.	(Groenig geel?)	Geel of groe- nig.	Gelig of groe- nig.
Wit.	Blauw getint.		

In 't kort komt vox Kries' meening omtrent 't Purkinje'sche nabeeld dus hierop neer:

1^o. Dat 't een werking der staafjes zoude zijn, om de volgende redenen.

- Dat 't in de gele vlek ontbreekt.
- Dat 't door rood licht niet wordt gegeven.
- De belangrijke invloed dien de adaptatie op 't verschijnsel heeft.
- Dat een hemeraloep het niet kon waarnemen.

2^o. Dat 't een echt, in de staafjes ontstaan, nabeeld zou

zijn, en dat de eerste reactie der staafjes meer met die der kegels samenvalt. Na lange adaptatie zou deze eerste reactie der staafjes langer duren en daarom als een witte staart achter 't gekleurde beeld der kegels zichtbaar worden.

Op verschillende dezer resultaten is door Hess ¹⁾ een scherpe kritiek uitgeoefend, die op grond van nieuwe proeven meent de hier ontvouwde hypothese van vox KRIES geheel te kunnen weerleggen.

Hier is echter vermoedelijk een misverstand ingeslopen, voorn.m.l. berustend op de in de inleiding vermelde verschillen in nomenclatuur.

Blijkbaar verkeert Hess in de meening dat vox KRIES' mededeelingen niet 't eerste positief complementaire, ^{1,3} sec. durende nabeeld (dat van PURKINJE) betreffen, doch het tweede langdurende, positieve, waarmede Hess zich voornamelijk heeft bezig gehouden.

Het PURKINJE'sche nabeeld, het eenige waarmede vox KRIES zich bezighoudt, is positief in den zin dien BRÜCKE aan dit woord toekende, d. w. z. het is lichter en zelfs belangrijk lichter dan zijn omgeving, en vox KRIES heeft het dan ook steeds een positief nabeeld genoemd.

Geheel anders is echter Hess' opvatting van dit nabeeld. Wel heeft ook hij het beschreven als duidelijk lichter dan de omgeving, ²⁾ maar hij heeft het toch nooit positief genoemd. Voor hem beteekenen de woorden positief en negatief niets anders dan dat 't nabeeld gelijknamig, resp. complementair is gekleurd. Het complementaire eerste (PURKINJE'sche) nabeeld is in zijn oog en dan ook steeds een negatieve phase gebleven, hoewel het lichter was dan zijn omgeving.

Spreekt een ander (in casu vox KRIES) nu van een positief nabeeld, dan denkt Hess daarbij van zelf aan het eenige dat

¹⁾ C. HESS. Experimentelle Untersuchungen über die Nachbilder bewegter, leuchtender Punkte, von Graef's Archiv Bd. 44 S. 415.

²⁾ Zie boven pag. 17.

voor hem positief is, dat is het tweede, langdurende, zwak lichtende, gelijknamig gekleurde (het tertiaire beeld van BOSSCHA).

In zijn artikel, waarin hij vox KRIES kritiseert, komt dit duidelijk aan 't licht, wij citeeren daartoe de betreffende plaats, pag. 452:

„Diesen Fundamentalversuch ¹⁾ hat vox KRIES wiederholt, und ist in mehreren Punkten zu anderen Ergebnissen gekommen als ich. Insbesondere sind es drei seiner neuen Beobachtungen, welche für seine Ansichten über die Function der Stäbchen und Zapfen von einschneidender Bedeutung erscheinen:

1^o. Das *positive* * Nachbild soll „einen kleinen Bezirk am Fixationspunkte überspringen.“ Wird die bewegte Lichtquelle über die der Fovea entsprechende Stelle des Gesichtsfeldes weggeführt, so habe man den Eindruck, „als ob das Bild in einem kleinen Abstände vom Fixationspunkte in einen Tunnel schlüpfte, aus dem es jenseits des Fixationspunktes wieder herausfährt.“

VOX KRIES schliesst daraus dass der Stäbchenfreie Netzhautbezirk der „Duplicität des Erregungseffectes“ ermangele.

2^o. Nach längerer Adaptation (von mindestens zwei Stunden) soll das positive, durch ein dunkles Intervale von der ersten Erregung getrennte Nachbild völlig wegfallen.

„Dagegen sieht man in unmittelbarem Anschluss an das primäre Bild einen, je nach der angewandten Lichtstärke längeren oder kürzeren, glänzend weissen Streifen.“

3^o. Bei Anwendung farbigen Lichtes zur Reizung soll die Farbe des (*secundären*) *positiven* Nachbildes zu jener des Reizlichtes complementär sein, bei Anwendung rothen Lichtes soll ein positives Nachbild überhaupt vollständig fehlen.

Jeder einzelne dieser drei Punkte muss einer gesonderten Prüfung unterzogen worden.“

¹⁾ Deze „Fundamentalversuch“ is de vroeger beschreven proef van HESS met 't bewegelijke electrische gloeilampje.

* Hierbij geeft hij de volgende noot:

„Als „*positives Nachbild*“ schlechtweg bezeichne ich hier und im Folgenden der Kürze halber das *secundäre*, durch ein dunkles Intervall von der primären Erregung getrennte und meist *mehrere Secunden lang sichtbare Nachbild*.“

De in 't bovenstaande gecursiveerde woorden staan bij Hess gewoon gedrukt. Hier worden ze echter op deze wijze op den voorgrond geplaatst, omdat ze duidelijk de waarschijnlijkheid aantoonen van de opvatting die zoo straks werd ontvouwd, n.m.l. dat Hess' proeven, waarmede hij von KRIES meent te weerleggen, zich bezighouden met 't tweede langdurende, positief gelijknamige nabeeld, en niet met de PURKINJE'sche phase, de eenige waarover von KRIES geschreven heeft.

Dat Hess' waarneming van dit PURKINJE'sche nabeeld, geheel overeenkomt met die van von KRIES, dat 't n.m.l. complementair is, kort duurt, en lichter is dan zijn omgeving, blijkt uit het volgende citaat. ¹⁾

„Bei Anwendung (einer bewegten) farbigen Licht (quelle) sieht man Folgendes:

Unmittelbar hinter dem bewegten, leuchtenden Objecte sieht man eine kurze helle Linie, von der gleichen Farbe, wie die Lichtquelle. Hierauf folgt eine in der Regel etwas längere Strecke, welche ins besondere bei Benutzung stark gesättigter farbiger Lichter, *deutlich complementäre Färbung* zeigt: diese Strecke ist meist weniger hell als die Erste, aber bei anwendung einer hell leuchtenden Lichtquelle *deutlich heller, als die Umgebung*. Es folgt dann ein etwas kürzeres, dunkles Intervall, in welchem ich eine Färbung überhaupt nicht mit Sicherheit wahrnehmen konnte, und hieran schliesst sich ein langer, heller Streifen, dessen Färbung im ersten Augenblicke mit derjenigen der benutzten Lichtquelle übereinstimmt. Er wird sehr bald völlig Farblos, bleibt aber dann noch einige secunden sichtbar.“

¹⁾ l. c. p. 452.

Toch blijft Hess dit positieve, complementaire nabeeld een „negative phase“ noemen, en zich verwonderend dat von KRIES „het“ positieve nabeeld, niet, als hij, gelijknamig, doch complementair gekleurd zag, meent hij dat von KRIES de daaraan voorafgaande „negative phase“ niet heeft opgemerkt; hij zegt pag. 478:

„Die von KRIES'sche Darstellung des Nachbildverlaufes übergeht vollständig die negative Phase, die regelmässig zwischen der primären Erregung und dem positiven Nachbilde wahrgenommen wird, sowie auch jene die bei Anwendung etwas grösserer Lichtstärken nach dem positiven Nachbilde sich häufig noch beobachten lässt.“

Na al 't boven gezegde zal 't geen nader betoog behoeven dat de „negative phase“, die Hess meent dat von KRIES oversloeg, niets anders is, dan 't PURKINJE'sche nabeeld m. a. w. het positieve, complementaire, ¹⁾ 1/3 seconde durende (het secundaire beeld van BOSSCHA), dat is dus het nabeeld waarmede von KRIES zich juist uitsluitend bezighield.

Von KRIES zelf bespreekt in een later artikel ook de vermoedelijke oorzaak van de verschillen tusschen Hess en hem zelf. ¹⁾

Hij komt tot een andere verklaring ervan, houdt het n.m.l. voor 't waarschijnlijkst, dat Hess een te sterke lichtbron gebruikt heeft, en daardoor geheel andere dingen heeft gezien, die volstrekt niet te vergelijken zijn met wat hij, von KRIES, zelf waarnam.

Dit is echter niet waarschijnlijk; voorzoover uit Hess' verhandelingen blijkt, was de lichtbron die hij gebruikte, zeker niet te sterk; maar bovendien, Hess' eigen beschrijving der verschijnselen is zoo goed in overeenstemming met die van alle andere onderzoekers, inclusive von KRIES, dat moeilijk kan worden aangenomen, dat hij iets geheel anders waarnam.

¹⁾ J. VON KRIES. Kritische Bemerkungen zur Farbentheorie. Zeitschr. für Psych. und Phys. der Sinnesorgane Bd 19 8, 175. (Dec. 1898).

In ieder geval laat de kritiek van Hess den arbeid van vox KRIES geheel onaangetast, daar al zijn afwijkende resultaten een verschijnsel betreffen, waaromtrent vox KRIES geen mededeelingen deed.

Dit neemt echter niet weg dat de resultaten door Hess hierbij verkregen van groot belang zijn, daar 't zeker ook zeer interessant is te weten, hoe 't tweede langdurende, positief gelijknamige nabeeld (Bosscha's tertiair beeld) zich verhoudt tot de gele vlek.

Bij de proeven om dit na te gaan vermijdt Hess een lichtend fixatiepunt, dat direct moet worden gefixeerd. Hij toont n.m.l. aan dat 't op 't ontstaan van 't tertiaire beeld een belangrijk schadelijken invloed heeft, als dezelfde plaats der retina reeds van te voren door licht werd getroffen, hoe zwak dit dan ook zij.

Wanneer men dus een vergelijking wil maken tusschen de gele vlek en haar omgeving, dan mag niet van te voren reeds de gele vlek door 't licht van 't fixatiepunt zijn veranderd.

Om dit te vermijden brengt hij met phosphoreseerende verf twee lichtende punten op het scherm aan, en fixeert nu de donkere ruimte die daartusschen gelegen is.

Hij laat nu momentaan twee even groote en even sterke lichtbeelden optreden waarvan één zich bevindt juist tusschen de beide fixatiepunten, het tweede op een kleinen afstand ter zijde van 't eerste. Aldus valt 't beeld, dat van 't eerste gevormd wordt, op de gele vlek, terwijl het tweede wordt waargenomen door een plaats der retina, waar zoowel staafjes als kegeltjes zijn.

De beide positieve, langdurende nabeelden, die door deze twee momentane lichtsindrukken worden veroorzaakt zijn nu zeer goed te vergelijken, en Hess merkt tusschen hen beide niet het minste verschil op.

Deze proef varieert hij nog op de volgende wijze, om de fixatie nog wat minder vermoeiend te maken. Hiertoe brengt hij op 't scherm een kring van lichtende verf aan van ongeveer

6 c.M. middellijn. Hij richt zijn oogen nu op het donkere vlak binnen dezen kring en laat hierbinnen momentaan een groot aantal lichtbeeldjes verschijnen, die ieder slechts 3 m.M. middellijn hebben. Van deze lichtbeeldjes vallen dan zeker eenige op de fovea, en als er dus verschil was tusschen deze en haar omgeving zou dat hierbij aan 't licht moeten komen. Daar hij echter de positieve nabeelden, de direct en de indirect waargenomene alle even duidelijk ziet, concludeert hij dat er geen gelijk verschil tusschen die deelen van de retina niet bestaat.

Eindelijk neemt hij nog een experiment met zijn beweeglijk electrisch gloeilampje.

Hij voert dit door 't gezichtsveld, zoo dat het beeld ervan op het netvlies zoowel de gele vlek als de peripherie treft. Daarbij werd weer zorg gedragen dat niet bij de fixatie de fovea door licht werd getroffen.

Bij deze proef zag hij het lange streepvormige tweede nabeeld ononderbroken over de gele vlek voortloopen. Echter verdween het in de gele vlek het eerst, zoodat hij dan nog eenige oogenblikken de beide zijdelingsche stukken, door een donkere tusschenruimte van elkander gescheiden kon waarnemen.

Eenig verschil tusschen de gele vlek en haar omgeving is er dus wel.

Hij beschrijft dit verschijnsel pag. 464 aldus: „Wenn das Nachbild allmählich immer schwächer geworden ist, so kann man oft beobachten, dass es zuerst in der Gegend des directen Sehens vollständig erlischt, so dass man für kurze Zeit den Eindruck haben kann, als wäre der Nachbildstreif in zwei, nur ganz schwach sichtbare Teile zerfallen, die durch einen dunklen Zwischenraum von einander getrennt sind“.

Hij geeft hiervan de volgende verklaring die grootendeels op de aanname van een belangrijk verschil tusschen fovea en peripherie berust:

„Die Dauer des positiven Nachbildes ist im allgemeinen um so grösser, je stärker die Netzhaut erregt worden war.

In dem fovealen Netzhautbezirke kann nun die Erregung aus zwei Gründen relativ geringer sein, als in der Umgebung:

Erstens wird hier die zur percipirenden Netzhautschicht gelangende Lichtmenge wegen der Absorption durch das Maculapigment im Allgemeinen kleiner sein, als in der Umgebung. Zweitens aber adaptirt sich der foveale Netzhautbezirk langsamer und auch viel unvollständiger, als die Umgebung. Es wird schon nach kurzem Aufenthalt im Dunkeln durch ein Reizlicht von bestimmter Intensität die extrafoveale Netzhautparthie relativ stärker erregt werden, als die foveale, und es ist daher leicht erklärlich, dass die der letzteren entsprechende Nachbildstrecke auch früher erlischt". —

In hoofdtrekken 't verloop der nabeelden na momentane lichtsindrukken resumeerende, verkrijgt men, dat in 't algemeen de gang der verschijnselen is:

1^o. Het primaire kortdurende lichtbeeld, dat een korten tijd voortduurt na 't ophouden van de lichtsinerwerking (persistance de l'impression van PLATEAU, CHARPENTIER en vele anderen).

2^o. Een donker interval een klein deel van een seconde durende. Het is niet onder alle omstandigheden zichtbaar.

3^o.¹⁾ Het eerste of PURKINJE'sche nabeeld ('t secundaire beeld van BOSSCHA). Dit is lichter dan zijn omgeving (positief), $\pm$ complementair gekleurd en duurt ongeveer $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ sec.

Het werd steeds waargenomen door HESS en BOSSCHA; bij rood niet, doch bij alle andere kleuren steeds wel door DAVIS en BIDWELL; bij rood nooit, en bij de andere kleuren alleen dan, wanneer 't lichtbeeld excentrisch gezien werd door von KRIES.

4^o. Een kortdurende donkere phase (HESS, BOSSCHA).

5^o. Een ± 6 à 8 sec. durend nabeeld, dat zwakker is dan 3^o, doch toch lichter dan zijn omgeving (BOSSCHA's tertiair beeld). Hess zag het in 't eerste oogenblik gelijknamig gekleurd, en daarna kleurloos; voor BOSSCHA was het steeds van de zelfde rossige tint.

6^o. Alleen door HESS waargenomen een negatief nabeeld, dat is dus donkerder dan zijn omgeving (met een lichten hof omgeven) en complementair gekleurd.

Direct achter 't primaire gekleurde beeld ziet von KRIES dan onder bijzondere omstandigheden, n.m.l. lange adaptatie, nog een glanzend witten staart, die ook in de gele vlek ontbreekt.

En eindelijk heeft hij nog opgemerkt, dat 't PURKINJE'sche nabeeld ontbreekt, wanneer men zeer lang is geadapteerd voor duister, n.m.l. ± 2 uren.

HOOFDSTUK III.

Waarnemingen gedaan met een stilstaand lichtbeeld.

De eerste proeven, door mij genomen, geschieden volgens de door HESS ¹⁾ aangegeven en eveneens door BOSSCHA toegepaste methode.

Zij dienden aanvankelijk slechts om het geheele door hen beiden beschreven verschijnsel te leeren kennen, en de noodige oefening te verkrijgen.

Ik heb het voorrecht gehad met een en ander kennis te maken onder leiding van Prof. SNELLEN. Bij mijn verder meer gedetailleerd onderzoek heb ik mij mogen verheugen in de belangstelling en medewerking van mijn Promotor, Prof. ZWAARDEMAKER.

Bij de door HESS en BOSSCHA gebezigde wijze van experimenteren, dat is met een stilstaand object, spelen de verschillende stadia van 't proces zich op dezelfde plaats der retina af, en moeten dus alle na elkaar worden waargenomen, wat vooral voor de beide eerste moeilijk is, door de verbazende korthed van hun bestaan, en de snelheid waarmede 't secundaire beeld het primaire opvolgt.

Evenals door BOSSCHA werden aanvankelijk gekleurde objecten gebruikt, die met ongekleurd of althans slechts zeer zwak

¹⁾ I. c. in PFLUG Archiv. Bd. 49.

getint licht een zeer kleine fractie van een seconde werden zichtbaar gemaakt. Deze voorwerpen waren rechthoekige stukjes dof (niet glanzend), gekleurd lint van ± 3 bij 2 c.M. grootte.

Om na te gaan met welke wijze van momentane verlichting het verschijnsel het beste waar te nemen is, werden zoowel door HESS als door BOSSCHA twee hulpmiddelen met elkander vergeleken, n.m.l. de elektrische vonk en de momentontsluiting zooals de photographen die gebruiken, welke een verlichtingsduur van $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{200}$ sec. geeft.

Hunne conclusies waren verschillend; terwijl HESS de voorkeur gaf aan de momentontsluiting, verkoos BOSSCHA de elektrische vonk, omdat hij daarmee de verschillende onderdelen van 't verschijnsel het beste kon waarnemen.

Dit laatste schreef B. toe aan den korteren duur van de verlichting. Wat hij a priori reeds verwacht had, n.m.l. dat 't duidelijker zou zijn waar te nemen, naarmate de verlichting korter duurde, werd vooral voor 't secundaire (PURKINJE'sche) beeld bevestigd. Naarmate hij den ontsluitingsduur verlengde werd 't secundaire beeld moeilijker waar te nemen en bij een duur der verlichting van 1 sec. was slechts nu en dan nog iets van de complementaire kleur te zien.

Het tertiaire beeld daarentegen duurde langer, naarmate de verlichtingsduur langer was; bedroeg deze laatste 4 sec., dan bleef 't tertiaire beeld 14 sec. lang zichtbaar.

Om deze opmerkingen te controleeren deed ik een reeks proeven, zoowel met de momentontsluiting, als met de elektrische vonk.

Een vonk van voldoende lichtsterkte verkreeg ik, evenals vroeger BOSSCHA, door middel van een grooten Rumkorff's inductor, waaraan, om de vonk een voldoende lichtsterkte te geven, in een nevenketen een Leidsche flesch was aangebracht.

De uitkomst van 't vergelijkend onderzoek was, dat er geen noemenswaardig verschil op te merken viel; dat dus met beide momentane verlichtingswijzen voor mij 't verschijnsel evengoed waarneembaar was.

Toen werd de elektrische vonk nader onderzocht en ontleed, en daarbij bleek dat deze, voor de getroffen inrichting althans, niet veel korter van duur was dan de openingstijd van de momentontsluiting. De vonk vormde n.m.l. niet één geheel, doch bestond uit een opeenvolging van gewoonlijk 4 of meer kortere vonken. Immers wanneer in 't duistere vertrek een draaiende schijf met de vonk verlicht werd, die geheel zwart was op één enkele witte stip na, dan zag men niet één enkele, doch *minstens vier* witte stippen, alle volkomen scherp waarneembaar.

Dit kan moeilijk aan iets anders worden toegeschreven, dan dat vier werkelijk zeer korte vonken na elkaar waren overgesprongen, door donkere tusschenruimten van elkander gescheiden.

Uit den te schatten afstand der beide uiterste der 4 waargenomen stippen en de omwentelingssnelheid van de schijf kon de gezamenlijke duur der vier vonken met de donkere ruimten worden berekend, en deze bleek nu ten naastbij overeen te komen met den openingsduur der momentontsluiting. Met volkomen zekerheid was deze laatste echter niet te bepalen.

Gegeven de installatie, analoog aan die welke BOSSCHA gebruikte, werkt men alzoo met 4 opeenvolgende zeer korte verlichtingen, waarvan de gezamenlijke duur in elk geval wel korter is dan die van de gebezigde momentontsluiting.

De nu volgende proeven, met de elektrische vonk genomen, droegen nog steeds een orienteerend karakter en konden daarom niet volkomen systematisch plaats hebben.

Uit de genoteerde opmerkingen zijn desniettemin enkele punten vermeldenswaard.

Ik wil deze uitkomsten hier in 't kort mededeelen; de meeste werden bij de later mede te deelen systematische proefreeksen nog nader onderzocht.

1°. Ontrent het *secundaire beeld*.

Dit kortdurende ($\frac{1}{3}$ sec.) ongeveer complementaire nabebeld, werd voor mij niet, zooals voor BOSSCHA, minder goed waarneembaar naarmate de verlichting langer duurde; integendeel,

hoe meer ik den verlichtingsduur verlengde, hoe helderder en beter waarneembaar 't secundaire beeld werd.

Wat de vraag betreft of 't positief was of negatief, d.w.z. lichter of donkerder dan zijn omgeving, kon ik mij geheel scharen aan de zijde van alle andere onderzoekers, alleen Hess' allereerste mededeelingen uitgezonderd: het was steeds helder licht, zeer belangrijk lichter dan de omgeving.

De kleur er van was niet altijd complementair. Het meest nabij de complementaire kwam zij bij een rood object, waarbij 't secundaire beeld steeds groen was. De sterkste afwijking verkreeg ik met een blauw voorwerpje, daar hierbij 't secundaire beeld steeds helder rood was. Bij de andere kleuren die ik gebruikte, geel, groen en paars, waren de afwijkingen sterker dan bij 't roode, doch minder sterk dan bij 't blauwe object.

2°. Omtrent 't *tertiaire beeld*.

Dit duurde steeds, als bij Hess en Bosscha, verscheidene seconden.

Wat de intensiteit betreft klopten mijne waarnemingen vrijwel met hunne beschrijvingen: het was n.m.l. vrij wat zwakker dan 't secundaire beeld, intusschen nog duidelijk lichter dan de omgeving, dus positief in BRÜCKE's opvatting.

Mijn waarnemingen omtrent de kleur eindelijk, kwamen geheel overeen met die van Hess:

Wanneer ik niet te lang in 't duister vertrek had verkeerd en dus nog weinig geadapteerd was, dan was de kleur van 't tertiaire beeld steeds 't eerste moment duidelijk gelijknamig met die van 't object, om echter weldra in een onbestemd grijs over te gaan.

Bij langer adaptatie was er evenals bij Hess weinig of niets van deze gelijknamige kleuring meer te ontdekken; het na-beeld was dan steeds vuil grijs.

In dit opzicht verschilden mijne waarnemingen dus even sterk van die van Bosscha, als de vroegere van Hess. Het gelukte mij echter drie verschillende omstandigheden aan te

wijzen, die 't tertiaire beeld voor mij evenals voor Bosscha ongekleurd of slechts vuil getint maakten: deze waren:

1°. Zooals ik reeds vermeldde: adaptatie voor duister. Het is mogelijk dat Bosscha te sterk geadapteerd was, om de gelijknamige kleur waar te nemen.

2°. Hoe zwakker het licht, des te minder duidelijk de kleur van 't tertiaire beeld. Zoover ik heb kunnen nagaan, was echter Bosscha's vonk niet zwakker dan de mijne.

3°. De afstand van 't oog van den waarnemer tot 't object.

Was deze slechts 1 d.M., dan was 't tertiaire beeld altijd rossig of vuil grijs; bevond mijn oog zich echter op een afstand van 40 à 50 c.M. dan was de gelijknamige kleur steeds goed waarneembaar.

Bij zoo korten afstand was 't licht eenigszins verblindend, en bovendien wordt een veel grooter netvliesdeel er door getroffen, beide omstandigheden, waarvan men a priori reeds verwachten mag dat ze invloed zullen hebben.

Nu was de genoemde afstand bij Hess' proeven ± 30 c.M. terwijl hij door Bosscha veel korter genomen werd. Bosscha vermeldt in zijn proefschrift niet hoever hij zich van 't object bevond; hij deelde mij mondeling mede, dat dit slechts weinig meer dan 1 d.M. bedroeg.

In de hier genoemde omstandigheden *kan* de oorzaak gelegen zijn van de verschillen tusschen Hess en Bosscha.

Daar het belangrijke onderscheid, dat tusschen de waarnemingen van verschillende onderzoekers bestaat, misschien voor een deel zijn grond heeft in 't feit dat hunne kleuren niet geheel overeenstemden, scheen 't van belang in plaats van de tot nu toe gebruikte pigmenten, spectrale kleuren te bezigen. Daar men aldus met veel meer zekerheid kan aangeven van welke golflengten de verschillende kleuren zijn, die men gebruikt, zullen de resultaten van hen die later deze proeven mochten controleeren beter met de onze te vergelijken zijn.

Ook Hess had dit reeds gevoeld, en daarom een gedeelte zijner waarnemingen met homogene kleuren gedaan. De daarmee verkregen resultaten kwamen vrij wel overeen met de uitkomsten der andere proeven, waarbij hij zijn licht kleurde door middel van gekleurde glazen.

Om 't beoogde doel te bereiken maakte ik gebruik van een spectroscop. Als lichtbron diende daarbij een Stue's gasbrander, terwijl door middel van een reguleur zorg gedragen werd dat de grootte der vlam, en dus de lichtsterkte, bij benadering constant was.

Aan de oculairbuis was een schuiver van Vierordt aangebracht. De spleet daarvan, die zich in de buis bevindt, vlak voor 't oculair, kan naar willekeur verwijd en vernauwd worden. De wijdtte die ik koos was zoo genomen, dat de geheele spleet steeds in één kleur was verlicht. Ze moest daartoe tamelijk smal worden gemaakt, en aldus verkreeg ik een rechtopstaand, zeer langwerpig, rechthoekig lichtbeeldje.

Het was natuurlijk van belang te weten hoe groot 't deel van 't netvlies was, dat hier door getroffen werd, d.w.z. of, en hoever ongeveer, dit zich uitstreckte buiten de gele vlek.

Daartoe was 't noodig de schijnbare grootte van 't lichtbeeldje te kennen. Deze bepaalde ik op de volgende wijze door middel van een microscopisch tekenapparaat (camera lucida). Dit apparaat werd op 't oculair van den spectroscop bevestigd en nu 't beeldje nageteekend op een wit schermpje, dat door een helper werd vastgehouden. Dit schermpje bevond zich daarbij op een afstand van 20 c.M. van 't oog.

De afbeelding, die ik op deze wijze van 't lichtbeeldje verkreeg, was 15 m.M. hoog en $2\frac{1}{2}$ m.M. breed. Een beeldje van deze grootte, op een afstand van 20 c.M., wordt gezien onder een hoek van ongeveer $4,5^\circ$.

Nu moet een voorwerpje onder een hoek van $\pm 2^\circ$ gezien worden om geheel te kunnen vallen binnen 't staafjesvrije gebied der gele vlek, en onder een hoek van $3,3^\circ$ om geheel

te vallen binnen dat deel der retina, waar de functie der kegels overwegend is.¹⁾

Vergelijken we dit met de grootte van 't door mij gebezigde lichtbeeldje, dan blijkt dat dit steeds, ook wanneer 't goed gefixeerd werd, voor een vrij belangrijk gedeelte viel op 't netvliesgebied, waar ook de staafjes duidelijk functioneeren.

Daar dit ook bij Hess en Bosscha het geval was, zijn mijne proeven in dit opzicht dus met de hunne vergelijkbaar.

Door aan de oculairbuis verschillende stand te geven, ten opzichte van de collimatorbuis, kon voor verschillende kleuren worden ingesteld.

De golflengten waarmede de proeven werden gedaan waren die, beantwoordende aan de Fraunhofer'sche lijnen C, D, b, F en G, en hare onmiddellijke omgeving.

Met zonlicht werd bepaald welke positie aan de oculairbuis moest worden gegeven, om die lijnen juist in 't midden van de oculairspleet te brengen. Was de spectroscop nu voor de gasvlam geplaatst, dan kon ik uit 't spectrum daarvan een dier vijf kleuren kiezen, door de oculairbuis in den daarvoor gevonden stand te brengen.

De wijdtte der collimatorspleet bedroeg steeds 2 m.M.; alleen voor de weinige experimenten, die met violet (lijn G) genomen werden, werd zij op 4 m.M. gebracht, daar anders de lichtsterkte niet voldoende was.

Voor een korten verlichtingsduur werd op de volgende wijze gezorgd: tusschen den Stue's brander en de collimatorspleet hing een schermpje, dat aan een korten slinger bevestigd was. In dit schermpje was een opening, die 't licht toeliet in de collimatorbuis te dringen op 't oogenblik, dat de slinger zijn laagsten stand had bereikt. De slinger kon aan de eene zijde aan een haakje worden opgehangen, waarvan men hem op 't juiste oogenblik af kon doen vallen; aan de andere zijde werd hij dan door een veer gegrepen, zoodat hij niet terug

¹⁾ Zie KOSTER l. c. pag. 10.

kon vallen, wat door een hernieuwde toelating van licht, storend zoude inwerken.

De snelheid waarmede de slinger het laagste punt passeerde kon gevarieerd worden door de hoogte te veranderen van waar hij viel. Hiertoe behoefde slechts het zoo straks genoemde haakje hoger of lager geplaatst te worden.

Hoe hooger het was aangebracht, met des te meer snelheid passeerde de slinger 't laagste punt, en des te korter was dus de verlichting. Om de laatstgenoemde te kunnen varieeren koos ik voor mijne proeven den hoogsten en den laagsten stand, dien ik aan 't haakje geven kon, en den juist daartusschen gelegenen.

De aldus verkregene openingstijden bedroegen 1_{60} , 1_{30} en 1_{15} seconde, hetgeen bepaald werd door toepassing der graphische methode: aan den slinger was n.m.l. een beroet papier aangebracht, waarop een trillende stemvork schreef terwijl de slinger viel. Uit de zoo verkregen curve kon de snelheid der beweging worden berekend, en uit deze de tijd, die noodig was om de opening in 't scherm van den slinger te doen passeeren, dat is dus de verlichtingstijd.

Met deze 3 verlichtingstijden werden de eerste proefreeksen genomen.

Weldra bleek, dat nog in één opzicht de beschreven inrichting onvoldoende was. Het was n.m.l. bijna niet mogelijk met voldoende zekerheid den stand van 't oog voor 't oculair en de blikrichting te bepalen, die noodig waren om 't zoo plotseling en kortstondig optredende lichtbeeld waar te nemen.

In de oculairbuis heerscht n.m.l. de meest volslagen duisternis, zoodat men eenvoudig op de gis er in moet kijken, in de hoop het lichtbeeldje, wanneer 't verschijnt, ook waarlijk te zien. Dit mislukt echter in een groot aantal der proeven, en in een gedeelte van die proeven, waarin men 't wel waarneemt, is dit slechts half of onduidelijk, doordat 't te veel excentrisch is.

Het was dus wenschelijk door 't aanbrengen van een zeer

zwak lichschijnsel 't mogelijk te maken de oculairspleet reeds te fixeeren voordat 't gekleurde licht haar vulde.

Hierin werd op de volgende wijze voorzien: een zwakke lichtbron werd zoo geplaatst, dat de daarvan uitgaande stralen, vielen op dat vlak van 't prisma van den spectrocoop, dat naar de oculairbuis toegekeerd is, 't vlak dus, waar de gedispergeerde lichtbundel uit 't prisma treedt.

Men kan gemakkelijk een stand van die zwakke lichtbron vinden, waarbij 't licht, dat daarvan op 't prisma valt, juist in de richting der oculairbuis wordt teruggekaatst.

Is deze opstelling gevonden, dan ziet de waarnemer, die voor 't oculair gezeten is, de oculairspleet natuurlijk door deze stralen verlicht en kan haar aldus behoorlijk fixeeren. Men make dit licht nu zoo zwak, dat 't nog juist even waar te nemen is. Om de intensiteit van dit fixatielicht gemakkelijk te kunnen regelen, bezigde ik een kaars, brandend in een ondoorzichtigen koker, waarin een ALBERT's diaphragma was aangebracht. Door de opening van 't laatstgenoemde wijder of nauwer te maken, heeft men de regeling der sterkte van 't fixatielicht geheel in zijn macht. Ik bezigde steeds een uiterst zwakken schemer, zoo zwak, dat hij slechts met moeite waar te nemen viel.

Eindelijk moest gezorgd worden, dat geen andere lichtstralen 't oog van den waarnemer treffen konden, dan die van 't zwakke fixatielicht en die van 't waar te nemen gekleurde beeldje. Hiertoe moesten natuurlijk de proeven in de donkere kamer plaats vinden. Om den SUGG's brander was een metalen cylindler met een schoorsteen aangebracht, en om de kaars, die 't fixatielicht leverde, eveneens een ondoorzichtige koker, zooals zooeven reeds werd medegedeeld. Bij deze inrichting waren echter toch nog zeer zwakke lichschijnsels in 't vertrek aanwezig, en om 't oog voor deze te beschutten werd over 't hoofd van den waarnemer en de oculairbuis van den spectrocoop een zware wollen doek gelegd, in nabootsing van de wijze waarop de fotografen dat doen. Aldus was

werkelijk geen enkele lichtstraal meer waar te nemen, die storend zou hebben kunnen inwerken.

Zoo was de inrichting gereed voor 't onderzoek, en werd hiermede dus begonnen.

De gekleurde lichten werden gebezigd in hunne relatieve intensiteiten, zooals zij in 't spectrum van een gasvlam voorkwamen. Men bedenke dat dan het roodgele licht het meest intensief is, vervolgens het gele, dan 't groen, het rood en het blauw, om van 't violet niet te spreken.

De intensiteiten, bij behoud der saturatie, gelijk te maken werd beproefd, doch bleek bij de gekozen installatie technisch onuitvoerbaar.

Aanvankelijk werden een aantal proeven genomen ter oriëntering, om de nieuwe proefinrichting te leeren kennen en 't verschijnsel er mede te leeren waarnemen. De van deze aanvankelijke proeven aangeteekende resultaten werden door de later genomen systematische proefreeksen alle bevestigd en behoeven dus niet afzonderlijk vermeld te worden.

Allereerst wilde ik thans den invloed van den verlichtingsduur, beneden een zeker maximum, n.m.l. beneden $\frac{1}{15}$ sec., nagaan. Hiertoe werden gebruikt de drie vroeger genoemde verlichtingstijden n.m.l. $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{30}$ en $\frac{1}{15}$ sec.

Met ieder hunner werd voor elke kleur een reeks van 10 proeven genomen, in 't geheel dus 15 reeksen, ieder van 10 proeven. Al deze experimenten geschieden met een voor 't diffuse daglicht geadapteerd oog (na een verblijf in 't duister van ± 1 minuut.) Na iedere proef verkeerde ik weder 5 minuten in 't diffuse daglicht.

Ik kan volstaan met de uitkomsten van al deze proeven in drie, als 't ware gecondenseerde, tabellen weer te geven.

De hier afgedrukte tabellen zijn van denzelfden vorm, als de uitgebreidere waarin de resultaten tijdens 't experimenteren werden aangeteekend: zij bestaan uit zeven kolommen voor de 7 phasen, waaruit 't geheele verschijnsel kan bestaan. Wel zijn niet altijd al deze phasen waar te nemen, doch zij

zijn alle toch werkelijk te hunner tijd gezien en beschreven, al is dat nu ook niet in een enkele proef alle tegelijk.

Deze 7 phasen zijn:

- 1°. 't primaire beeld, 't gekleurde lichtbeeld zelf.
- 2°. een donker interval.
- 3°. het secundaire beeld, of 't PIRKINJE'sche nabeeld.
- 4°. een donkere phase.
- 5°. het tertiaire beeld, 't positief gelijknamige, eenige seconden durend.
- 6°. een donker interval.
- 7°. een werkelijk negatief nabeeld, donker dus met een lichten hof omgeven, en complementair gekleurd, hetzelfde, dat men veel gemakkelijker te zien krijgt door een langer verlichtingsduur. Dit wordt bij zoo korte verlichtingen alleen door HESS nu en dan aangegeven.

TABEL I.

EXPOSITIEDUUR $\frac{1}{30}$ Sec.

Adaptatie voor diffuus daglicht, 5 min. rust tusschen de proeven.

Primair beeld.	Donker interval.	Secundair beeld.	Donker interval.	Tertiair beeld.	Donker interval.	Quaternair beeld (negatief).
<i>Rood.</i> (lijn C).	niet.	?	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	purper 1 a 2 sec.	niet.	niet.
<i>Geel.</i> (lijn D).	niet.	onzeker, een enkele maal violet.	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	gewoonl. rood-achtig geel 1 a 2 sec.	niet.	niet.
<i>Groen.</i> (lijn b).	onzeker.	roodpaars. ¹⁾	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	groenachtig grijs ± 2 sec.	niet.	niet.
<i>Blauw.</i> (lijn F).	onzeker.	bleekpaars.	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	blauwgrijs 1 a 2 sec.	niet.	niet.
<i>Violet.</i> (lijn G). (Collimator-spleet 4 m.M.)	niet.	oranje.	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	onduidelijk, grijs.	niet.	niet.

Het secundaire beeld maakte steeds den indruk even lang te duren als 't primaire. De andere aangegeven tijden zijn slechts ruwe schattingen.

¹⁾ Om de tinten aan te duiden die de overgangen vormen van purper tot violet gebruik ik de volgende benamingen: purper, roodpaars, paars, violet.

44

TABEL II.

EXPOSITIEDUUR $\frac{1}{30}$ Sec.

Adaptatie voor diffuus daglicht, 5 min. rust tusschen de proeven.

Primair beeld.	Donker interval.	Secundair beeld.	Donker interval.	Tertiair beeld.	Donker interval.	Quaternair beeld (negatief).
<i>Rood.</i> (lijn C).	niet.	?	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	purper 1 a 2 sec.	soms?	soms?
<i>Geel.</i> (lijn D).	niet.	paars, niet zeker.	$\pm \frac{1}{3}$ sec.	gewoonl. eerst duidelijk geel-rood, daarna vuil geel ± 2 sec.	niet.	niet.
<i>Groen.</i> (lijn b).	niet.	roodpaars.	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	groen, 2 a 3 sec.	soms?	soms donker met lichten hof. niet.
<i>Blauw.</i> (lijn F).	?	bleekpaars (rosc).	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	meestal eerst mooi blauw, dan grijs ± 2 sec.	niet.	niet.
<i>Violet.</i> (lijn G). (Collimator-spleet 4 m.M.)	?	oranje.	hoe lang?	violet, kort en onduidelijk.	niet.	niet.

Duur van 't secundaire beeld ongeveer gelijk aan die van 't primaire.

45

TABEL III.

EXPOSITIEDUUR $1\frac{1}{15}$ SEC.

Adaptatie voor diffuus daglicht, 5 min. rust tusschen de proeven.

Primair beeld.	Donker interval.	Secundair beeld.	Donker interval.	Tertiair beeld.	Donker interval.	Quaternair beeld (negatief).
<i>Rood.</i> dijn C_1	?	geelgroen, vaak onzeker.	$\pm 1\frac{1}{2}$ sec.	eerst scherp en paarsrood, daar- na grijs 2 a 3 sec.	niet.	niet.
<i>Geel.</i> dijn D_1	?	paars.	kort, dan $1\frac{1}{3}$ sec., soms niet.	roodachtig geel of soms grijs 2 a 3 sec.	niet.	niet.
<i>Groen.</i> dijn G_1	?	roodpaars.	kort.	eerst mooi groen, daarna vuil grijs 2 a 3 sec.	niet.	niet.
<i>Blauw.</i> dijn F_1	niet.	bleekpaars.	$1\frac{1}{3}$ sec.	eerst mooi blauw, dan vuil grijs ± 2 sec.	niet.	niet.
<i>Violet.</i> dijn G_2 (collimator-spleet 4 m.m.)	niet.	oranje, vaak onzeker.	?	soms een zwak- ke schijn.	niet.	niet.

¹ Secundaire beeld duurt ongeveer even lang als 't primaire.

² Tertiaire beeld gewoonlijk eerst gelijknamig en zeer scherp begrensd, daarna grijs en met minder scherpe randen.

Deze tabellen leeren, dat voor alle fasen van 't verschijnsel de langere verlichtingsduur van $1\frac{1}{15}$ sec. veel gunstiger is. Zoowel 't secundaire als 't tertiaire beeld worden hiermede bij alle kleuren veel beter waargenomen.

Het secundaire beeld (Purkinje's nabeeld) is lang niet altijd goed complementair. Het meest komt 't daaraan nabij, wanneer 't primaire beeld rood is. Hierbij is 't veel moeilijker waarneembaar, dan bij eenige andere kleur, het volgt verbazend snel op 't primaire beeld en duurt verbazend kort. Bij een verlichtingstijd kleiner dan $1\frac{1}{15}$ sec. is 't geen enkele maal met zekerheid waargenomen. Ook bij een expositieduur van $1\frac{1}{15}$ sec. ontsnapt 't nog vaak aan de waarneming, maar daarbij werd het toch eenige malen ontwijfelbaar gezien en met zekerheid als groen herkend.

Bij de andere kleuren is veel meer bestheid in de waarneming van dit nabeeld, en 't werd dan ook bij $1\frac{1}{10}$ sec. verlichtingsduur reeds menigmaal herkend.

Voor de duidelijke waarneming van 't tertiaire beeld is de gunstige invloed van een langeren verlichtingsduur nog grooter. Vooral wanneer deze $1\frac{1}{15}$ sec. bedroeg werd met zekerheid vastgesteld, dat 't tertiaire beeld begint met gelijknamig gekleurd te zijn, doch deze kleur snel verliest en dan nog eenige oogenblikken als een vuil gefint grijs beeldje blijft voortbestaan. In een gedeelte der proeven was 't zeer treffend, dat het tertiaire beeld 't eerste oogenblik, waarin de gelijknamige kleur duidelijk was, veel scherper was begrensd, dan daarna, wanneer 't nog slechts grijs was. In 't eerste begin vormde het een scherp begrensd rechthoekje, daarna een minder duidelijk omliggende, langwerpige, grijze vlek.

Aldus was vastgesteld dat, beneden een maximum van $1\frac{1}{15}$ sec., verandering van den verlichtingsduur geen anderen invloed op 't verloop van 't geheele verschijnsel heeft, dan dat alle fasen duidelijker worden.

Daarna ging ik na, welken invloed de adaptatie voor duister op deze nabeelden heeft, bij zulk een korte verlichting.

Hiertoe werden voor iedere kleur reeksen van 6 experimenten genomen; van zoo'n reeks van 6 waren dan telkens 3 met 't rechter en 3 met 't linker oog gedaan.

Vóór 't begin van iedere proefreeks, verkeerde ik gedurende 20 min. in absolute duisternis, terwijl na ieder experiment weder 5 min. gewacht en geadapteerd werd, voordat 't volgende werd gedaan.

Bij deze proeven werden aangewend verlichtingstijden van $\frac{1}{60}$ en $\frac{1}{15}$ seconde; daar de resultaten in beide gevallen geheel overeenkomen, zooals naar de vorige uitkomsten ook te verwachten was, worden ze hier slechts in één tabel weergegeven.

TABEL IV. Resultaten bij een Expositieduur van $\frac{1}{60}$ en $\frac{1}{15}$ sec. en bij adaptatie voor duister (20 min.) verkregen.

Primair beeld.	Donkere phase.	Secundair beeld.	Donkere phase.	Tertiair beeld.	Donkere phase.	Quaternair beeld (negatief).
<i>Rood.</i> (lijn C.)	wel.	geelgroen, steeds mooi.	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	steeds mooi purperrood $\pm \frac{1}{2}$ sec.	gewoonlijk niet.	éénmaal olif-groen, met lichten rand.
<i>Geel.</i> (lijn D.)	?	paars.	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	roodachtig geel $\pm \frac{1}{3}$ sec.	niet.	niet.
<i>Groen.</i> (lijn b.)	?	roodpaars.	$\pm \frac{1}{2}$ sec.	grijs, niet erg duidelijk.	niet.	niet.
<i>Blaauw.</i> (lijn F.)	wel?	bleek purper, zeer mooi.	?	nooit duidelijk, vaak zelfs geheel onzeker.	niet.	niet.
<i>Violet.</i> (lijn G.) (Calimatos-pleet 4 m.M.)	?	oranjegeel.	?	onzeker.	niet.	niet.

Uit deze tabel blijkt, dat 't verschijnsel niet ingrijpend verandert tengevolge van de adaptatie voor duister, maar toch zijn er enkele punten, die de moeite waard zijn nog even gereleveerd te worden.

In de eerste plaats was voor alle kleuren 't secundaire beeld beter waarneembaar, dan bij daglichtadaptatie; zelfs bij een rood primair beeld was 't steeds goed te herkennen, ook wanneer de verlichtingsduur slechts 1^{ste} sec. bedroeg.

Geheel anders was 't echter met 't tertiaire beeld gesteld; hierop is de invloed van de adaptatie zeer verschillend naar gelang van de kleur van 't primaire beeld.

Was dit laatstgenoemde rood of geel, dan was 't tertiaire beeld gewoonlijk nog veel beter gekleurd en duidelijker waar te nemen, dan bij daglichtadaptatie. Doch was 't primaire beeld groen of blauw, dan was 't tertiaire onduidelijk, wazig, zonder goed herkenbare kleur, in 't kort dus veel minder mooi, dan bij adaptatie voor diffuus daglicht.

Terwijl dus de invloed van 't verblijf in 't duister op 't secundaire beeld van alle kleuren beslist gunstig was, werd 't tertiaire bij twee kleuren (rood en geel) duidelijker, bij 2 andere kleuren (groen en blauw) veel minder duidelijk. Dit onverwachte verschil was wezenlijk zeer treffend.

Het tertiaire beeld van 't zeer zwakke violet was, zoowel bij daglicht- als bij duister-adaptatie, onduidelijk en vaak afwezig, en levert dus geen goed punt van vergelijking voor die beide toestanden van 't oog.

Nog een ander punt scheen mij van belang voor een nader onderzoek n.m.l. hoe 't verloop van 't verschijnsel zou worden door langer verlichtingsduur. Mijne voorloopige waarnemingen deden mij verwachten, dat ik hieromtrent andere resultaten zou krijgen, dan BOSSCHA.

Deze zag bij verlenging van zijn expositieduur tot 4 sec. het secundaire beeld onduidelijker worden, doch 't tertiaire beeld daarentegen duidelijker en langer van duur.

Terwijl 't laatstgenoemde beeld bij 0.02 sec. verlichtings-

tijd 5 sec. duurde, was het bij een verlichting van 4 sec. verlengd tot 14 sec.

Om na te gaan of ik, wat beide punten betreft, dezelfde of andere uitkomsten kreeg, experimenteerde ik met expositietijden van 1, 2 en 4 sec.

Hiertoe werd een electromagneet gebezigd, aan welks hamertje een koord bevestigd was, dat aan een hefboom trok, die om een horizontale as beweeglijk was. Aan dezen hefboom was een schermpje aangebracht, dat 't licht belette in de collimatorbuis te dringen, wanneer het neerhing, doch 't licht wel toeliet, als 't door 't hamertje van den electromagneet werd opgetrokken. Door middel van een secondenslinger kon de tijd, gedurende welken 't schermpje was opgeheven worden geregeld. Door dien slinger werd n.m.l. iedere seconde een metalen schijf een eindje voortbewogen, waarin koperen veertjes, die bij deze beweging der schijf door een kwikbakje gingen. De lengte van dit kwikbakje kon men nu zoo kiezen, dat de slinger 1, 2 of 4 seconden noodig had om zoo'n veertje door het kwik heen te brengen. En zoolang als het veertje in het kwik was, bleef de stroom door den electromagneet gaan en dus 't schermpje omhoog geheven.

Overigens was de inrichting geheel dezelfde als in alle vorige experimenten.

In de drie volgende, gecondenseerde tabellen wordt een overzicht gegeven van de resultaten dezer proeven.

TABEL V.

EXPOSITIEDUUR 1 Sec.

(Met iedere kleur zijn 10 experimenten genomen).

Primair beeld.	Donkere phase.	Secundair beeld.	Donkere phase.	Tertiair beeld.	Donkere phase.	Quaternair beeld.
<i>Rood.</i> (lijn C).	?	lichtgroen.	soms.	eenige malen duidelijk purper, zeer kort $\pm 1/3$ sec.	$\pm 1/2$ sec.	olijfgroen met lichte soms rose randen; eenige seconden.
<i>Geel.</i> (lijn D).	?	paars.	?	soms iets geeligs.	?	zwart met lichtgeel randje; eenige seconden.
<i>Groen.</i> (lijn b).	?	roodpaars (zeer verzadigd).	kort.	groen of groenblauw, zeer kort.	ja.	zwart met lichten rand, die soms rood was; eenige seconden.
<i>Blauw.</i> (lijn F).	?	purper (zeer verzadigd).	kort.	eenige malen blauw, zeer kort.	kort.	zwart met een zwak licht randje gewoonlijk; eenige seconden.

¹ Secundair beeld was steeds duidelijker, en duurde iets langer dan ¹ ooit was bij korte verlichting.

TABEL VI.

EXPOSITIEDUUR 2 Sec.

(Met iedere kleur zijn 10 experimenten genomen).

Primair beeld.	Donkere phase.	Secundair beeld.	Donkere phase.	Tertiair beeld.	Donkere phase.	Quaternair beeld.
<i>Rood.</i> (lijn C).	?	groen (vrij duidelijk).	kort.	eenige malen, zeer kort, rood.	kort.	Donker groen met breede rose randen; eenige seconden.
<i>Groen.</i> (lijn D).	?	paars (zeer duidelijk).	?	niets.	± 1 sec.	zwart (een paar maal donker violet) met lichte gele randen; eenige seconden.
<i>Geel.</i> (lijn b).	?	eerst purper, daarna een oogenblik violet wordend.	?	soms, doch onzeker.	kort.	zwart (soms donker paars) met zwak lichten (soms geel groenen) rand; verscheiden seconden.
<i>Blauw.</i> (lijn F).	?	purper (zeer verzadigd).	kort.	eenige malen zeer kort grijsblauw.	kort $\pm 1/2$ sec.	zwart in een lichtgrijs veldje; eenige seconden.

(4 experimenten genomen met iedere kleur).

Primair beeld.	Donkere phase.	Secundair beeld.	Donkere phase.	Tertiair beeld.	Donkere phase.	Quaternair beeld.
<i>Rood.</i> (lijn C).	?	lichtgroen, niet erg duidelijk.	niet.	?	?	donker blauwig- groen in zeer licht, geelrood veld; verschei- dene seconden.
<i>Geel.</i> (lijn D).	?	paars (zeer duidelijk).	?	?	?	violet in helder geel veld, nog een tweede maal terugkomend.
<i>Groen.</i> (lijn b).	?	roodpaars (zeer duide- lijk).	?	?	?	donker violet in helder geelgroen veldje; verschei- dene seconden.
<i>Blauw.</i> (lijn F).	?	purperrood (zeer ver- zadigd).	?	?	?	zwart in grijs veldje; eenige seconden.

Zooals men ziet komen deze resultaten niet geheel overeen met die van BOSSCHA. Behalve wanneer 't primaire beeld rood was, werd 't secundaire mooier en beter waarneembaar naarmate de verlichtingsduur langer was.

Het tertiaire beeld, d. i. 't positieve, gelijknamiggekleurde, is bij een verlichtingsduur van 1 sec. nog vrijwel geregeld waar te nemen, alleen duurt 't dan reeds belangrijk korter, dan bij meer momentane lichtindrukken; bij een verlichting van 2 sec. wordt er slechts nu en dan iets van gezien, en bij een verlichting van 4 sec. wordt 't niet meer waargenomen.

Beter wordt waargenomen, naarmate de verlichtingsduur langer is, 't quaternaire beeld, dat steeds negatief is en complementair.

Maakt men nu den verlichtingsduur nog langer, dan blijft 't verschijnsel 't zelfde als 't bij 4 sec. reeds is; alleen wordt 't laatste, negatieve nabeeld dan langduriger en komt eenige malen terug. Dit negatieve nabeeld is dan niet meer een quaternair, doch een tertiair beeld geworden, daar 't positief gelijknamige bij zoo langen verlichtingsduur wegvallt. We hebben hier dus een geval, waar de wat al te neutrale nomenclatuur van BOSSCHA verwarring zou kunnen stichten.

Tot dusverre waren mijne proeven niets anders dan een herhaling van die van HESS en BOSSCHA, alleen met dit onderscheid, dat ik spectrale kleuren gebruikte in plaats van pigmenten, en dat mijn lichtbeeld wat kleiner was dan 't hunne. Echter trof 't, evenals bij hun proeven, zoowel de gele vlek als de daarnaast gelegen deelen, waar reeds veel staafjes zijn.

Mijn lichtsterkte was zeker ook niet dezelfde als die van hen, wat echter moeilijk uit te maken is, daar geen van beiden dienaangaande metingen gedaan heeft.

Door de onderzoekingen van vox KRIES was 't nu echter noodig geworden, een belangrijke verandering in de wijze van proefneming aan te brengen. Het lichtbeeld moest n.m.l. zoo klein worden gemaakt, dat het bij fixatie alleen het centrum der gele vlek trof, dus een netvliesgebied, waar staafjes totaal ontbreken.

Wanneer hiermede *vox Kries'* waarnemingen, dat 't secundaire beeld in de gele vlek ontbreekt, worden bevestigd, dan volgt daaruit aanstonds, dat alleen op deze wijze voortaan het onderzoek naar de besproken nabeelden mag worden gedaan, om resultaten te krijgen, die voor een goede duiding geschikt zijn.

Hiertoe werd eenvoudig de collimatorspleet van den spectroscop zooveel verlaagd, dat 't lichtbeeldje even hoog als breed werd. Het trof aldus een netvliesgedeelte, even groot als getroffen zou worden door een vierkant voorwerpje van 2^1 z m.M. zijde, gezien op een afstand van 20 c.M. Zulk een voorwerpje wordt gezien onder een hoek van $\pm 0,8^\circ$. Daar, zooals we vroeger reeds mededeelden, een voorwerpje dat men onder een hoek van 2° ziet volgens de onderzoekingen van Prof. Koster, nog juist valt binnen 't staafjesvrije gebied der gele vlek, was mijn beeldje zoo klein, dat het zeker aan die voorwaarde voldeed.

Bij de hiermede uitgevoerde proeven, ter vergelijking van de gele vlek en 't daaraan grenzende netvliesgebied, werd allereerst gebruik gemaakt van een verlichtingsduur van 1 sec.

Om 't beeldje juist buiten de gele vlek te doen vallen, werd het in de bovenste helft der oculairspleet geplaatst, en het onderende van deze gefixeerd. De schijnbare afstand van fixatiepunt en lichtbeeld kwam dan overeen met een lengte van 1 c.M. in een verwijdering van 20 c.M. gezien.

Daar bij deze proeven van 't tertiaire en quaternaire beeld, zonderling genoeg, niets werd waargenomen, bepalen de resultaten zich geheel tot het secundaire beeld. Zij zijn hoogst interessant, zooals blijkt, wanneer men ze aldus naast elkaar stelt:

PRIMAIR BEELD.

SECUNDAIR BEELD.

(1 sec.)

In de gele vlek.

Buiten de gele vlek.

rood.

groen.

purper?

geel.

niets.

licht paars.

groen.

purperrood.

paars.

blauw.

niets.

prachtig purper.

violet.

niets.

licht groengeel

Ieder van deze resultaten werd, in een reeks van 10 proeven, bij elke proef bevestigd. De volgende opmerkingen moeten er aan worden toegevoegd:

Het secundaire beeld, dat bij rood en bij groen werd waargenomen, wanneer zij direct werden gefixeerd, duurde belangrijk korter, en was diensgevolge veel moeilijker te zien, dan de secundaire beelden, die bij alle kleuren door indirecte aanschouwing waren te verkrijgen.

Achter 't purpere secundaire beeld van 't roode licht, buiten de gele vlek, plaats ik een vraagteken, omdat ik mij daarvan niet voldoende zeker voel.

Eindelijk was 't nabeeldje van 't groen, bij indirect zien, duidelijk verschillend van dat, in de gele vlek gevormd. Het laatstgenoemde was purperrood, het eerste paars, dus zeker minder zuiver complementair, en dit duurde bovendien belangrijk langer.

Deze proeven bevestigen dus in de eerste plaats positief de resultaten van *vox Kries*, omtrent verschillen tusschen de gele vlek en haar naaste omgeving. Evenals hij constateert ik, dat buiten de gele vlek een mooi, duidelijk waarneembaar secundair beeld te verkrijgen is, dat in 't centrum ontbreekt.

In de tweede plaats vind ik dat bij 2 kleuren, groen en rood, ook in de gele vlek een dergelijk nabeeld optreedt, dat echter in deze beide gevallen veel duidelijker complementair is, dan de nabeelden door excentrische fixatie verkregen, en dat in beide gevallen verder veel korter duurt en daardoor zeker veel lichter aan de waarneming ontsnappen kan.

Interessant was 't nu, te onderzoeken hoe 't met het tertiaire beeld gesteld was in de gele vlek, en daar buiten. Hiertoe moest geëxperimenteerd worden met een verlichtingsduur van $\frac{1}{15}$ sec., daar hierbij, volgens de vroegere proeven, het tertiaire beeld het best waarneembaar is.

Ik nam met iedere kleur 5 proeven met- en 5 proeven zonder fixatie; alle proeven kwamen daarin overeen, dat bij goede directe aanschouwing nooit een tertiair beeld werd waargenomen, evenmin als een secundair, terwijl bij excentrische

aanschouwing van 't lichtbeeldje *steeds* een zwak, onduidelijk vlekje zichtbaar was, beantwoordend aan 't tertiaire beeld, doch nooit zeer duidelijk, nooit scherp begrensd; slechts zelden was er een tintje aan op te merken, gelijknamig met de kleur van 't primaire beeld. Deze proeven werden alle herhaald met een grootere lichtsterkte (Auer'sche gasgloeilamp), en weder met volkomen 't zelfde resultaat: bij fixatie nooit een tertiair beeld, in 't indirecte zien *steeds* een, dat echter hier, evenals met 't zwakkere licht, minder scherp begrensd was, korter duurde en vooral veel minder duidelijk gekleurd was, dan bij 't vroeger gebezigde grootere lichtbeeldje. Een overzicht van al deze resultaten geeft de volgende tabel.

TABEL VIII.

EXPOSITIEDUUR $\frac{1}{15}$ Sec.

	Primair beeld.	Donkere phase.	Secundair beeld.	Donkere phase.	Tertiair beeld.
Rood.	Centr.	—	—	—	—
	Excentr.	—	purper?	—	zwak, rossig.
Geel.	Centr.	—	—	—	—
	Excentr.	—	lichtpurper.	—	roodachtig vlekje.
Groen.	Centr.	—	—	—	—
	Excentr.	—	licht rose.	—	zwak vuil vlekje.
Blauw.	Centr.	—	—	—	—
	Excentr.	—	purper-paars.	wel.	grijs, soms blauw 1 a 2 sec.

Violet, gaf geen enkel nabbeeld, vermoedelijk is het te zwak hiervoor, bij zoo korte inwerking en een zoo klein beeldje.

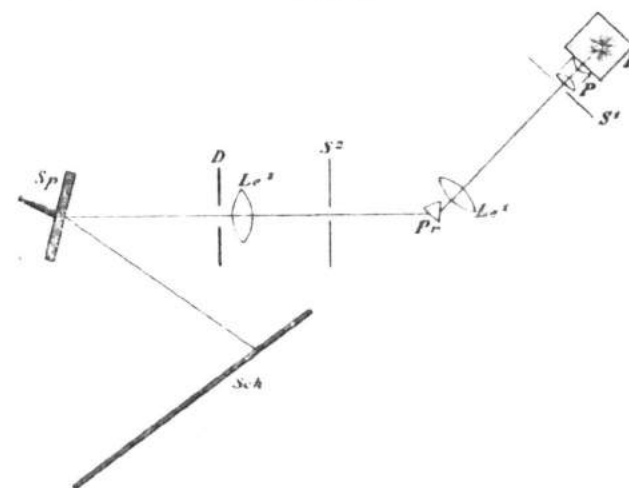
HOOFDSTUK IV.

Waarnemingen gedaan met een opstelling volgens Bidwell.

Ten einde de proeven van BIDWELL, en vooral de interessante resultaten van von KRIES te controleeren, bezigde ik de opstelling van den eerstgenoemden. Die van von KRIES week hiervan trouwens slechts in ondergeschikte punten af.

Voor zoover het uit BIDWELL's korte beschrijving blijkt, was mijn inrichting geheel gelijk aan de zijne. Een schematische voorstelling ervan geeft figuur 1.

Fig. 1.



L is de lichtbron, een zirkoonlamp, die gebrand werd met gewoon lichtgas en zuurstof; P is een projectiesysteem, bestaande uit 2 positieve lenzen ieder van 8 D. S^1 is een scherm, waarin een spleet, die naar willekeur nauwer en wijder gemaakt kan worden. De lamp is zoo geplaatst ten opzichte

van het projectiesysteem P, dat de lichtstralen zich tusschen S^1 en Le^1 vereenigen, en dus weder divergeerend op de positieve lens Le^1 (6 D.) vallen. Laatstgenoemde vormt van de spleet in S^1 een beeld op 't scherm S^2 , doch tot een spectrum verbreed, daar de lichtbundel intusschen is gedispergeerd door 't zwafelkoolstofprisma Pr. Door een verstelbare opening in 't scherm S^2 kan men alleen die kleur laten passeeren, waarmede men experimenteeren wil.

De hier doorgelaten homogene lichtbundel valt, natuurlijk op nieuw divergeerend, op de positieve lens Le^2 (4 D.), die van de opening in S^2 een scherp beeld vormt op 't witte scherm Sch, via den spiegel Sp. Deze laatstgenoemde kan men in meerdere of mindere mate scheef op zijn as zetten, zoodat, wanneer deze as gewenteld wordt, het lichtbeeldje een cirkel doorloopt op 't scherm Sch. D is een diaphragma, dat dient om, zooveel mogelijk, overtollige lichtstralen af te snijden.

Bij een nader spectroscopisch onderzoek der verschillende, uit te snijden, kleuren bleek, dat met de beschreven inrichting van rood, groen, blauw en violet, vrijwel homogene bundels te verkrijgen waren. Geel daarentegen was steeds een mengsel van rood, geel en groen. Hoe nauw ook de spleet in S^1 en hoe klein de opening in S^2 werden gemaakt, het gelukte niet, ook maar bij benadering, homogeen geel te verkrijgen.

Daar BIDWELL's opstelling waarschijnlijk geheel dezelfde was, is het ook hem vermoedelijk niet gelukt zuiver geel te isoleeren. Het is trouwens een bekend feit,¹⁾ dat het bijna onmogelijk is dit uit een spectrum te verkrijgen.

Om deze reden bezigde ik, evenals BIDWELL, bij mijne proeven, in plaats van geel, de beide daaraan grenzende kleuren, oranjegeel en groengeel.

Als fixatiepunt diende aanvankelijk een stipje van phosphoresceerende verf, dat op 't scherm, Sch, was aangebracht. Bij

¹⁾ Dr. W. A. Nagel. Ueber flüssige Strahlenfilter. Biologisches Centralblatt. Bd. XVIII no. 17 S. 653.

de latere, systematische proeven, weergegeven in de hierbeneden volgende tabellen, werd een scherper en lichter fixatiepunt gebestigd, in navolging van 't door von KRIES aangewende. Er werd n.m.l. in het scherm een kleine kruisvormige opening gemaakt, waarachter een zwak lichtje werd aangebracht. Op deze wijze was de fixatie veel gemakkelijker vol te houden, dan met behulp van de uiterst zwak lichtende phosphoresceerende verf mogelijk is.

Reeds bij de allereerste proeven werd 't door BIDWELL en von KRIES beschreven nalooopende beeld zeer duidelijk waargenomen.

Het volgde 't primaire lichtbeeld bij zijn kringloop als een ware *satelliet*.

Dezen naam zal ik er in 't vervolg voor gebruiken.

Het geheele verschijnsel gaf echter nog vrij wat meer waar te nemen. De opeenvolgende fasen mogen hier een beschrijving vinden:

Het lichtbeeldje ¹⁾ was steeds vrij belangrijk verlengd; het kreeg bij zijn beweging steeds, wat we in 't vervolg zullen noemen, een *korten staart*, die er onmiddellijk bij aansloot, dus met 't primaire beeldje te zamen een lichtend geheel vormde. Deze staart was in doorslag ongeveer tweemaal zoolang, als 't primaire beeld zelf. Terwijl 't laatstgenoemde ongeveer 3° van den cirkel innam, vormden dus beeld en *korte staart* samen een boog van $\pm 9^\circ$.

De kleur van dezen staart was zeer verschillend: in veel gevallen was ze volkomen gelijk aan die van 't primaire beeld, zoodat onmogelijk een grens tusschen beide te zien was; doch in andere gevallen was de staart wit, soms zelfs glanzend wit, en zelfs lichter dan 't primaire beeld. Dan kwam hij geheel overeen met de beschrijving, die von KRIES geeft, van de helder witte verlenging van 't beeld, die hij waarnam, wanneer hij zeer sterk voor 't duister was geadapteerd.

¹⁾ Gewoonlijk was dit langwerpig vierkant; een gedeelte der proeven werd in navolging van BIDWELL en von KRIES, gedaan met een rond beeldje, doch het bleek, dat 't verschijnsel met een vierkant veel duidelijker waarneembaar was, en daarom werd 't ronde beeldje verlaten.

Op dezen *korten staart* volgde een donker interval, dat gemiddeld ongeveer 10 à 15° van den cirkel innam. Bij een aantal waarnemingen was deze phase exquisiet zwart, en stak als zoodanig scherp af tegen de omgeving, die toch geheel duister was.

Op deze donkere tusschenruimte volgde dan de *satelliet*, die gewoonlijk duidelijk denzelfden vorm had, als 't primaire beeld, en ongeveer even groot was. Hij was niet altijd even duidelijk waarneembaar, wat voornamelijk afhankelijk bleek van den toestand van 't oog, zooals uit de later volgende tabellen nog nader zal blijken.

Terwijl de *korte staart* bij alle kleuren opgemerkt werd, ontbrak de *satelliet* steeds bij rood.¹⁾ Bij de overige kleuren kon hij, onder geschikte omstandigheden, altijd weer worden gezien. De kleur ervan was bij:

Oranjegeel: zeer donker groen of afwezig.

Groengeel: verzadigd groenblauw.

Groen: grijs met een paars tintje.

Blauw: grijs.

Violet: grijs met een groengeel tintje.

De *satelliet* werd weder gevolgd door een donker interval, gewoonlijk ongeveer 50° innemende, nooit zwarter dan de omgeving. Daar weer achter kwam dan een zeer *lange*, zwak lichtende, *staart*.

De lengte daarvan was gewoonlijk $\pm 360^\circ$ of zelfs nog langer, zooals bleek, wanneer men een weinig van de oorspronkelijke fixatie afweek; de staart wordt dan als een spiraal gezien. Daar de geheele omloop in een paar seconden werd volbracht, duurde dit nabeeld dus steeds ook een paar seconden. Het was zwak, veel zwakker, dan de *korte staart* of de *satelliet*, maar toch nog duidelijk lichter dan zijn omgeving, dus positief,

¹⁾ Bij latere proeven, de allerlaatste, die ik genomen heb, merkte ik herhaalde malen achter den ongeveer witten korten staart van 't rood nog een donker groenen schijn op, er onmiddellijk bij aansluitend, naar 't mij voorkwam geenszins met een satelliet te vergelijken. Ik kon hem nooit gedurende een geheel kringloop waarnemen, slechts nu en dan een oogenblik.

in BRÜCKES beteekenis. Scherp begrensd was hij nooit. Gewoonlijk was hij zwak gekleurd, welke kleuring in de meeste gevallen varieerde tusschen blauwviolet en roodviolet.

Uit het bovenstaande blijkt, dat aan 't geheele verschijnsel 6 phasen zijn waar te nemen, n.m.l.

1°. Primair beeld $\pm 3^\circ$.

2°. Korte staart $\pm 6'$, of gelijkaamig gekleurd, of min of meer wit.

3°. Donker interval 10 à 15° , vaak pikzwart.

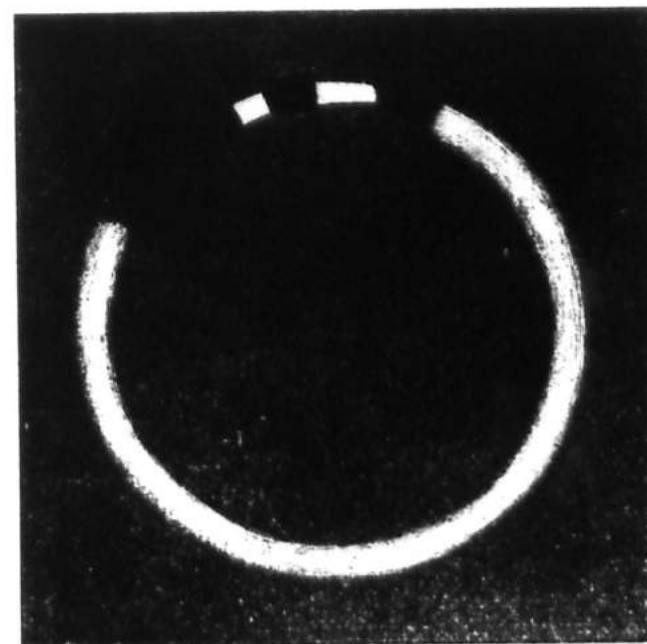
4°. Satelliet $\pm 3^\circ$, verschillende kleuren vertoonend, al naar de kleur van 't prim. beeld, en steeds ontbrekend bij rood.

5°. Donker interval $\pm 50^\circ$.

6°. Lange staart $\pm 360^\circ$, zwak positief, gewoonlijk eenigszins violet getint.

Fig. 2 geeft van het geheel een schematische voorstelling.

Fig. 2.



Bij 't bestudeeren van 't verschijnsel, waarvan het bovenstaande de resultaten omvat, was 't fixatiepunt geplaatst in 't midden van den cirkel, die door 't lichtbeeld op 't scherm (Sch. fig. 1) werd doorloopen. Aldus is 't het best in zijn geheel waar te nemen.

Om nu vox KRIES' mededeelingen, omtrent verschillen tusschen gele vlek en peripherie, te controleeren, moest het lichtbeeldje over 't fixatiepunt worden geleid.

Hierbij werden zijne resultaten volkomen bevestigd: zoowel de korte, witte staart als de satelliet ontbraken steeds in de omgeving van 't fixatiepunt, d. i. in dat deel van 't gezichtsveld, dat door de fovea wordt gezien. Welke variaties in omwentelingssnelheid, adaptatietoestand van 't oog etc., ook werden gemaakt, altijd werd ditzelfde resultaat verkregen.

Als de korte staart gelijknamig met 't primaire beeld gekleurd was, dan was dit niet het geval; dan werd hij ook in 't directe zien even duidelijk waargenomen.

Zoo constant werden deze opmerkingen bij iedere volgende proef weder bevestigd, dat ik gemeend heb dat bij de later mede te deelen systematische proefreeksen hierop niet verder behoefde te worden gelet; te meer, daar de tabellen er slechts onnoodig door gecompliceerd zouden worden.

Er moest nog worden aangetoond, dat dit verschijnsel niet zijn ontstaan dankte aan den invloed van 't gefixeerde objectieve licht op de gele vlek. Hiertoe werd in een excentrisch gelegen punt van de baan van 't beeldje een volkomen gelijk lichtpunt aangebracht, en 't bleek, dat dit in 't minst niet storend werkte op 't waarnemen van den korten staart en den satelliet; beide liepen over dit excentrische lichtpunt zonder onderbreking voort.

Veel moeilijker is uit te maken of de lange staart in 't directe zien ontbreekt of niet. Ondanks een groot aantal proeven, waarin getracht werd dit uit te maken, ben ik er niet in geslaagd hieromtrent zekerheid te verkrijgen. Nu eens meende ik een duidelijk hiaat in den staart op te merken, dan weer scheen hij continu over 't fixatiepunt door te loopen.

Zooals reeds werd gezegd, bleek bij al deze proeven, dat 't verschijnsel niet zeer constant is, vooral de korte staart en de satelliet zijn niet altijd even duidelijk en van dezelfde tint. De volgende factoren kunnen hierop van invloed zijn:

- 1°. De kleur van 't primaire beeld.
- 2°. Meerdere of mindere excentriciteit van waarneming.
- 3°. Omloopsnelheid van 't beeld, d.w.z. de duur der verlichting van elk deel der retina.
- 4°. De adaptatietoestand van 't oog.
- 5°. De lichtsterkte.

Het laatste punt kon ik niet nagaan, daar ik slechts over één lichtbron van voldoende sterkte te beschikken had.

Om de andere vragen te beantwoorden, werden systematisch reeksen van proeven gedaan, waarvan de resultaten in onderstaande tabellen zijn weergegeven. Voor alle zes tabellen was de afstand van den waarnemer tot 't fixatiepunt ± 1 M., en de grootte van 't beeldje $1\frac{1}{2}$ bij $3\frac{1}{4}$ cM. Bij de eerste drie reeksen bedroeg de middellijn van den door 't beeldje doorloopen cirkel 20 cM., bij de laatste drie was deze 30 cM.

Eerst werden twee rotatiesnelheden met elkander vergeleken, terwijl 't oog voor diffuus daglicht was geadapteerd, en dan werden de proeven met adaptatie voor zwak schemerlicht herhaald, met die omloopsnelheid, welke de beste resultaten had gegeven.

TABEL IX. **Daglichtadaptatie. — Middellijn der baan 20 c.M. —**
Rotatie éénmaal in 2 sec.

Primair beeld.	Korte staart.	Donker interval.	Satelliet.	Donker interval.	Lange staart.
<i>Rood.</i>	rood.	—	—	$\pm 50^\circ$	blauwviolet, vrij zwak.
<i>Oranjegeel.</i>	oranjegeel.	$\pm 15^\circ$	grijs, slechts af en toe te zien.	"	duidelijk violet.
<i>Groengeel.</i>	groengeel.	"	af en toe slechts.	"	zwak blauwviolet.
<i>Groen.</i>	groen.	"	rossig grijs.	"	zwak, blauwgrijs.
<i>Blauw.</i>	blauw.	"	zeer zwak, grijs.	"	zwak, blauwachtig.
<i>Violet.</i>	violet.	?	?	?	?

66

TABEL X. **Rotatie éénmaal in 4 sec., overigens als in tabel IX.**

Primair beeld.	Korte staart.	Donker interval.	Satelliet.	Donker interval.	Lange staart.
<i>Rood.</i>	rood.	—	—	$\pm 40^\circ$	zeer zwak violet.
<i>Oranjegeel.</i>	oranjegeel.	?	?	"	vrij duidelijk, roodachtig.
<i>Groengeel.</i>	groengeel.	?	?	"	zwak, violet.
<i>Groen.</i>	groen.	$\pm 10^\circ$	grijs, vrij zwak.	"	zwak, blauwgrijs.
<i>Blauw.</i>	blauw.	"	rossig, zwak.	"	zwak, rossig getint.
<i>Violet.</i>	violet.	"	grijs, zeer zwak.	?	?

67

TABEL XI. Adaptatie voor zwakken schemer, overigens als in Tabel X.

Primair beeld.	Korte staart.	Donker interval.	Satelliet.	Donker interval.	Lange staart.
<i>Rood.</i>	blauwig wit.	—	—	?	?
<i>Oranjegeel.</i>	blauwig of groenig wit.	?	?	$\pm 40^\circ$	rossig, vrij duidelijk.
<i>Groengeel.</i>	kort, kleur?	$\pm 10^\circ$	verzadigd blauwgroen.	"	duidelijk rood- violet.
<i>Groen.</i>	grijswit.	—	paars grijs.	"	helder grauw.
<i>Blauw.</i>	grijswit.	—	rossig grijs.	"	zwak, rossig grijs.
<i>Violet.</i>	grijs.	?	?	?	grauw.

68

TABEL XII. Adaptatie voor diffuus daglicht. — Middellijn der baan 30 c.M.
Rotatie éénmaal in 3 sec.

Primair beeld.	Korte staart.	Donker interval.	Satelliet.	Donker interval.	Lange staart.
<i>Rood.</i>	rood.	—	—	?	?
<i>Oranjegeel.</i>	oranjegeel.	—	—	?	zwak, blauw- violet.
<i>Groengeel.</i>	groengeel.	$\pm 15^\circ$	?	$\pm 60^\circ$	zwak, blauw- violet.
<i>Groen.</i>	groen.	"	paarsig grijs.	"	zwak, violet- grijs.
<i>Blauw.</i>	blauw.	"	grijs, zwak.	"	zwak, blauw- achtig.
<i>Violet.</i>	violet.	pikzwart.	af en toe slechts, grijs.	?	?

69

TABEL XIII.

Rotatie éénmaal in 6 sec., overigens als in Tabel XII:

Primaire beeld.	Korte staart.	Donker interval.	Satelliet.	Donker interval.	Lange staart.
<i>Rood.</i>	rood.	—	—	—	—
<i>Oranjegeel.</i>	oranjegeel.	zwarter dan omgeving.	?	$\pm 40^\circ$	duidelijk blauw-violet.
<i>Groengeel.</i>	groengeel.	zwart?	vrij verzadigd groen.	•	violetachtig grijs.
<i>Groen.</i>	groen.	zwart?	paarsig grijs.	•	violet.
<i>Blauw.</i>	blauw.	pikzwart.	grijs of lichtroze.	•	zeer zwak.
<i>Violet.</i>	violet.	zwart.	grijs?	?	?

70

TABEL XIV. Adaptatie voor zwakken schemer, overigens als in tabel XIII.

Primaire beeld.	Korte staart.	Donker interval.	Satelliet.	Donker interval.	Lange staart.
<i>Rood.</i>	wit met een groenblauw tintje.	—	—	?	zwak, blauw-violet.
<i>Oranjegeel.</i>	wit.	$\pm 5^\circ$	verzadigd groen.	$\pm 40^\circ$	mooi, violet.
<i>Groengeel.</i>	wit.	•	verzadigd blauwgroen.	•	mooi, roodviolet.
<i>Groen.</i>	glanzend wit, lichter dan 't primaire beeld.	•	rosegrijs.	•	rossig grijs.
<i>Blauw.</i>	dito.	•	grijs, of geelgrijs?	•	roodachtig.
<i>Violet.</i>	dito.	•	groenachtig grijs.	?	?

71

Blauw — verzadigd paars.
Violet — verzadigd groengeel.

Een tweede opmerkelijk verschijnsel, dat ik toevallig bij de boven beschreven proeven waarnaar, verkrijgt men, wanneer men niet in 't donker experimenteert, doch het scherm zwak verlicht. Men ziet dan vlak achter het beeldje, en zonder tusschenruimte erbij aansluitend, een zwarten staart volgen, aan beide zijden door een lichten zoom begrensd.

Deze staart is naar schatting ongeveer 30 à 40° lang, en strekt zich dus nog vrij wat verder uit dan de plaats, waar men in 't duister den satelliet ziet. Bovendien ziet men onder deze omstandigheden den in de tabellen beschreven *langen staart* ook vaak zwart, doch dit is niet zoo duidelijk.

Beide verschijnselen zijn bij *alle* kleuren waar te nemen. Zij zijn analoog aan 't geen Prof. SNELLEN en Dr. BOSSCHA opmerkten. Deze zagen n.m.l. dat 't tertiaire beeld door zeer zwak objectief licht wordt gecompenseerd, zoodat men dan geen van beide waarneemt.

HOOFDSTUK V.

Besluit.

De uitkomsten der proeven, in de beide voorafgaande hoofdstukken medegedeeld, hebben in de eerste plaats de conclusies bevestigd, die aan 't einde van 't tweede hoofdstuk uit de litteratuur werden getrokken. De daar, als uit de litteratuur blijkend, gegeven volgorde der verschijnselen en de duur etc. van ieder afzonderlijk werden geheel bevestigd door de uitkomsten onzer proeven, en wel met beide methoden van experimenteren. Ook werden bevestigd de mededeelingen van von KRIES, dat 't naloopende beeld in de gele vlek niet is waar te nemen; nooit zag ik het daar, hoe ook de grootte

van den doorloopen cirkel, de omwentelingssnelheid van den spiegel, of de adaptatietoestand van 't oog werden gevarieerd.

Het zal onnoodig zijn nader aan te toonen, dat de satelliet hetzelfde verschijnsel is als 't nabeeld van PURKINJE en 't secundaire beeld van BOSSCHA.

Om deze phase waar te nemen kan men met veel meer succes de methode van BIDWELL (principe van PURKINJE) toepassen, dan de methode van HESS met een stilstaand beeld (principe van BRÜCKE).

Voor 't bestudeeren van den in 't vorige hoofdstuk beschreven korten staart is de eerstgenoemde methode de eenig ware. Het is onmogelijk deze phase met een stilstaand beeld te zien.

Bij 't bestudeeren van den satelliet doet men echter goed de beide methoden te blijven toepassen en vergelijken, daar de met beide verkregen uitkomsten niet gelijklopend zijn en 't wenschelijk is, dat door verder onderzoek naar een verklaring dezer verschillen gezocht wordt.

Treffend is b.v., dat de belangrijke verschillen in de waarnemingen, omtrent de „recurrent vision” van 't geel, van BIDWELL en DAVIS juist zoo in mijne proeven worden teruggevonden. DAVIS experimenteerde n.m.l. met een stilstaand beeld en verkreeg een paars nabeeld van 't geel, terwijl BIDWELL achter 't bewegende gele beeldje een groene „recurrent vision” volgen zag. In mijne proeven nu, in 't derde hoofdstuk medegedeeld, en die evenals die van DAVIS volgens BRÜCKE's principe genomen werden, was 't secundaire beeld van 't geel steeds duidelijk paars, terwijl ik, evenals BIDWELL, met een bewegend en in 't gezichtsveld blijvend geel beeld een verzadigd groenen satelliet verkreeg.

De lange staart, die waar te nemen was bij de experimenten van 't vierde hoofdstuk, mag op één lijn worden gesteld met het positief gelijknamige nabeeld van HESS ('t tertiaire beeld van BOSSCHA). Wel is waar was ik nooit in de gelegenheid er met eenige zekerheid de kleur van 't primaire beeld in te herkennen, doch, wat intensiteit en duur betreft, is de ove-

eenkomst met Bosscha's tertiair beeld zoo goed, als men maar wenschen kan.

Dat de waarnemingen, omtrent de kleur ervan, minder goed overeenkomen met die van Hess, zal waarschijnlijk vooral daaraan moeten worden toegeschreven, dat 't steeds zichtbaar blijvende primaire beeld storend werkt. Dat dit werkelijk een grooten invloed heeft, blijkt, wanneer men de oogen sluit, na slechts één of een paar ommegangen van 't beeld te hebben waargenomen. Men ziet dan den langen staart veel beter, hij duurt veel langer, en wanneer het sluiten der oogen zeer snel plaats heeft, gekukt het in een aantal gevallen ook nog de aanvankelijke gelijknamige kleuring er van te zien.

Nog beter herkent men den langen staart als een werkelijk gelijknamig gekleurd nabeeld, wanneer men, in navolging van Hess, een klein electrisch gloeilampje bezigt, dat voorbij 't oog wordt bewogen, en dan uit het gezichtsveld verdwijnt.

Hierbij behoeft men de oogen niet te sluiten, iets dat altijd een storenden invloed heeft op de waarneming van 't eerste optreden van 't tertiaire beeld, waarin alleen de gelijknamige kleur is te zien.

De conclusie is dus gerechtvaardigd, dat men met beide methoden van onderzoek dezelfde rij van verschijnselen ziet optreden *na momentane lichtsindrukken*, alleen is voor de waarneming der eerste phasen het PURKINJE'sche, voor 't onderzoek van 't tertiaire beeld BRÜCKE's principe 't voordeeligst.

Bij *langer verlichtingsduur* is vooral de tweede helft van het verschijnsel anders, dan bij momentane indrukken. Er komt dan nog een nabeeld bij, n.m.l. het vulgaire, zuiver complementaire, negatieve nabeeld, dat iedereen kent en dat altijd bij wat langer fixatie gemakkelijk is waar te nemen. In BOSSCHA's nomenclatuur zou dit 't quaternaire beeld moeten heeten.

Het tertiaire beeld daarentegen ('t positief gelijknamige) wordt korter van duur, naarmate de verlichting langer duurt, en boven een zekeren verlichtingstijd wordt 't gewoonl. niet

meer waargenomen. Er is echter een expositieduur te vinden (in mijne proeven van 't derde hoofdstuk 1 à 2 sec.), waarin vrij regelmatig tertiair en quaternair beeld beide worden waargenomen, door een donker interval van elkaar gescheiden.

Identiek of analoog zijn dus deze beide nabeelden zeker niet, wat wel eens ondersteld is.

Onder die omstandigheden is 't tertiaire beeld zeer veel korter van duur geworden, doch de gelijknamige kleur is er steeds nog goed in te herkennen.

Overigens is ook bij nog langer verlichtingsduur 't verloop van 't verschijnsel niet zoo afwijkend van 't geen men bij momentane lichtsindrukken waarneemt, als, naar 't mij voorkomt, vrij algemeen wordt aangenomen.

Bij langer verlichtingsduur vindt men in den regel alleen beschreven 't vulgaire negatief complementaire nabeeld, dat reeds GOETHE ¹⁾ uitvoerig bestudeerde.

Mijne proeven leeren echter, dat, zelfs bij langdurige verlichting, steeds 't secundaire beeld waarneembaar blijft; zelfs wordt 't dan duidelijker, dan 't bij momentane indrukken is.

Het verschil tusschen langer en korter verlichting komt dus vooral hierop neer, dat 't tertiaire beeld sterk inkrimpt, wat zijn duur betreft ('t blijft echter duidelijk gelijknamig), en 't vulgaire, negatieve nabeeld er bij komt.

Dat 't gelijknamige, tertiaire beeld zelfs bij zeer langdurige verlichting (b.v. 20 sec.) nog waargenomen worden kan, merkte ik bij de volgende proef op: wanneer ik in een, door een gaslamp verlicht, vertrek gedurende ongeveer 20 sec. een niet te klein, gekleurd voorwerp fixeër en dan zeer plotseling de lamp uitdraai, dan zie ik slechts nu en dan een spoor van 't secundaire beeld, doch in den regel zeer duidelijk, naar

¹⁾ Zie ALEXANDER ROLLETT: Versuche über subjective Farben. Pflüg Archiv. Bd. 19 S. 1.

schatting ongeveer $\frac{1}{3}$ sec. durend, het positief gelijknamige nabeeld (tertiair beeld volgens BOSSCHA).

Van de *theoretische gevolgtrekkingen* zijn de belangrijkste, en, naar 't mij voorkomt, de meest vaststaande die, welke voortvloeien uit het geconstateerde verschil tusschen de gele vlek en haar omgeving.

Men zou hier aan verschillende mogelijkheden kunnen denken. In de eerste plaats kan dat onderscheid zonder twijfel daaraan te danken zijn, dat in de peripherische deelen staafjes zijn, die in de gele vlek geheel ontbreken. Dit is dan ook 't geen van KRIES aanneemt.

Verder zijn echter ook de kegels in beide deelen der retina niet geheel dezelfde; hun bouw is een weinig verschillend en er is ook onderscheid in functie aangetoond, zoodat men aan de mogelijkheid zou moeten denken, dat de reactie der peripherische kegels, op een lichtprikkel, niet geheel dezelfde is als die der centrale kegels. Het schijnt mij echter toe, dat de genoemde verschillen tusschen de centrale en de circumfoveale kegels niet in verhouding staan tot 't zoo sterke onderscheid in 't verloop der verschijnselen.

Doch er zou nog iets anders kunnen bijkomen, n.m.l. de invloed van 't staafjesrood op de kegels. Aan deze stof is, door DOXDERS ¹⁾ o.a., een sensibiliseerende invloed toegeschreven, en, daar het mogelijk is, dat zij zich niet alleen in de buitenleden der staafjes bevindt, doch ook door diffusie zich door de geheele buitenste laag der retina verbreidt, zou men er aan kunnen denken, dat onder haren invloed de kegels der peripherie misschien gevoelig worden voor nabijwende processen, die te zwak zijn om te worden waargenomen door de kegels van 't centrum, waarop een dergelijke sensibiliseerende invloed niet wordt uitgeoefend.

¹⁾ F. C. DONDERS: Over staafjesrood als sensibilisator.
v. GRAEFES Archiv Bd. 39, abt. 1 S. 54.

Wanneer men aldus de nabeelden der peripherie aan de daar aanwezige kegels ¹⁾ kon toeschrijven, zou dit 't groote voordeel hebben, dat de kleuren van den satelliet dan tevens verklaard waren. Toch is er een overwegend bezwaar tegen deze opvatting, n.m.l., dat de satelliet bij een rood primair beeld nooit is te zien. Wanneer hij voornamelijk aan kegel-functie te danken was, is 't niet in te zien, waarom hij bij rood licht zou opbreken, en ik meen dus, dat deze grond sterk genoeg is, om ons te noodzaken dit nabeeld althans in hoofdzaak aan de staafjes toe te schrijven, daar immers deze laatstgenoemde door rood licht niet, of slechts zwak, geprikkeld worden.

Belangrijk is in dit verband de vraag, of door wit licht een satelliet al dan niet wordt opgewekt. In de litteratuur vinden we dienaangaande slechts twee mededeelingen. De oudste is die van DAVIS, die op een wit primair beeld een blauwig witte „recurrent vision” zag volgen, en de andere is die van HESS, die dit niet waarnam.

Ik herhaalde daarom de proef met 't rondlopende beeld met wit licht, en vond wel degelijk een (grijs) naloopend beeld, zooals in 't vorige hoofdstuk werd medegedeeld. Ik kan mij hierin dus bij DAVIS aansluiten. Ons beider resultaat is geheel in overeenstemming met de opvatting, dat de satelliet in de staafjes wordt gevormd, daar deze natuurlijk door wit licht evenzeer worden geprikkeld, als door de daarin gemengde kleuren afzonderlijk.

Moeilijk is 't nu echter om de soms zeer intensieve kleuren van den satelliet te verklaren, en deze noodzaken ons om aan te nemen, dat er bij zijn ontstaan nog andere invloeden in 't spel zijn, dan alleen de processen, die zich in de staafjes afspelen.

¹⁾ Hiermede wordt niet bedoeld, dat die nabeelden werkelijk berusten op processen in 't netvlies. Het is even goed mogelijk, dat zij zetelen in die cerebrale elementen, die met de kegels of met de staafjes samenhangen.

Op ongeveer gelijke bezwaren stuit men, wanneer men naar een enkelvoudige verklaring van 't tertiaire beeld zoekt. Men zal daarbij zeker aan de kegels moeten denken, om de zeer duidelijk gelijknamige kleur te kunnen begrijpen, die in 't eerste oogenblik van zijn bestaan is waar te nemen. Doch om het daaropvolgende kleurlooze of zwak getinte gedeelte er van te kunnen duiden, zal men wederom de werking der staafjes moeten te hulp roepen.

Het schijnt mij toe, dat men dit alles 't beste begrijpen kan, wanneer men aanneemt, dat twee van elkaar onafhankelijke, ongeveer gelijktijdig verloopende processen door elkander heenspielen, en, gedeeltelijk samenvallend, gecombineerde sensaties verwekken.

In beide, kegels en staafjes, zou men dan een rij van beelden kunnen veronderstellen, waarvan die in de kegels dan de oorzaak der kleuren zijn, terwijl die der staafjes zich of wit gekleurd voordoen, wanneer ze sterk, of violetachtig getint, wanneer ze zwak zijn.

In de staafjes zou men dan hebben:

1°. Den primairen prikkelingstoestand, die te intensiever is en te langer duurt, naarmate de adaptatie voor duister vollediger is.

2°. Den satelliet, die vooral bij een zekeren graad van duisteradaptatie duidelijk waarneembaar wordt.

3°. Een tertiair proces: den langen staart, of, wat identiek daarmee is, 't rossig getinte tertiaire beeld van BOSSCHA.

In de kegels zal men hebben aan te nemen:

1°. 't Primaire proces, samenvallend met dat der staafjes, doch door dit laatste in intensiteit en duur overtroffen, wanneer door adaptatie veel photochemische substantie in de staafjes is opgehoopt. In dit laatste geval ontstaat de korte *witte* staart, onmiddellijk bij 't gekleurde primaire beeld aansluitend.

2°. 't Secundaire beeld, dat steeds complementair gekleurd is. Het is in de gele vlek alleen bij rood en bij groen waar-

genomen, doch 't is zeer goed mogelijk, dat daar ook bij de andere kleuren een dergelijk secundair proces zich afspeelt; doch dan zoo snel, dat 't door mijn tamelijk traag reagerende gezichtsorganen niet werd opgemerkt.

Dit nabeeld zou dan in de kegels der peripherie van 't netvlies langzamer verloopend, zoodat 't daar samenvalt (gedeeltelijk althans) met 't secundaire beeld der staafjes (den satelliet) en hieraan de kleur geeft.

Er is geen bezwaar, om een dergelijk tamelijk gering functioneel verschil tusschen de kegels in 't centrum en die in de peripherie aan te nemen. Immers hun morphologische bouw is ook niet geheel dezelfde, en bovendien zijn er tusschen kegels van verschillende netvliesgebieden veel grooter onderlinge functionele afwijkingen bekend. Met name vox KRIES¹⁾ heeft aangetoond, dat in de uiterste netvliesperipherie zelfs kegels voorkomen, die totaal kleurenblind zijn.

Dit secundaire, complementaire beeld der kegels is dan zeer donker en hierdoor, wanneer 't niet door een staafjesproces wordt versterkt, zeer moeilijk of niet te zien naast 't lichtsterke primaire beeld, dat steeds in 't gezichtsveld blijft. Daarom blijft 't bij een rood primair beeld gewoonlijk onopgemerkt, en heb ik het daarbij slechts in 't laatst, toen mijn oefening 't grootst was, gezien; 't was verzadigd groen, werkelijk zeer donker²⁾.

3°. Het tertiaire beeld, dat gelijknamig gekleurd is en samen valt met 't allereerste begin van 't tertiaire beeld der staafjes. Aldus wordt zeer goed verklaard, dat 't tertiaire beeld als regel eerst gelijknamig van kleur, daarna ongeveer ongekleurd is; terwijl ook begrijpelijk wordt, dat die aanvankelijke gelijknamige kleuring niet meer wordt waargenomen, wanneer, tengevolge van duisteradaptatie, het staafjesproces zoo-

¹⁾ J. vox KRIES: Ueber die Farbenblindheit der Netzhautperipherie. Zeitschr. f. Psych. u. Phys. der Sinnesorgane. Bd. 15, 8, 247.

²⁾ Zie noot bladz. 62.

veel sterker is geworden, dat 't geheel de overhand krijgt. Tevens zou begrijpelijk worden, dat Hess den langen staart ook door zag loopen in dat deel van 't gezichtsveld, dat correspondeert met de gele vlek, doch hem daar tevens eerder zag verdwijnen.

Ik zou dan verder willen aannemen, dat bij langere fixatie, door 't groot verbruik van de photochemische stof der staafjes, hun tertiair beeld verdwijnt, of zeer sterk wordt ingekrompen, en dan alleen 't zuiver gelijknamig gekleurde en veel korter durende tertiaire beeld der kegels overblijft. Dit is dan ook zelfs bij langdurige fixatie (± 20 sec.) onder gunstige omstandigheden nog waar te nemen, zooals we zagen.

4°. Een nabeeld, waarvoor tot nu toe geen reden bestaat in de staafjes een analogon te veronderstellen, n.m.l. het vulgaire, negatief¹⁾ complementaire nabeeld, dat eerst bij langer fixatie goed waarneembaar wordt.

Naar 't mij toeschijnt, is de hierboven ontvouwde opvatting in staat menig duister punt in 't hoofdstuk der nabeelden op te helderen; doch hiermede hebben wij nog geen voldoende voorstelling van den loop en den aard der processen, die zich in ieder der beide apparaten afspelen.

Eigenlijk het eenige punt, tot welks verklaring een paar van de bestaande lichtzinthorieën een poging doen, is de complementaire kleur der vulgaire nabeelden.

Men heeft in de eerste plaats de oude, door FECHNER²⁾ verdedigde, theorie, dat men de complementaire kleur zou moeten verklaren door vermoeienis voor de oorspronkelijk aanschouwde. De „innere Reize“, die de oorzaak zijn van 't eigenlicht der retina, prikkelen de vezels, voor de perceptie der verschillende kleuren bestemd, alle in gelijke mate; doch

¹⁾ Met dit „negatief“ wordt bedoeld, dat het een duidelijk lichter hof heeft, dus donkerder is dan zijn omgeving (negatief in den zin van BRÜCKE). Men neme hierbij echter in aanmerking, dat het in zeer veel gevallen beslist lichter is, dan 't zoogenaamde „eigenlicht“ der retina.

²⁾ I. c.

zij worden natuurlijk, evenzeer als objectief licht, minder goed geperepieerd door die vezels, welke door de kleur van 't primaire beeld zijn vermoeid; dit heeft ten gevolge, dat de complementaire kleur wordt waargenomen.

Zooals we in 't tweede hoofdstuk reeds zagen oordeelde BRÜCKE, dat deze verklaring onmogelijk op kan gaan voor alle complementaire nabeelden, daar zij dan alle tevens negatief, d. i. donkerder dan hun omgeving, zouden moeten zijn. Hiermede strijdt zeer beslist 't PURKINJE'sche nabeeld ('t zelfde als onze satelliet), daar dit *positief* is en complementair.

Wanneer nu echter de opvatting waar is, die ik boven heb ontvouwd; wanneer dus de lichtheid (positiefheid) van 't PURKINJE'sche nabeeld te danken is aan een proces in de staafjes, dat geheel onafhankelijk is van het complementaire en wel donkere nabeeld der kegels, en zich hier slechts bijvoegt, dan zoude daarmede BRÜCKE's contra-argument gedeeltelijk vervallen. Het zou waar blijven, dat 't PURKINJE'sche nabeeld, zoo als wij 't waarnemen, onmogelijk alleen door de vermoeienis voor de primaire kleur kan worden verklaard, maar FECHNER's theorie zou daarom nog wel kunnen gelden voor den eenen component van 't P'sche nabeeld, n.m.l. 't complementaire beeld, dat in de kegels ontstaat.

Toch blijft naar 't mij voorkomt ook tegen deze opvatting nog een belangrijk argument bestaan: n.m.l. dat, vooral door langere fixatie, complementaire nabeelden te verkrijgen zijn, die belangrijk lichter zijn dan 't eigenlicht der retina, al zijn zij dan ook door een nog lichter hof omgeven, en hebben zij dus in zoover recht op den naam negatief.

Deze moeilijkheid bestaat niet tegen 't aannemen der theorie van HERING³⁾.

Deze meent dat de sensaties van complementaire kleuren bij ons gewekt worden door antagonistische processen, „Dissimilatie en Assimilatie“ eener voor de waarneming dier twee

³⁾ E. HERING: Zur Lehre vom Lichtsinne. Wien 1878.

kleuren dienende „Sehsubstanz“. Wanneer licht dissimilatie in 't oog heeft opgewekt, dan moet in 't verlies aan Sehsubstanz worden voorzien door een toename der assimilatie, wat echter niet kan geschieden, zonder dat de hieraan beantwoordende sensatie tot bewustzijn komt. Omgekeerd, als primair de kleur heeft ingewerkt, onder wier invloed assimilatie optreedt, dan is daardoor de hoeveelheid der „Sehsubstanz“ toegenomen, en valt in 't daarop volgende duister noodwendig meer uiteen (dissimilatie), dan onder gewone omstandigheden in 't duister plaats heeft. Terwijl normaliter dissimilatie en assimilatie tegen elkaar opwegen, zoolang geen objectief licht het oog treft, zal onder de beschreven omstandigheden in 't duister de dissimilatie belangrijk overwegen, en hierdoor de daaraan beantwoordende sensatie worden opgewekt, die complementair is met de oorspronkelijk aanschouwde, (assimilatie wekkende) kleur.

Zooals men ziet, geeft HERING's theorie een heldere verklaring van de complementaire nabeelden, die lichter zijn dan 't eigenlicht van 't netvlies.

Jammer genoeg kan deze theorie echter moeilijk worden aanvaard, omdat zij strijdt met erkende physiologische begrippen ¹⁾ en inconsequenties ²⁾ bevat die alsnog niet zijn op te lossen.

DOXDERS ³⁾ heeft een voorstelling gegeven, die aan deze bezwaren te gemoet komt. Hij meent, dat de psychophysische processen kunnen worden beschouwd als niet omkeerbare dissociatieprocessen. Aan de sensatie van wit is dan de volledige dissociatie der moleculen verbonden. De moleculen, daardoor ontstaan, zijn voor geen verdere dissociatie vatbaar.

De sensaties der enkelvoudige kleuren (rood, geel, groen en

blauw) verbindt hij aan partieele dissociatie derzelfde moleculen. Van deze primaire (partieele) dissociatie blijven moleculen over, welker secundaire dissociatie de complementaire sensatie ontwikkelt. Deze laatste dissociëren gaandeweg spontaan, ook zonder adaequaten prikkel, daar zij niet zelfstandig kunnen blijven voortbestaan.

Deze secundaire dissociatie, die de complementaire sensatie wekt, gaat nog voort, nadat 't objectieve licht heeft opgehouden in te werken, en zij is dan oorzaak van 't complementaire nabeeld.

Sommige dezer partieele dissociaties kunnen naast elkaar bestaan; het bewijs daarvan leveren de samengestelde kleuren, b.v. mengsels van groen en geel, of groen en blauw, rood en geel etc. Deze combinaties berusten elk op twee vormen van partieele dissociatie, die naast elkander in dezelfde moleculen voorkomen, zonder zich tot een totale dissociatie te verbinden.

Uit groen en rood, of uit geel en blauw, kan zich geen samengestelde kleur vormen, omdat beide combinaties aanleiding geven tot volledige dissociatie der moleculen en hierdoor de sensatie van wit wordt geboren.

Dergelijke voorstellingen van niet omkeerbare dissociatieprocessen zijn gegeven door CHRISTINE LAB- FRANKLIN ¹⁾ en door Prof. KOSTER ²⁾. Beide verschillen echter in een hooldpunt van DOXDERS; zij plaatsen die processen n.m.l. niet in de hersenen, doch in het netvlies.

Zij nemen aan, dat de dissocierbare moleculen ³⁾ zich bevinden in de percipieerende elementen der retina.

DOXDERS daarentegen verbindt in de eigenlijke percipieerende laag ('t netvlies) de verschillende processen aan verschillende

¹⁾ F. C. DOXDERS, Nog eens: de Kleurstelsels, Onderz. Physiol. Lab. Utrecht, 3e Reeks VIII Bladz. 47 v.

²⁾ H. EBBINGHAUS: Grundzüge der Psychologie, Leipzig 1897 S. 259.
W. WENDEL: Grundzüge der Physiologischen Psychologie, 4e Aufl. Leipzig 1893 S. 547.

³⁾ F. C. DOXDERS: Over kleurstelsels, Onderz. Phys. Lab. Utrecht, 1895, VI Bl. 95 env.

¹⁾ CH. LAB- FRANKLIN: Eine neue Theorie der Lichtempfindungen Zeitschr. für Psych. und Phys. der Sinnesorgane Bd. 4 S. 211.

²⁾ W. KOSTER GZN. Nederl. tijdschr. voor Geneeskunde 1896 D.I. 1 Bl. 62.

³⁾ Van deze moleculen geven beide een scherper omschreven voorstelling, dan DOXDERS, die zich over hun structuur niet uitliet. KOSTER heeft schemata gegeven, die de bedoeling van DOXDERS moeten weergeven. Zij zijn in een plat vlak geteekend, maar moeten natuurlijk tridimensionaal

vormen, omdat meer dan één proces in dezelfde cel meer dan één geleidingsproces in dezelfde vezel zou veronderstellen.

Hiertegen wenscht de physiologie haar veto te handhaven, daar het zou strijden tegen de leer der specifieke energieën. Maar op 't direct psychophysisch gebied meent hij, dat niets belet meer dan één proces aan denzelfden vorm te verbinden. Veeleer dringen hiertoe de verschijnselen, daar uit de samenwerking van twee kleuren een derde kan voortkomen, waarin geen van beide te zien is, b.v. geel uit groen en rood. In overeenstemming daarmee moet uit de twee processen een derde proces sui generis geboren worden. Overigens ligt in de combinatie der kleurindrukken van de beide oogen het bewijs, dat ze in 't centrum kan plaats hebben.

Wil men voorstellingen zooals die door HERING, DONDERS, LAD FRANKLIN en KOSTER gegeven zijn aanvaarden, en er de complementaire nabeelden mede verklaren, dan zal men ze zeker niet, zooals de beide laatstgenoemden, in de retina mogen plaatsen, maar moet aannemen dat ze hun zetel hebben in het psychische centrum, tegen welke aanname geene bezwaren bestaan. Denkbaar ware een retinale oorsprong van zoo ontstane nabeelden alleen dan, wanneer iedere kegel met minstens drie neuronen samenhang, zoodat de drie verschillende processen, die in één kegel kunnen plaats grijpen, langs drie verschillende vezelen naar 't centrum konden worden geleid.

Dit zou echter in open tegenspraak zijn met de kennis, die de onderzoekingen van RAMON Y CAJAL, van GEHUCHTEN en

worden gedacht. LAD FRANKLIN heeft er een voorstelling in de ruimte van gegeven, die zich onderscheidt, doordat zij zich denkt, dat die moleculen een kern hebben, waaromheen de deelen gegroepeerd zijn, die door de verschillende lichtsoorten kunnen worden losgemaakt. Terwijl dus KOSTER's moleculen onder den invloed van wit licht geheel uiteenvallen, blijft van die van LAD FRANKLIN onder deze omstandigheden de kern bestaan. Om misverstand te voorkomen zij er nog eens aan herinnerd, dat DONDERS zijne moleculen, niet, als deze beiden, in 't netvlies, doch in de grijze stof der gezichtsphaeren (Munk) denkt.

zoovele anderen aangaande den bouw der retina hebben gebracht.

Neemt men een dezer theorieën aan, en wil men de leer der specifieke energieën handhaven, dan is men dus genoodzaakt de complementaire nabeelden in 't centrum te plaatsen, en dan noopt ons de analogie ook in de positieve, gelijknamige nabeelden, en in die van 't monochromatische apparaat, centrale processen te zien. Hiertegen bestaan naar 't schijnt wel geen overwegende bezwaren, doch 't wijkt in ieder geval van de algemeen gangbare voorstellingen af. Deze vraag is o.a. behandeld door EXNER¹⁾ en EBBINGHAUS;²⁾ de eerste meent dat alle nabeelden in de retina ontstaan, terwijl de laatste hetzelfde vermoedt omtrent alle gewone nabeelden, doch daarnaast andere kent, die in 't eene oog ontstaan, wanneer alleen 't andere oog 't te beschouwen voorwerp waarneemt. Terwijl dan in 't fixerende oog een negatief nabeeld ontstaat, is dat van 't andere oog positief; dit laatste kan dus bezwaarlijk door combinatie der beide gezichtsvelden ontstaan. Hij meent, dat 't waarschijnlijk te danken is aan den invloed, dien de beide gezichtssphaeren elc. grijze stof op elkaar uitoefenen. De primaire prikkelingstoestand breidt zich dan van links naar rechts (of omgekeerd) uit, doch begint en eindigt hier later, en wordt daardoor als een positief nabeeld waargenomen.

Van zulke nabeelden geeft ons overigens een voorstelling, als die van DONDERS geen verklaring; alleen de complementaire worden er begrijpelijk door. Evenmin geeft zij rekenschap van 't merkwaardige feit, dat die sensaties zoo afwisselen,

¹⁾ S. EXNER: Ueber den Sitz der Nachbilder im Centralnervensystem. F. EXNER's Repertorium der Physik Bd. 20 S. 374.

Idem: Ueber die Functionsweise der Netzhautperipherie und den Sitz der Nachbilder.

VON GRAEFE's Archiv. Bd. 32. Abt. 1 S. 233.

²⁾ H. EBBINGHAUS: Ueber Nachbilder im binocularen Sehen und die binocularen Farbenercheinungen überhaupt.

Pflüg. Archiv. Bd. 46. S. 498.

zoo komen en gaan. Zoowel bij 't trichromatische, als bij 't monochromatische apparaat valt dit waar te nemen. In beide wisselen lichte en donkere phasen met elkander af. In de kegels zijn de lichte phasen bovendien nog afwisselend gelijknamig en complementair gekleurd.

Het geheel heeft dus een oscillatorisch karakter, dat trouwens niet tot de nabeelden alleen beperkt is. Reeds tijdens 't voortduren van 't objectieve licht zijn dergelijke oscillaties aan te toonen. CHARPENTIER¹⁾ gaf hiertoe een merkwaardige proef:

Wanneer men een zwarte schijf, waarop een witte sector is aangebracht, tamelijk langzaam (eenmaal in 2 sec.), laat omdraaien, dan ziet men 't volgende: gedurende den geheelen tijd dat de beweging duurt, ziet men (wanneer men 't midden van de schijf fixeert) den sector niet egaal wit, zooals hij werkelijk is; doch op eenigen afstand achter den voorsten rand ervan vertoont zich een smalle, sectorvormige, zwarte band. Soms neemt men daarachter nog een tweeden en derden donkeren band waar.

Het is dunkt mij moeilijk, zich nu reeds een oordeel te vormen over de vraag of deze oscillaties werkelijk analoog zijn aan 't komen en gaan, dat bij de nabeelden valt op te merken; maar voorloopig is het wenschelijk, dat men naar een voorstelling zoek, die beide te samen verklaren kan, en zich niet te eenzijdig tot de nabeelden alleen bepaalt. Het zal daarvoor wellicht noodig blijken, nauwkeurige metingen te doen van den duur van ieder der phasen. Een gedeeltelijke poging daartoe werd reeds gedaan door LUSTIG en VON VINTSCHGAL²⁾ met een vrij ingewikkelde elektrische inrichting.

Misschien zal dan het einde zijn, dat men in plaats van

¹⁾ A. CHARPENTIER: Réaction oscillatoire de la rétine, Archives de Phys., 24^{me} Année, p. 541.

²⁾ M. VON VINTSCHGAL und A. LUSTIG: Zeitmessende Beobachtungen über die Wahrnehmung des sich entwickelnden electrischen Funkens.

Pflüg. Archiv, Bd. 33 S. 194.

de photochemische processen, die men steeds geneigd is zich in de retina te denken, tot de overtuiging komt, dat, behalve de ontleding van het staafjesrood, ook nog mechanische processen zich daar afspelen, die, verschillend naar gelang der golflengte van 't inwerkende licht, de zenuwelementen verschillend prikkelen. Deze prikkels zouden dan naar de hersenen worden geleid, en daar aanleiding geven kunnen tot dergelijke dissociatieprocessen, als DOXDERS heeft aangeduid.

Een mechanische theorie is reeds gegeven door DUROIS.³⁾ Volgens zijn voorstelling worden contractiele elementen in de retina door 't licht geprikkeld, met het gevolg, dat zij zich samentrekken. Hierbij geven zij een mechanischen prikkel aan de eigenlijke zenuweindigen.

Die contractiele elementen zouden zijn: de pigmentcellen met hun protoplasma-uitloopers, de kegels en de staafjes(?). Zij zijn dan dus als 't ware de bemiddelaars, door wier tussenkomst de lichtstralen in een mechanischen prikkel worden omgezet. Deze wordt door de zenuwvezelen naar de psychische centra voortgeleid.

Verschillende intensiteiten zouden kunnen worden herkend, doordat zij contracties van verschillende *grootte* doen ontstaan, terwijl de *aard* ('t verloop) der samentrekking varieert voor de verschillende kleuren. Bij de eene golflengte verloopt zij dan n.m.l. veel sneller, dan bij de andere. Dientengevolge zullen de zenuweinden in 't eene geval anders worden geprikkeld dan in 't andere, en hierdoor kunnen de verschillende kleuren worden herkend.

DUROIS meent dat de sensaties met oscillatorisch karakter, zooals de in dit proefschrift beschrevene, niet anders verklaard kunnen worden dan door zijn theorie.

Hij kwam tot deze voorstelling door waarnemingen aan *Pholas daedalus*, een weekdier, gedaan (l. c. p. 207 en v.)

³⁾ *Leçons de Physiologie générale et comparée* par RAPHAËL DUROIS, Prof. à l'Université de Lyon, Paris 1898; pag. 228-88.

Deze mosselsoort heeft een lang buisvormig achtereinde (siphon), dat dient voor de opname van voedsel en verwijdering van uitwerpselen. Deze siphon kan door sterke spieren worden ingetrokken, wanneer 't dier, of zijn ganglia, voor gevaar worden gewaarschuwd. Deze waarschuwing wordt gegeven door 't zoogenaamde „système avertisseur,” kleine papillen aan de oppervlakte van den siphon geplaatst, die in hooge mate prikkelbaar zijn voor agentia van de meest verschillende soort. Zij contraheeren zich o.a., wanneer zij door licht worden getroffen, en bij deze contractie prikkelen zij op hun beurt de zenuw-elementen, die weder den stoot geven tot de intrekking van den geheelen siphon.

Nu vond hij, dat de samentrekkingen van de papillen, bij prikkeling door verschillende kleuren, een verschillend verloop hebben; in 't eene geval bereiken zij n.m.l. veel sneller hun maximum, dan in 't andere. Ten bewijze, dat dit onderscheid in den aard der contracties werkelijk door 't dier of zijn centraal zenuwstelsel wordt waargenomen, dient, dat ook de secundaire samentrekking van den siphon varieert in overeenstemming met de primaire van de papillen. Dank zij dus het vermogen dezer laatstgenoemde om op licht van de eene golflengte anders te reageeren, dan op dat der andere, is het dier werkelijk in staat verschillende kleuren te onderscheiden.

Op een dergelijke wijze zouden de contractiele elementen van de buitenste laag onzer retina bemiddelaars zijn, tusschen 't objectieve physische proces en ons zenuwstelsel.

STELLINGEN.

STELLINGEN.

I.

Ter verklaring van de nabeelden, die door momentane licht-indrukken worden verkregen, moet men aannemen, dat zij ontstaan door samenwerking van twee processen, die zich, onafhankelijk van elkaar, doch gelijktijdig, in 't staafjes- en in 't kegellapparaat afspelen.

II.

Geen der bestaande licht- en kleurzin-theorieën is in staat een voldoende verklaring van alle nabeeldverschijnselen te geven.

III.

De lichtzintheorie van Hering is onhoudbaar.

IV.

De kegels en de staafjes der retina zijn bijzondere cellen, die zich van de nervenzen en van de neuroglia-cellen onderscheiden.

Alle bewegingen van den voet hebben in hoofdzaak in 't talocrurale gewricht plaats.

VI.

De vorming der lymfe is waarschijnlijk een eenvoudig filtratieproces.

VII.

BUGGE's theorie, dat anorganisch ijzer, per os toegediend, geen andere werking uitoefent, dan 't organisch gebonden ijzer van 't voedsel te beschermen, is onjuist.

VIII.

Acute algemeene miliair-tuberculose ontstaat waarschijnlijk slechts bij uitzondering door invasie van groote massa's van tuberkel-bacillen in de circulatie.

IX.

Vermindering van 't procentgehalte der polynucleaire leucocyten in 't bloed, bij diphtherie, geeft een slechte prognose.

X.

De gastroduaphanie kan niet als een goede methode ter bepaling der maaggrenzen gelden.

Maagoperatiën verrichte men bij voorkeur onder algemeene narcose.

XII.

De door BIER aangegeven methode van opereeren, bij amputaties aan de onderste extremiteiten, verdient algemeen te worden toegepast.

XIII.

Hemeralopie berust waarschijnlijk op een onvoldoende functioneeren der staafjes.

XIV.

De contractiering berust niet op bijzondere anatomische verhoudingen van de musculatuur der onderste deelen van den uterus.

XV.

Het is wenschelijk, dat formaline meer algemeen als desinfectiemiddel voor localen worde toegepast.

XVI.

Nauwkeurige desinfectie der instrumenten van barbiers en haarsnijders worde verplichtend gesteld.

