Over licht- en kleur-perceptie

OVER

LICHT- EN KLEUR-PERCEPTIE.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

Doctor in de Geneeskunde

AAN DE HOOGESCHOOL TE UTRECHT,

NA MACHTIGING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. T. HALBERTSMA,

GEWOON HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE,

MET TOESTEMMING VAN DEN ACADEMISCHEN SENAAT

EN

VOLGENS BESLUIT DER GENEESKUNDIGE FACULTEIT

TE VERDEDIGEN

op Maandag den 24en Maart 1873, des namiddags ten 6 ure.

DOOR

SAPE TALMA

geboren te *Dockum.*

UTRECHT,

P. W. VAN DE WEIJER.

Stoomdrukkerij.

Aan mijne Ouders.

Is het in elken tak der kennis van het dierlijk organisme bewonderenswaardig, welke reuzenschreden door het trouw verbond van physiologie en histologie zijn gedaan, niet het minst dwingen ze onzen eerbied af op het gebied der zintuigen. Het oog, het zintuig van schier het meeste belang, is wel de krachtigste getuige van de ontwikkeling onzer kennis in deze richting. Van alle velden, waarop men zich kan bewegen, is er daarom ook geen, dat den jeugdigen beoefenaar der medische wetenschap zóózeer aanlokt.

Ook ik heb daaraan het onderwerp van mijn academisch proefschrift ontleend.

Mijn oorspronkelijk plan was, om de anatomische bijzonderheden der kegels in de retina der vogels, vooral met

het oog op de gekleurde kogeltjes, die daarin gevonden worden, na te gaan. Ik stelde mij voor, om vervolgens het absorbeerend vermogen van deze kegels voor de verschillende lichtstralen te onderzoeken, om ten laatste te komen tot hunne beteekenis voor de kleur-perceptie. Door verschillende, hier niet te vermelden omstandigheden, werd ik evenwel van de volvoering van dit plan afgehouden. Ik heb het daarom zoodanig gewijzigd, dat ik tot mijn onderwerp gekozen heb de wijze, waarop men zich de licht-perceptie in 't algemeen en de kleur-perceptie in het bijzonder te denken heeft.

Bij het vervaardigen van mijne dissertatie is mij Uwe hulp, Hooggeleerde Promotor Professor DONDERS, geliefde leermeester, van groot belang en van groote waarde geweest. Voor alles wat ik U verschuldigd ben, voor Uwe hartelijke welwillendheid en onovertroffen onderwijs, breng ik U mijnen dank. Grootendeels aan Uwe lessen hebben de theoretische beschouwingen, in mijn proefschrift vervat, hun oorsprong te danken. Gaarne had ik gewild, dat zij minder gebrekkig en daardoor Uw onderwijs meer waardig waren. Leg ik thans den *naam* af van Uw leerling, wil voor mij blijven wat Gij steeds zijt geweest, en licht mij voortdurend voor, waar ik Uwe hulp zal inroepen!

Het is mij eene behoefte mijn dank te brengen ook aan U, hooggeschatte Professor ENGELMANN, voor Uwe leiding en hulp, die ik vooral op het physiologisch laboratorium in zoo ruime mate heb genoten. Uwe bereidwilligheid, ook bij de samenstelling van dit geschrift, inzonderheid bij het onder-

zoek van het netvlies en het gebruik van den toestel van Browning, ondervonden, gedenk ik met de meeste erkentelijkheid.

En Gij allen, Hooggeleerde en Zeergeleerde Heeren, van wier onderwijs ik heb mogen profiteeren, ontvangt openlijk de betuiging mijner innige dankbaarheid. Het allermeest zij aan U, veel geachte en veel geliefde Professor LONCQ, wiens rijke ervaring en veelzijdige kennis mij den weg heeft gewezen op het gebied der praktische geneeskunde, die dankbaarheid gewijd. De gelegenheid, om als Uw assistent Uwe vriendschappelijke leiding en Uwen bijstand bij mijne studiën te blijven genieten, waardeer ik ten zeerste. U, hooggeachte Professor KOSTER, dank ik in het bijzonder voor de leerzame en aangename uren, in M. N. S. onder Uwe leiding doorgebracht.

Gij, academievrienden, gegroet!

HOOFDSTUK I.

LICHT-PERCEPTIE.

»Man erinnert sich des keckenAusspruches Hernn Carl »Vogt's, der in den fünfziger Jahren zu einer Art von »Turnier um die Seele Anlass gab: dass alle jene Fähig»keiten, die wir unter dem Namen Seelenthätigkeiten be»greifen, nur Functionen des Gehirns sind, oder, um es »einigermassen grob auszudrücken, dass die Gedanken »etwa in demselben Verhältnisse zum Gehirn stehen, wie »die Galle zu der Leber oder der Urin zu den Nieren. »Die Laien stiessen sich an diesem Vergleich, weil ihnen »die Zusammenstellung des Gedankens mit der Absonde»rung der Nieren entwürdigend schien. Die Physiologie »kennt indess solche aesthetischen Rangunterschiede nicht. »Ihr ist die Nierenabsonderung ein wissenschaftlicher »Gegenstand von ganz gleicher Würde mit der Erfor»schung des Auges oder Herzens oder sonst eines der »gewöhnlich sogenannten edleren Organe. Auch das ist »an dem Vogt'schen Ausspruch schwerlich zu tadeln, dass »darin die Seelenthätigkeit als *Erzeugniss der materi»ellen Bedingungen im Gehirn* hingestellt wird. Fehlerhaft »dagegen erscheint, dass er die Vorstellung erweckt, als

»sei die Seelenthätigkeit aus dem Bau des Gehirnes ihrer »Natur nach so begreifbar, wie die Absonderung aus dem »Bau der Drüse 1)."

Zoo is, volgens du Bois-Reymond, wiens redevoering, vreemd genoeg, als tegen het materialisme gerichtbeschouwd is geworden, datgene, wat men in het dagelijksch leven licht noemt, het licht in physiologischen zin, een product van de hersenen: zonder lever geen gal, zonder hersenen geen licht. Maar, in welk verband die perceptie tot de hersenwerking sta, zooveel is zeker, dat zij niets gemeen heeft met ethertrillingen. Vaak ontstaat de voorstelling van licht, zonder bekende aanleiding: zoo bij gezonde personen in den droom, in half wakenden toestand vóór het inslapen, bij zieken ook in wakenden toestand; zoo worden de hallucinaties en phantasmata.

Men neemt aan, dat zulk een proces in de hersenen gebonden is aan een chemisme in de gangliëncellen: eene omzetting van chemisch arbeidsvermogen in de eene of andere beweging. In 't algemeen toch zijn organische stoffen de voorwaarden voor dierlijk-physiologische processen, waarbij levensverschijnsels ontstaan, d. i. zekere vormen van beweging, hetzij warmte, hetzij electro-motorische werking, hetzij beweging van massas, die op eene eigenaardige verplaatsing van molekulen, imbibitie of wat dan ook, berusten. In 't algemeen vindt dus in het dierlijk lichaam eene „Lösung von Kräfte" plaats.

Dit chemisme in de gangliëncellen wordt nu in den regel opgewekt door een dergelijk proces in de zenuwvezels, met electro-motorische werking gepaard, op zijn beurt weer in 't leven geroepen van uit de peripherische

---

1) Du Bois-Reymond. Ueber die Grenzen des Naturerkennens. Leipzig 1872.

deelen. In deze laatste, de retina, kan het zijn oorsprong te danken hebben aan drukking of electrische stroomen, maar voornamelijk hangt het hier af van ethergolven. Hierop berust het verband tusschen den mensch en de buitenwereld, voorzoover het gezichtszintuig aangaat: de deelen, waarin nu het genoemde physiologische proces een aanvang neemt, opgewekt door de ethergolven, zijn de percipiëerende elementen.

Wij moeten dus wel onderstellen, dat in deze elementen stoffen voorhanden zijn, die door middel van de ethergolven in een chemisch proces gewikkeld worden, dat slechts zoolang aanhoudt, als deze ethergolven „prikkelen."

Omdat de retina gewoonlijk geprikkeld wordt door deze golven, en, als deze irritatie van daar naar de hersenen wordt voortgeleid, in dit centrum de voorstelling van licht wordt opgewekt, die door het individu in de ruimte verplaatst wordt, heeft men deze ethergolven lichtgolven, of kortweg „licht" genoemd.

Het onderscheid tusschen licht in physiologischen en physischen zin is dus groot.

De verschillende door een prisma uiteengeworpen stralen verdeelde men vroeger algemeen in warmte-, licht- en chemische stralen. Volgens het zooeven betoogde kan men het licht- en het chemisme gevend vermogen als één beschouwen, en dus zou er slechts nog van warmtegevende en chemische stralen sprake kunnen zijn: in hoeverre deze verdeeling vast te houden zij, zal later blijken.

Niet alle stralen van een spectrum zijn in staat de retina te prikkelen: het gedeelte van het spectrum, waartoe deze werking beperkt is, is gelegen tusschen de stralen, wier golflengte slechts weinig grooter is dan die der stralen in de lijn A en slechts weinig kleiner dan die in de lijn H.

Dat de andere stralen niet prikkelend inwerken, zou

van twèe oorzaken kunnen afhangen: zij zouden òf door de media van 't oog kunnen worden geabsorbeerd, òf de retina zou ongevoelig voor hen kunnen zijn.

De stralen van grootere golflengte dan A worden waarschijnlijk geheel door de media van 't oog geabsorbeerd. Brücke namelijk zag, dat, als licht door deze media en eene laag roetzwart gegaan was, geen werking op de thermo-electrische zuil te constateeren was. De ultra-roode stralen dus, die ongetwijfeld een sterk verwarmend vermogen hebben en door eene laag roetzwart worden doorgelaten, moeten door de cornea, de lens of het glasvocht worden geabsorbeerd.

Voor de ultra-violette stralen schijnt de retina gevoelig te zijn; want, bij uitsluiting van ieder ander licht, worden ze nog gezien, zij het dan ook zwak. Evenwel kan dit nog tot vergissing aanleiding geven, daar ze op de weefsels van het oog fluoresceerend werken, en hierop hunne zichtbaarheid zou kunnen berusten. Brücke toonde, door licht, dat beurtelings wel en niet door de media van een ossenoog gegaan was, op eene oplossing van guajak in alkohol te laten inwerken, dat er in deze media absorptie plaats heeft. Evenwel is deze absorptie volstrekt niet zoo volkomen, als Brücke oorspronkelijk meende. Door namelijk de ultra-violette stralen, gegaan door de media van een oog, op eene chinine-oplossing te laten inwerken, bewezen Donders en v. Rees door de opgewekte fluoreseentie, dat ze voor een goed deel worden doorgelaten. Immers, terwijl de helderheid van het onveranderde ultra-violette licht veel geringer is dan die van het door de fluorescentie der chinine ontstaande, blijkt wel, dat de geringe zichtbaarheid vooral hierop berust, dat de retina weinig gevoelig voor de ultra-violette stralen is. Dit bewijs is nog krachtiger hierdoor, dat

door de chinineoplossing de opvallende ultra-violette stralen in *diffuus* licht van grootere golflengte veranderd is: veel helderder is dus nog een veel kleiner aantal van deze laatste stralen dan een veel grooter van de ultra-violette.

Berust nu de prikkeling der retina op een opgewekt chemisme, dan doet zich de vraag voor: hoe heeft men zich dit te denken? Ter verklaring is het geschikt rond te zien naar chemische processen, buiten het oog door licht opgewekt. De voorbeelden hiervan zijn vele. Groot ook is het verschil in chemisme in verschillende stoffen te weeg gebracht.

Ik vermeld eerst eenige chemismen, waarvan de aard nog onbekend is. Sommige schijnen wel op oxydatie te berusten, daar ze alléén plaats grijpen in een medium, dat zuurstof bevat (Becquerel), maar daar vele, o. a. ontkleuringen, ook kunnen tot stand komen door desoxydatie, heb ik ze niet in de klasse der door het licht tot stand gebrachte verbindingen willen brengen.

Van deze geeft reeds John F. W. Herschel 1) eenige voorbeelden.

Herschel lost eerst guajak in alkohol op: papier, hiermede bestreken is, kleurloos. Als hij hierop het spectrum liet inwerken, zag hij eene blauwe verkleuring in het violet en ultra-violet. — Op dergelijk papier liet hij chloor inwerken en nu was het, vooral nat, zeer gevoelig voor alle lichtsoorten: de werking van de stralen van de grootste golflengte werd zeer ondersteund door eene temperatuur van 94° C. — Verder kleurde hij papier met de kleurstoffen van verschillende bloemen; voor het gele sap van Corchorus Japonica is de verkleuring het zwakst in de stralen

1) Philosophical Transactions, 1842: on the Action of the Rays of the Solar Spectrum on Vegetable Colours, and on some Photographic Processes.

van de grootste golflengte; eens begonnen gaat zij ook in het donker voort. Het rozenrood sap van Mathiola annua wordt ontkleurd van het geel tot het rood en in het violet. Papier met kurkuma-tinctuur bevochtigd is geel; een spectrum werkt er op in, vooral het violet en ultraviolet. Sparaxis tricolor geeft met alkohol eene gele kleur aan het papier: dit, met carbonas natricus behandeld, is zeer gevoelig voor de roode zijde van het spectrum. Hij kwam in het algemeen tot deze resultaten: 1°. het licht werkt geheel of gedeeltelijk ontkleurend; 2°. de werking is nagenoeg bepaald tot het zichtbare spectrum; 3°. de werkende kleuren zijn vooral die, welke te zamen de complementaire kleur van de kleurstof uitmaken (wet van Grothus).

Draper 1) verkreeg soortgelijke resultaten. Tyndall 2) beschrijft de inwerking van licht op den damp van amylnitrit. De donkere warmtestralen [ze werden al of niet door eene aluinoplossing geabsorbeerd] zijn onwerkzaam. Met geel, rood en blauw glas blijkt, dat het de meest breekbare stralen van het zichtbare spectrum zijn, die hierin een chemisme opwekken.

De overige door het licht opgewekte chemismen kan men splitsen in ontledingen, plotselinge verbindingen, langzame verbindingen.

1°. wekt het licht eene ontleding op. Onder anderen, deed Draper hierover onderzoekingen. Laat men op eene zilverplaat, bedekt met joodzilver en afgesloten voor ieder ander licht, een spectrum vallen, dan wordt wel het eerst dat gedeelte veranderd, waarop de meest breekbare stralen vallen, maar als de minder breekbare maar lang genoeg

1) Philosophical Magazine, Dec. 1872. Researches in Actino-Chemistry: on the Distribution of Chemical Force in the Spectrum.

2) London Royal Society Proc. XVII, 92.

nwerken, ook dat gedeelte, waarop deze laatste vallen. Hierbij wordt door het licht eene gedeeltelijke ontleding van het zilver-jodid tot stand gebracht. Becquerel 1) deelt eene dergelijke werking mede op chloor- en broom-zilver, op broom-koper enz.

Belangrijk is vooral de werking van het licht op planten. Déhérain 2) en vele anderen, aangehaald door Sachs 3), deden hierover onderzoekingen. Sachs kwam tot dit resultaat: in zooverre de chemische processen in de planten van het licht afhangen, komen ze alleen of voornamelijk tot stand door stralen van de middelste en laagste breekbaarheid, — aldus het groen worden van het chlorophyllum, de ontleding van koolzuur en de vorming van amylum [of suiker of vet] in het chlorophyllum. Hier heeft werkelijk eene ontleding plaats: aequivalent aan de hoeveelheid levende kracht, aan het licht ontleend, wordt door de plant in deze hoogere verbindingen eene quantiteit spankracht gevormd. Deze aequivalentie, hoewel niet direct bewezen, wordt reeds daardoor waarschijnlijk, dat de hoeveelheid koolzuur, die ontleed wordt, evenredig is aan de intensiteit van het witte licht, dat de plant bestraalt.

Merkwaardig hierbij is, dat slechts die stralen, die voor het menschelijk oog zichtbaar zijn, de ontleding van het koolzuur veroorzaken, en dat die stralen, die het oog het sterkst aandoen, ook hier het sterkst werken. De verhouding is ongeveer deze:

rood.	25.4
oranje	63.0
geel	100.0
groen	37.2

1) La lumière, ses causes et ses effets. Tom II.

2) Comptes rendus. LXIX.

3) Lehrbuch der Botanik. 1872.

blauw	22.1
indigo	13.5
violet	7.1

2°. Wekt het licht eene plotselinge verbinding op: werkt b.v. sterk licht op een mengsel van chloor en waterstof, dan komt er onder explosie eene plotselinge verbinding tot stand.

3°. Werkt het licht langzaam verbindend. Zoo vermeldt Herschel reeds de werking van licht op een mengsel van ijzer-chloride en ferrocyaan-kalium: sterk werken hierop de roode en ultra-roode stralen onder vorming van berlijnsch-blauw. Hier gaat wel eerst eene dubbele ontleding vooraf, maar het resultaat is toch — eene verbinding: daarom heb ik het geheele proces gebracht tot de door het licht opgewekte verbindingen. Een dergelijk proces vermeldt Vogel 1) in een mengsel van nitro-prussid natrium en ijzerchloride: hier ontstaat onder den invloed van alle stralen van 't zichtbaar spectrum berlijnsch-blaauw; de sterkst breekbare stralen werken echter het sterkst, en wel staat de werking van het violet tot het rood = 2 : 1. Herschel ontkleurde het rozenroode sap van Mathiola annua door desoxydatie met zwaveligzuur: onder den invloed der complementaire kleur herneemt het zijn rozenrood, d. i. komt er weer oxydatie, eene verbinding, tot stand. Becquerel drenkt papier met chroomzuur en droogt het in het donker: laat hij er een spectrum op vallen, dan wordt het papier door oxydatie langzamerhand zwart van de streep b tot M, met een maximum van werking in F. Draper liet op een mengsel van chloor en waterstof een spectrum van zwak licht inwerken. Alle zichtbare

1) Neues Repertorium der Pharmacie. XVI. 155.

stralen brachten eene verbinding tot stand, maar de sterkst breekbare werkten het sterkst. Bunsen en Roscoë 1) vonden, dat, als de verbinding door zwak licht wordt opgewekt, met de inwerking van het licht ook terstond het chemisme ophoudt. Opmerkelijk is hierbij nog, dat het licht eerst een poos moet hebben ingewerkt, vóór het chemisme begint [preliminary Actinisation, Draper].

Vette oliën verbinden zich in de lichtende stralen, maar vooral in de violette, met O waarbij zij hard worden.

Van de sterkst breekbare stralen hangen alleen of voornamelijk de mechanische veranderingen af, voorzooverre die onder den invloed van het licht in de planten tot stand komen; deze stralen hebben invloed op de snelheid van den groei, op de bewegingen van het protoplasma, op de houding van vele bladen en ook op de heliotropische krommingen van vele planten (Sachs). Hier heeft men zich te denken, dat eene geringe ontleding door het licht wordt voortgebracht, als voorwaarde eener krachtige omzetting van chemisch arbeidsvermogen in levende kracht.

Dat het hierbij de beweging van den ether is, die tot het chemisme aanleiding geeft, blijkt dáaruit, dat de stralen, die werken, geabsorbeerd worden. Algemeen geeft men er deze verklaring van: eene verbinding zal dán blijven bestaan, als de atomen niet in staat zijn om de bewegingen van den ether over te nemen; is dit wél het geval, dan wordt het molekuul ontbonden. Deze absorptie nu blijkt op verschillende wijzen: zoo vermeldt Herschel reeds, dat de bloemenkleuren vooral worden ontkleurd door die stralen, welke te zamen de complementaire kleur geven. Volgens Draper toont eene gepolijste zilver-

1) Poggendorff's Annalen. C.

plaat, op verschillende plaatsen gedurende verschillende tijden aan jodium-dampen blootgesteld, wanneer men er licht op laat vallen, dat verschillend dikke lagen jood-zilver eene verschillende reactie op het licht geven; wanneer men het licht hiervan gereflecteerd op eene tweede gevoelige plaat met jood-zilver bedekt laat vallen, dan ziet men, dat op deze tweede dáár het meest verandering wordt opgewekt, waar het licht valt van die plaatsen der eerste plaat, die het minst veranderd werden. Waar dus op de eerste plaat geene verandering werd opgewekt, waren ook die stralen, die onder gunstige omstandigheden hiertoe het meest aanleiding geven, niet geabsorbeerd, maar gereflecteerd. Licht, dat door chloorgas is gegaan, werkt niet meer verbindend op een mengsel van chloor en waterstof.

Groot is, blijkens het bovenstaande, het verschil in len aard der chemische processen, waarbij het licht een ol speelt en, al werken overal slechts de geabsorbeerde tralen, toch mag men niet zeggen, dat overal een gevenredigd chemisch arbeidsvermogen wordt gevormd. Dat noge gelden van de ontleding van koolzuur door de planten onder den invloed van het licht, op vele andere processen is dit met toepassing.

Hoe hebben wij ons nu de werking van het licht voor te stellen in betrekking tot het physiologisch-chemisch proces in het levende netvlies?

Door vergelijking met de werking van warmte kan dit wellicht duidelijker worden.

Wij kunnen, door water tot damp te brengen, door gassen eene hoogere spanning to geven, warmte direct in mechanischen arbeid omzetten. Afgezien daarvan, dat niet alle warmte hiertoe kan worden verbruikt, is de arbeid, die verricht wordt, aequivalent aan de hoeveel-

heid warmte. Wij kunnen door de warmte op een thermo-electrische zuil te laten inwerken, haar in electrische stroomen en zoo weer indirect in mechanischen arbeid omzetten

Op het oog werkt het licht zoo niet: het chemisme, dat er door wordt opgewekt, is veel sterker dan de hoeveelheid beweging door het licht afgestaan; eene chemische werking, die zelf warmte geeft, *kan* immers, behalve als voorwaarde voor haar ontstaan, geene hoeveelheid beweging opnemen aequivalent aan de hoeveelheid ontwikkelde warmte.

Eene andere wijze van werking der warmte is die op buskruid en phosphorus. Is hier eens de beweging ontstaan, dan gaat ze uit zich zelve voort, zonder dat verdere inwerking van de warmte van buiten noodig is. De bij iedere verbinding vrij geworden warmte is nu voldoende, om weer eene volgende verbinding tot stand te doen komen. De warmte geeft hier dus slechts een aanstoot tot beweging. Wel is de hoeveelheid ontwikkelde beweging veel grooter dan die, welke door de warmte is afgestaan; maar houdt de warmte op te werken, dan houdt niet tevens het chemisme op. De werking van het licht op het netvlies kan dus ook hieraan niet analoog zijn. In het oog toch worden, gelijk overal in het dierlijk organisme, aanhoudend nieuwe stoffen door de circulatie toegevoerd, gelijk de produkten der stofwisseling weer worden weggevoerd. Het laat zich dus niet denken dat het chemisme daarom niet langer zou duren dan de inwerking van het licht, omdat de daartoe noodige stoffen verbruikt zouden zijn: hoe lang kan ook het proces niet duren onder de voortdurende inwerking van het licht? En dat de positieve nawerking maar zeer kort duurt, is een feit, terwijl het daarbij nog de vraag is of deze niet haren oorsprong heeft in de zenuwen of in het centrum.

Van deze beide vormen onderscheidt zich de werking van zwak licht op een mengsel van chloor en waterstof: zoodra hier het licht ophoudt houdt ook de verbinding op. Hier bestaat de werking van het licht waarschijnlijk dáárin, dat het molekuul in zijne atomen gesplitst wordt, die zich nu met de atomen waterstof vereenigen.

Zou men zich zoo de werking van het licht op het netvlies niet voor kunnen stellen? — Wel zijn hierin stoffen, die zich kunnen verbinden, maar zal deze verbinding tot stand komen, dan moet eerst eene voorwaarde daartoe in het leven worden geroepen. Gelijk het licht het molekuul chloor in zijne atomen splitste, zoo moet ook in het oog eene geringe ontleding plaats hebben vóór het chemisme tot stand kan komen. Gelijk er een stadium van chemische inductie [Bunsen en Roscoë], van preliminary actinisation [Draper] is, vóór de werking van zwak licht op een mengsel van chloor en waterstof zich door beginnende verbinding openbaart, zoo moet ook het licht een bepaalden tijd op het oog hebben ingewerkt, zooals Lamansky op nieuw, volgens de methode van Exner vond, vóór het maximum van werking tot stand komt. Lamansky toonde aan, dat deze tijd voor rood licht driemaal grooter is dan voor blauw licht. Zóó werken ook verschillende soorten van licht verschillend sterk op chloor. Niet onwaarschijnlijk is het, dat in het oog de zuurstof chemisch werkzaam gemaakt wordt en zoo tot verbinding aanleiding gegeven, gelijk in het mengsel het chloor eene bepaalde hoeveelheid beweging van het licht moest hebben overgenomen, vóór de verbinding met waterstof plaats kon grijpen. Gelijk, tot op zekere hoogte, de in een bepaalden tijd gevormde hoeveelheid zoutzuur evenredig is aan de hoeveelheid licht, zoo klimt ook in het oog de werking met de intensiteit van het invallende licht.

Gelijk in het mengsel de verbinding dadelijk met of kort na de inwerking van het licht ophoudt, zoo is ook de positieve nawerking in het oog betrekkelijk zeer gering.

Dat het oog slechts voor golflengten tusschen bepaalde grenzen gevoelig is, stemt goed overeen met de boven aangehaalde gevallen, waaruit blijkt, dat verschillende stoffen voor *eenige* golflengten ongevoelig zijn, terwijl ze door *andere* zeer sterk worden aangedaan.

Bij het onderzoek van de scheikundige werking der verschillende stralen op verschillende stoffen maakte Becquerel zijne indeeling in „rayons excitateurs, continuateurs en protecteurs," wat men altijd in dien zin moet opvatten, dat het van de beschenen *stoffen* afhangt, hoe de werking is van het licht.

Rayons excitateurs noemde Becquerel die, welke ergens eene werking opwekken en die voort kunnen zetten, zooals meestal het geval is.

De stralen zijn continuateurs, als zij slechts dan in staat zijn een chemisme te onderhouden, als het eens begonnen is. Draper zegt, dat op een roode zilverplaat de minst breekbare stralen *ook* inwerken, als zij maar *lang* genoeg werkzaam zijn. Becquerel stemt dit niet toe: geen prisma is zoo volkomen helder, dat ook niet eene geringe hoeveelheid diffuus licht daarvan uitgaat. Volgens Becquerel nu brengt dit diffuse licht op de plaatsen van de minst breekbare stralen langzaam een chemisme voort; eerst als dit aldus is opgewekt zijn de minst breekbare stralen in staat het voort te zetten. Becquerel brengt hiervoor geene bewijzen bij: hij gebruikt niet, zooals Lamansky, twee prismata om de hoeveelheid diffuus licht zeer te verminderen. Overigens strookt de opvatting van Becquerel slecht met de proef

van Draper, dat de minst breekbare stralen in staat zijn, om de werking van tegelijk opvallend diffuus licht te beletten, ja zelfs te vernietigen, als ze reeds begonnen was.

Ten derde kunnen de stralen zijn protecteurs, d. i. zij kunnen de werking van zwakke stralen, die zouden inwerken, beletten. Hiervan zouden volgens Draper de minst breekbare stralen op jood-zilver een voorbeeld geven. Herschel geeft hiervan ook een voorbeeld: liet hij op een papier, bevochtigd met zijne guajak-oplossing, tegelijk zwak diffuus licht en de minst breekbare stralen vallen, dan werd het geheele papier bruin-groenachtig, behalve juist in de streek van de minst breekbare stralen, waar het onveranderd bleef.

Eindelijk dient men er nog op te letten, of er ook een onderscheid is in het chemisme, door de verschillende stralen veroorzaakt. Zoo is b. v. de werking van licht op eene dunne laag goud-chloruur deze: laat men er een spectrum op vallen, dan ontstaat er eene langzame verandering van E tot I; is deze verandering eens begonnen, dan gaat ze ook in het donker voort tot een vrij hoogen trap 1). Het gele sap van de bloem van Corchorus Japonica is gevoelig voor de verschillende lichtende stralen van 't spectrum, maar het minst voor de minst breekbare; is de verandering eens begonnen, dan gaat zij ook in het donker voort. Hier geeft dus het licht eenvoudig een aanstoot tot een langzaam voortgaand chemisme, zonder dat eene verdere inwerking noodzakelijk is. Het onderscheid met die chemismen, welke slechts bij continuele inwerking van licht

---

1) Becquerel. La lumière, ses causes et ses effets. Tome. II.

voortgaan, valt dadelijk in 't oog. Het zou *kunnen* zijn, dat de stralen in dat opzicht verschilden, maar mijne gegevens laten mij niet toe hier nader op in te gaan.

Vroeger maakte men wel eens de scheiding in chemische en niet-chemische stralen, maar deze scheiding moet vervallen. Experimenteel is door de boven aangehaalde proeven uitgemaakt, dat vele stralen in staat zijn chemisme op te wekken. Wel is het a priori te verwachten, dat alle stralen chemisch kunnen werken: zij verschillen toch slechts in graad. Het is alleen de vraag, of daarvoor gevoelige stoffen in de natuur gevonden worden. Het schijnt tot dusverre, dat er meer stoffen voorkomen die voor de violette zijde van 't spectrum gevoelig zijn, dan waarop het roode einde vooral werkt.

Wij weten, dat in het gele gedeelte van het zonnespectruon het oog het maximum van licht waarneemt; maar hieruit volgt nog niet, dat deze stralen het sterkst werken. Ook het besluit omtrent de chemische werking der stralen in 't algemeen is niet zoo direkt te maken.

Hiertoe uit de werking van de verschillende kleuren in het dioptrische spectrum te willen besluiten, zou onjuist zijn, daar hierin de verschillende stralen niet evenredig aan de golflengte zijn uiteengeworpen, maar de dispersie van de stralen met kleinere golflengte veel sterker is dan die met grootere. Gebruikte men dus voor deze vergelijking zulk een dispersie-spectrum, dan zou b. v. het getal violette stralen, dat in hare chemische werkzaamheid gemeten wordt, veel kleiner zijn dan dat der roode: de methode zou daarom valsch zijn.

Verder moet men er op letten, of de amplitude der verschillende ethertrillingen, de energie der verschillende

stralen, wel dezelfde is en zoo neen — hoe zij verschilt. Men zou natuurlijk het chemisch werkend vermogen naar de eenheid der energie moeten herleiden, wilde men tot eene vergelijking der verschillende stralen komen.

Het meten van deze energie heeft zijne bezwaren: op het tegenwoordig standpunt der wetenschap kunnen wij dit het best, door hun *verwarmend* vermogen te meten, d. i. de hoeveelheid beweging, die de verschillende stralen aan daartoe geschikte molekulen kunnen afstaan. Hiertoe het volgende:

Lamansky 1) deed onder Helmholtz onderzoekingen over het warmtegevend vermogen in de verschillende deelen van het dispersiespectrum van de zonnestralen. Zijne werktuigen en hunne aanwending schijnen voortreffelijk te zijn geweest, o. a. ook zijne met roetzwart bedekte thermo-electrische zuil. Het warmtegevend vermogen was volgens hem in het ultra-roode gedeelte van het spectrum het grootst, hoewel de curve hier vier rijzingen en dalingen vertoonde, die, zooals het onderzoek waarschijnlijk maakte, afhingen van de absorptie in de athmospheer der aarde. In het lichtgevend gedeelte daalde de curve snel, zoodat bij de streep G nog slechts een gering warmtegevend vermogen te bemerken was. Zijn resultaat is echter slechts op een geheel specieel geval van toepassing, namelijk op de warmteverdeeling in het *door hem gemaakte* spectrum. Onjuist zou het zijn, als men daaruit wilde besluiten tot de energie van de verschillende ethergolven. In een dispersiespectrum toch worden de meest breekbare stralen te veel, de minst breekbare te weinig uiteengeworpen.

Voor het onderzoek van het lichtende spectrum ging,

---

1) Poggendorf's Annalen 1872. Untersuchungen über das Wärmespectrum des Sonnen- und Kalklichtes.

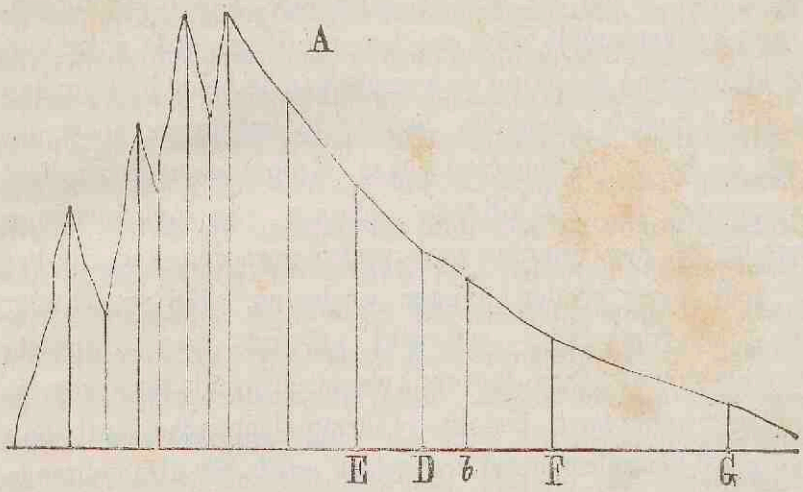
mijns inziens, Draper 1) van het juiste principe uit. Naar Ångström is de golflengte in A 7604, in H^2 3933. De arithmetisch-middenevenredige is 5892, weinig hooger gelegen dan D. Het interferentie-spectrum laat zich ter warmtebepaling niet gebruiken: hier zou op gelijken afstand van A en H^2 *ook* de golflengte van 5892 liggen. Draper verzamelt dus van een op de gezegde wijze verdeeld dispersie-spectrum de warmte van de beide helften; dan heeft hij tevens gevonden, hoe zij in het juiste spectrum over de beide helften verdeeld is. Groote naauwkeurigheid aangaande de verschillende plaatsen van het spectrum kan hij op deze manier niet verkrijgen: dan had hij het in veel meer deelen moeten verdeelen. Hij werkt met een goed instrument, gebruikt prismata van klipzout, zwavelkoolstof, flintglas en kwarts en wendt ter absorptie een met roetzwart bedekte thermo-electrische zuil aan [volgens hem absorbeert roetzwart *gelijkelijk* alle lichtende stralen]. Op deze wijze vindt hij dat het warmtegevend vermogen in de beide helften van het spectrum gelijk is.

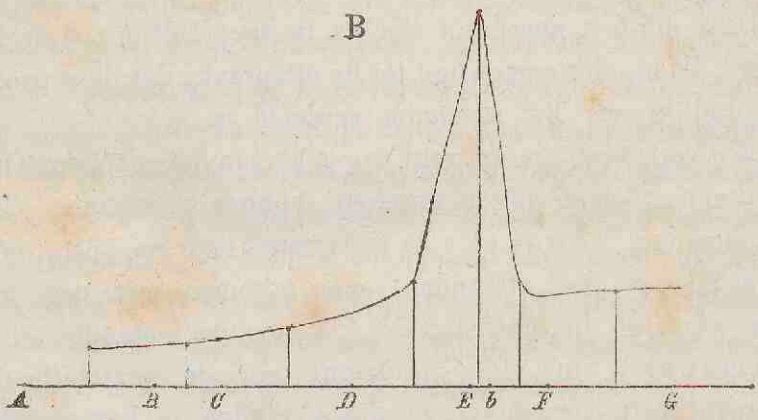
Daar hij het spectrum slechts in *twee* helften verdeeld heeft, is hij niet gerechtigd tot de uitspraak, dat de warmte gelijkelijk over het spectrum verdeeld is.

Wij verkeeren hieromtrent nog geheel in het onzekere. Om tot eenige benadering te geraken, hebben wij getracht, de kromme van Lamansky te reduceeren voor een spectrum, waarvan gelijke afstanden overeenkomen met een gelijk verschil in golflengte. Als men de afstanden, die Lamansky in zijn spectrum voor de verschillende strepen geeft, vergelijkt met die afstanden in het geredu-

1) Researches on the Actino-Chemistry: on the Distribution of the Heat in the Spectrum. Philosophical Magazine. Aug. 1872.

ceerde spectrum, en daarnaar de ordinaten van Lamansky vergroot of verkleint, dan kan men eene kromme construeeren, die de energie der verschillende golflengten aangeeft: zoo is curve B gemaakt, naar A gereduceerd.





Eén bezwaar tegen de gedane warmtemetingen wensch ik echter te releveeren. Ter absorptie is altijd roetzwart

gebruikt, en nu doet zich allereerst de vraag voor: Absorbeert dat werkelijk alle stralen die er opvallen? Worden er geene stralen teruggeworpen en gaan geene door?

Op het eerste geeft Fechner 1) een antwoord: „wij kennen geen zwarten grond, die in 't geheel geen wit licht terugwerpt. Op het meest zwarte lichaam kunnen wij nog gemakkelijk de oneffenheden zien, hetgeen bewijst, dat er op de oppervlakte eene ongelijkmatige reflexie plaats vindt. Men late verder op de meest zwarte oppervlakte die men maken kan, door een gat in eene donkere kamer direkt zonlicht vallen: dan zal de vlek die verlicht wordt onvergelijkelijk heller zijn dan de omgeving, wat niet het geval kon zijn, als het zwart niet eene aanzienlijke hoeveelheid licht terugwerpen kon." Draper zegt, dat roetzwart alle lichtende stralen *gelijkelijk* absobeert 2) en als dat zoo is, behoeft de curve hierom niet gewantrouwd te worden, daar ze toch slechts eene verhouding aangeeft.

Gaan er ook stralen door het roetzwart heen? Ik weet niet, dat er proeven over gedaan zijn.

De diathermansie van vele stoffen werd onderzocht door Melloni, Tyndall e. a. Hieruit blijkt, dat van de vloeistoffen water alle donkere warmtestralen absorbeert, jood opgelost in zwavelkoolstof alle lichtende, eene zure oplossing van sulphas chinicus alle stralen boven H. Van de vaste lichamen, die onderzocht werden, vermeld ik: steenzout, dat alleen de minst breekbare stralen, glas, dat alleen de meest breekbare, ijs, dat de niet lichtende absorbeert. Becquerel maakt melding van vele vaste stoffen, die slechts de ultra-violette stralen absorbeeren.

---

1) Poggendorff's Annalen. 1838. pag. 514.

2) Zonder de proeven aan te geven, waarop zijne bewering rust: ik ken ze ook niet.

Uit analogie zou ik wel geneigd zijn te betwijfelen, of roetzwart alle stralen absorbeert. Misschien zouden de metalen van de thermo-electrische zuil de door het roetzwart gegane stralen nog absorbeeren. Ik geloof in ieder geval te kunnen beweren, dat het absorbeerend vermogen van roetzwart moet worden onderzocht, vóór men er in deze richting verder mêe gaat experimenteeren.

Wil men het vermogen om chemisme op te wekken van de verschillende stralen met elkander vergelijken, dan moet men dit van ieder van hen bekende vermogen in krommen uitdrukken, en de ordinaten deelen door die ordinaten, die, volgens de zoo even beschreven kromme, de energie van de verschillende stralen uitdrukken. Zóó alleen kan men het chemismewekkend vermogen tot de eenheid van energie van de verschillende stralen terugbrengen.

Mij baseerende op het voorgaande, meen ik recht te hebben, om de bewering uit te spreken, dat wij de betrekkelijke energie der verschillende stralen van het zonnespectrum nog niet kennen. Daaruit volgt, dat ook de kromme, die de *chemische* werkzaamheid op bepaalde stoffen, en evenzoo op het netvlies, zou moeten uitdrukken, zich niet laat construeeren.

HOOFDSTUK II.

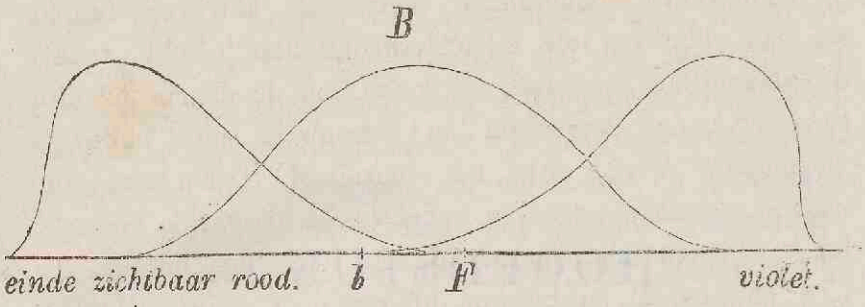
KLEUR-PERCEPTIE.

De theorie van Th. Young is door Helmholtz nader uitgewerkt en in de wetenschappelijke kringen verbreid.

Volgens deze zijn er in het oog drie soorten van zenuweindiging, of zenuweinden met drie energiën. Wordt de eerste geprikkeld, dan komt er in de hersenen eene werking in dat centrum, dat de voorstelling van rood geeft; prikkeling van de tweede soort geeft de voorstelling van groen, prikkeling van de derde voorstelling van violet.

De verschillende stralen van het zichtbare spectrum prikkelen deze drie elementen, maar de eene doet het sterker dan de andere. Zoo werken de stralen van de grootste golflengte vooral op de zenuweinden van de eerste soort, de stralen van de middelste goflengte vooral op de zenuweinden van de tweede soort, de stralen van de kleinste goflengte op de zenuweinden van de derde soort. Evenwel moet men aannemen, dat alle stralen de verschillende elementen prikkelen, maar des te zwakker,

naarmate ze verder afliggen van den straal, die het sterkst op een bepaald element inwerkt:



Door de onderzoekingen van J. J. Müller 1) bleek, dat de elementen 1 prikkelbaar zijn van het roode einde van 't spectrum tot F, de elementen 3 van 't violette einde tot b en de elementen 2 door de middelste stralen van 't spectrum: in bovenstaande figuur geven abscissen de golflengten aan, de ordinaten de mate der prikkeling van iedere energie door die golflengten. Müller vond, namelijk, dat slechts dan de gemengde van twee kleuren in volle saturatie verkregen wordt, als men beide neemt aan de roode zijde van 't spectrum tot b, of aan de violette tot F: dan worden dus slechts tweërlei zenuweinden geprikkeld, anders zou er de voorstelling van wit bij worden opgewekt, zooals wanneer drie geprikkeld worden, wat gebeurt als van de twee kleuren de eene aan deze zijde van b en de andere aan gene zijde van F genomen wordt.

De theorie postuleerde wel deze verschillende vormen van zenuweindiging, maar de anatomie was tot nog toe niet in staat, in eenige retina zulke verschillende elementen aan te toonen; de vogel-retina maakt misschien eene uitzondering.

---

1) *Zur Theorie der Farben.* Arch. f. Ophthalm. XV.

Hier wensch ik daarom eenige bijzonderheden der kegels in de vogel-retina mede te deelen.

Hannover onderzocht haar. H. Müller bracht na hem daarvan vele bijzonderheden aan 't licht, zooals de verschillende grootte der kegels en de daarin bevatte kogels, hunne verdeeling en samenhang met naburige elementen. Verder was het vooral M. Schultze, die zooveel over de retina in het geheele dierenrijk gewerkt heeft, die ons meer met de détails in kennis bracht. In zijn Archief 1) publiceerde hij een deel zijner onderzoekingen onder den titel: *Zur Anatomie und Physiologie der Retina.*

In aantal is de verhouding der kegels tegenover de staafjes bij de vogels omgekeerd aan die bij de zoogdieren. Bij de meeste vogels toch zijn de kegels in aantal verre boven de staafjes verheven. Bij de schildpadden vindt hetzelfde plaats; in de retina der salamanders schijnen slechts kegels voor te komen.

Bij de vogels vond Schultze de buitenleden der staafjes lang en cylindrisch, die der kegels konisch, minder glinsterend, dunner en zeer moeilijk in hun geheel te verkrijgen.

De geheele dikte van het buiteneinde van het binnenlid der kegels wordt ingenomen door een gekleurd kogeltje, bestaande uit eene vetachtige kleurstof, die zich in alkohol en terpentijn laat oplossen, en een waarschijnlijk eiwitachtig skelet. De kleur dezer kogeltjes verschilt: weinige zijn kleurloos, dan volgen in aantal de veel talrijkere donker roode, op regelmatige afstanden van elkander gelegen, en tusschen deze vele van geel tot oranje in vele nuancen. Daarenboven vond Schultze bij de duif in

1) Arch. f. mikrosk Anat. II S. 201.

de kegels, die roode kogeltjes bevatten, nog diffuus rood pigment De gele kogels bij de kip zijn van 0.003—0.005 mm. diameter, de roode van de grootte van de middelste gele. Van de achtervlakte gezien, zag Schultze er de dikkere einden van de staafjes tusschen. Uitgenomen in de onmiddellijke nabijheid der ora serrata, waar de kogeltjes verbleeken, is hunne verdeeling over de geheele retina der kip evenals van de eend gelijk.

De retina der duif bestaat, volgens Schultze, uit twee gedeelten: het roode centrale gedeelte, het gele wat ook het pecten bevat. In het roode gedeelte zijn de kegels dunner, de kogels intensiever gekleurd dan in het gele, waar meer staafjes zijn. In het roode gedeelte vindt men van de roode kogeltjes bevattende kegels het buitencinde van het binnenlid rood gekleurd.

Wel meende Schultze van de voorzijde eene fovea centralis in de duiven-retina te zien, maar van de chorioideaalzijde kon hij geene verandering van het mozaïek vinden.

Bij Falco buteo vond H. Müller twee foveae centralis: de eerste achter, de tweede ter zijde gelegen. Schultze onderzocht nader haren bouw. Volgens hem zijn zij aan elkander gelijk: de kegels hebben een diameter van slechts 0.001 mm. en bevatten slechts gele kogeltjes. Aan den rand der fovea komen er staafjes bij, eerst weinig dikker dan de kegels, weinig meer naar de peripherie spoedig 4 maal dikker. Hier treden ook roode kogeltjes op, waar de kegels langzamerhand dikker worden, terwijl de gele kogeltjes verbleeken. Dit blijft zoo tot aan de peripherie.

Bij Corvus komt ééne fovea centralis voor. Schultze onderzocht Corvus Cornea en Corvus Corona. Hier komen roode en gele kogeltjes in de kegels voor, die gescheiden worden door dunne staafjes. Buiten de fovea

tot aan de peripherie zijn de kegels minder in aantal en de staafjes dikker.

Gelijk bij de nachtzoogdieren, zoo vindt men ook bij de uilen veel meer staafjes dan kegels. Schultze onderzocht Strix aluco, noctea en flammea, en zag slechts met moeite tusschen de staafjes de kegels, die bleek gele kogeltjes bevatten. Roode kogeltjes komen er in 't geheel niet bij uilen voor; de gele verbleeken naar de ora serrata toe zeer.

In den derden band van zijn Archief beschrijft Schultze daarentegen niet meer dezen éénen vorm van kegels, met hun typischen vorm en korte zeer konische buitenleden, maar eenige zonder gekleurde kogeltjes, andere met eene naar de membrana limitans gelijkmatig smaller wordende basis, of met veel langere buitenleden en bijna cylindrischen vorm; verder veel kleinere met kleine gekleurde kogeltjes.

In Stricker's mikroskopische Anatomie schreef Schultze een artikel over de retina, en voegde hierin aan zijne vroegere onderzoekingen toe, dat in de binnenleden der staafjes en kegels lensvormige lichamen voorkomen, sterker lichtbrekend dan hunne omgeving. Krause zag ze het eerst in de kegels van het hoen en meende, dat ze het knopvormige einde der centrale zenuwvezel lagen. In de kegels liggen ze tegen de gekleurde kogeltjes aan, meer naar de membr. limit. ext. toe; in de staafjes tegen het uiteinde der binnenleden. Bij sommige vogels, b. v. bij de valk, scheidt er zich in de staafjes vaak een klein staafvormig deel van dit lensvormige lichaam af.

In de dubbelkegels bij vogels komt slechts in het eene gedeelte een gekleurd kogeltje voor; in het andere wordt slechts het lensvormige lichaam gevonden.

De retina der vogels, met het oog op den vorm der kegels en de verdeeling der gekleurde kogeltjes, die daarin voorkomen, nagaande, gebruikte ik het door M. Schultze voor de retina zoozeer geroemde osmiumzuur; ik liet ± 16 uur eene oplossing van $\frac{1}{10}$ tot 1 proc. inwerken. Ook gebruikte ik glycerine en water van gelijke deelen; deze oplossing voldeed zeer goed aan het doel, dat ik beoogde: wel verloor daardoor de fijnere struktuur allengs aan duidelijkheid, maar overigens onderging de retina weinig verandering en kon er zelfs langen tijd zeer goed in bewaard blijven. Daarbij behielden de kogeltjes hierin hunne kleur, behalve dat zij misschien iets meer doorschijnend werden. — Ook de versche retina in jood-serum gaf voor het onderzoek voldoende resultaten.

Onderzoekt men de retina niet zeer versch, of heeft men ze niet kort na den dood in de genoemde vochten gelegd, dan hebben de verschillende elementen te veel hunne vormen verloren. Zeer spoedig na den dood bovenal heeft de retina hare stevigheid verloren, zoodat dan niet meer over de verhouding der deelen kan geoordeeld worden. Hieraan is het vooral toe te schrijven dat ik niet meer heb kunnen profiteeren van de goedheid van den Heer Westenberg, den geachten Directeur van den Natura artis magistra, te Amsterdam, die, op verzoek van Prof. Donders, zoo vriendelijk was ons verschillende vogels toe te zenden.

Bij het onderzoek bleek mij, dat Schultze niet genoeg gelet had op de verschillende vormen der kegels, die toch nog al belangrijk zijn. Zoo zag ik bij de duif, bij verschillende Gringilla-soorten en het hoen, kegels zonder gekleurde kogeltjes; in vorm kwamen ze overeen met den typischen kegelvorm (zooals M. Schultze ze in band II alleen in de vogel-retina afbeeldt), alleen met

dit onderscheid, dat ze veel korter waren dan de andere kegels, die kogeltjes bevatten. In het buiteneinde van het binnenlid bevond zich vaak het lensvormig lichaam (plaat: fig. 10). Hun buitenlid was kort. Nevensgaande figuur (fig. 1, 2, 8, 10, 11) stelt er eenige van voor. Sommige, ofschoon van denzelfden vorm, vertoonden gekleurde kogeltjes (fig. 10).

De overige kogeldragende kegels meen ik in twee hoofdsoorten te moeten onderscheiden, zooals de retinae van Fringillae, de duif en het hoen mij leerden: grootere en kleinere, zonder dat ik in staat was overgangen te vinden. De grootere waren hier meest volkomen cylindrisch, soms ook hadden ze eenigzins den waren kegelvorm, soms werden ze naar de membrana limitans externat smaller zooals ook het geval was bij Porphyris smaragdinus (fig. 13).

De buitenleden waren meestal aan de pigmentlaag blijven zitten. Enkele malen bewaard (fig. 3 en 12), waren ze vrij lang en eenigzins konisch van vorm. In frisschen toestand kon ik geene dwarsstrepen aan de buitenleden herkennen. De verschillende gekleurde kogeltjes hadden in deze allen nagenoeg dezelfde grootte.

Zooals mij het onderzoek van bijna alle retinae leerde, zaten tusschen de grootere kegels in grooten getale veel kleinere 1). De binnenleden waren aanzienlijk korter en dunner en hadden op hun einde een veel kleiner kogeltje, meest lichtgroen gekleurd (fig. 3, 5, 6, 7, 9, 12). De diameter van deze binnenleden bleef tot aan de membr. limit. ext. meestal volkomen gelijk; ze waren dus cylindrisch. De buitenleden, duidelijk konisch, waren korter

1) Bij H. Müller vindt men ook reeds eenige in de retina van de duif afgebeeld

dan die van de grootere kegels. Het gevolg hiervan was, dat hunne buitenleden eindigden, waar die van de grootere kegels begonnen. Terwijl die der laatste meestal met het pigment verwijderd waren, hadden de eerste hunne buitenleden bijna steeds bewaard.

Om de verdeeling van de verschillende kogels te zien, sneed ik uit het versche oog wigvormige stukken, liet het een uur in joodserum liggen, bracht het dan op het objectglaasje met de selerotica naar boven en kon dan, zonder eenige mechanische beleediging, sclera, chorioidea en pigmentlaag er afnemen. Zoo lag de retina met de achtervlakte naar boven; terwijl ik geen dekglaasje gebruikte, vertoonde zich het prachtige mozaïek aan mijn oog. Eens attent gemaakt op de kleine kogels, kon ik ze nu door dieper te schroeven ook steeds met geringe moeite tusschen de grootere ontdekken.

Op deze wijze zag ik bij de kip dezelfde verdeeling der grootere kegels, die Schultze aangeeft. De lichtere waren in vele nuancen. Zoo bij eene kip, met witte, donker blauwe, grijze en zwarte veeren, gele kogeltjes in 3 nuancen: meer donkere, lichtere en groen-gele; verder lichter- en donkerder oranje, enkele lichtblauwe en de gewone donker roode. Bij een witten haan zag ik donkerder- en lichter gele, weinige licht groene, verder roode kogeltjes. Ook weer hetzelfde onderscheid in kleine en groote gele, waarmede ook de dimensies der kegels verschilden. De binnenleden der kegels met roode kogeltjes schenen mij absoluut cylindrisch toe, die der gele en geelgroene hadden een, hoewel niet sterk ontwikkelden, buik.

Eene witte duif vertoonde in het roode gedeelte der retina verreweg het meest donker roode en oranje kogels, de eerste grooter dan de laatste [in de kegels met de roode kogels ook rood pigment], groen gele kogels ter

grootte van de oranje kogels, verder ook weer de zeer kleine gele kogeltjes. In het gele gedeelte der retina zijn de kegels met roode kogels zonder pigment en in aantal verminderd, de oranje *zeer* verminderd, de groote groengele zeer vermeerderd, de kleine weinig vermeerderd. De buitenleden der grootere kegels waren een weinig konisch en korter dan die der staafjes.

Bij een donker gekleurde vink waren aan de peripherie ongeveer 1 oranje, op 1 roode, op 6 groote, zeer lichtgroene kogels. Roode, oranje en groene hadden een diameter van $^1/_{300}$ mm. De gewone zeer kleine groene $\pm$ $^1/_{600}$ mm. waren ook hier weer dieper gelegen. In het centrum waren de oranje-kogels ongeveer de helft verminderd.

Dat de gekleurde kogels de geheele dikte der kegels vullen, schijnt [althans bij de vogels] te bewijzen, dat, zoo al het buitenlid eene direkte voortzetting van het binnenlid is en er één geheel meê uitmaakt, toch de zenuwfibrillen daar niet binnen in zijn; wil men dus nog vasthouden, dat met de staafjes en kegels zenuwfibrillen verloopen, dan moet men wel aannemen dat ze slechts op hunne oppervlakte te vinden zijn. Mag men dit toepassen op alle kegels, dan kan men hiermeê in verband brengen, dat Schultze op de oppervlakte der binnenleden der kegels fibrillen meent te zien, dat volgens hem een vliesje van het binnenlid schijnt uit te gaan, dat ook het buitenlid omvat en misschien uit *zeer* fijne vezeltjes bestaat, dat de zenuwfibrillen bij Cephalopoden en Heteropoden bepaald op de oppervlakte der staafjes zitten: aldus zou men tot het besluit kunnen komen, dat overal de zenuweindigingen verloopen op de oppervlakte der staafjes en kegels. Het kikvorschenoog in tweeën gedeeld en in hyperosmium-zuur van 1% gelegd, is zeer geschikt

om de volgens hare ontwikkeling, nog tot de rétina behoorende pigment-laag te onderzoeken. Zooals bekend is, is het peripherisch gedeelte der zamenstellende cellen vrij van pigment: tot hierin ziet men de buitenleden van de staafjes zich uitstrekken. Ook bij de vogel-retina eindigen daar de lange buitenleden der kogeldragende kegels, zooals blijkt uit het zichtbaar zijn der gekleurde kogeltjes door de pigmentlaag heen. In de fovea centralis van den mensch is hetzelfde het geval met de lange buitenleden der kegels. Deze pigmentcellen zenden draadvormige uitloopers uit, die een goed eind met pigment bezet zijn, maar daarna dit verliezen. Bij den kikvorsch is dit met osmiumzuur zichtbaar. Vooral komt hierbij duidelijk aan den dag, dat zij volstrekt niet een recht verloop hebben, maar gebogen zijn en varicositeiten vertoonen. Dit „duidelijk" moest liever heeten „onduidelijk," want zij zijn uiterst dun en bleek en worden door osmiumzuur volstrekt niet gekleurd, gelijk in 't algemeen de fijnste zenuwuitloopers door dit reagens niet donkerder worden. M. Schultze vindt het niet onwaarschijnlijk dat zij nauw tegen de buitenleden der staafjes en kegels aanliggen, en in verbinding staan met de vezels die zich uit de binnenleden voortzetten.

Het zou dus wel kunnen zijn, dat men hierin de voortzettingen der zenuwvezels voor zich had.

Als er van buiten licht op de retina valt en door het binnenlid van den kegel en door het kogeltje dringt, zal het door dit laatste, dank zij zijne bolvormige gedaante en het sterk lichtbrekend vermogen, zeer convergent gemaakt worden. De eerste vraag, die zich nu opdeed, was: waar ligt het punt van vereeniging van deze gebroken stralen, het brandpunt der kogeltjes?

Deze vraag laat zich op twee manieren beantwoorden:

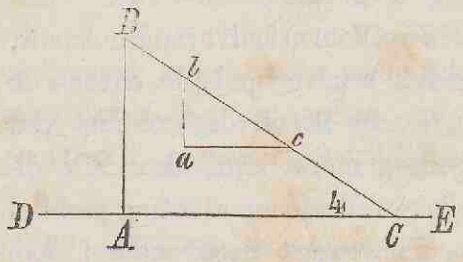
1°. Door van een voorwerp van bekende grootte licht te laten vallen op den vlakken spiegel, dan te meten, hoe groot het beeld is door den kogel hiervan gevormd, en vervolgen den afstand van den kogel tot het voorwerp. Daar deze metingen moeilijk zuiver konden geschieden, en dus op het resultaat weinig te vertrouwen zou zijn, gebruikte ik eene andere methode:

2°. Ik liet een voorwerp van scherpen vorm een gegedeelte van het op den vlakken spiegel vallende licht onderscheppen, of plakte [om het grooter gemak in het gebruik] op den vlakken spiegel zulk een stukje zwart papier en beproefde nu, nadat ik den omtrek van het kogeltje scherp had ingesteld, hoeveel ik de lens moest verwijderen, door middel van den mikrometerschroef, om het beeld, door dat kogeltje van het voorwerp gevormd, scherp te zien. Het instellen kon nauwkeurig genoeg geschieden: het kwam er nu nog maar op aan, om, gesteld dat de schroef goed genoeg was gewerkt, de waarde van ieder onderdeel van eene draaiing te bepalen.

Te dien einde zocht ik een volkomen bolvormig lichaam, dat doorzichtig was en toeliet scherp op zijne boven- en ondervlakte in te stellen: kende ik nu den afstand van beide [wat gemakkelijk genoeg moest zijn, daar alle diameters gelijk waren en die, welke eene richting parallel aan de objecttafel hadden, zich direct lieten meten], dan had ik slechts het aantal graden van draaiing hierin te deelen, om te weten, hoeveel bij iederen graad van draaiing het objektief van het objekt verwijderd werd. Hiertoe gebruikte ik de eicellen van den kikvorsch, die naar 't scheen vaak eene zuiver bolvormige kern bezitten, wiens onder- en bovenvlakte zich onderscheiden laten door het aangrenzende korrelige protoplasma. Verscheidene bepalingen deed ik hiermêe, en vond: 1°. dat de door mij gebruikte schroef

voor mijn doel zuiver genoeg gewerkt was, en 2°. eene waarde voor iedere draaiing. Naauwkeuriger nog werd die waarde bepaald op de volgende wijze:

Een glasplaatje, waarop een millimeter in 10 gelijke deelen verdeeld was, legde ik zóó op de objekttafel, dat zijn ééne uiteinde dáárop, zijn andere op eene schijf van bekende hoogte rustte. Metende de lengte van het glasplaatje en kennende den afstand van het eene einde tot de objekttafel, kreeg ik de opstaande rechthoekzijde en de schuinsche zijde van een rechthoekigen driehoek, en had dus den sinus van den hoek tegenover de bekende rechthoekzijde. In de hypothenuse lag dus de verdeelde millimeter, waarvan dus iedere volgende verdeeling hooger lag dan de voorgaande. Het verschil in hoogte van twee zulke punten was dus gelijk hun afstand, vermenigvuldigd met den bekenden sinus. Nu stelde ik eerst voor ééne verdeeling in, dan voor eene volgende, mat met een aan den mikrometerschroef bevestigden wijzer, op een graadboog het aantal graden draaiing, en vond dus de waarde van één graad.



Zij DE objekttafel, BC het verdeelde glasplaatje, AB het schijfje, waarop het glasplaatje met zijn ééne uiteinde rust, dan is sin α = AB : BC; zijn b en c twee verdeelingen dan is hun verschil in hoogte = a b; dus a b = b c sin α.

Men legge het glasplaatje met de verdeelde zijde naar beneden, om precies C te kunnen bepalen, en in plaats van BC te meten, projiciëere men op eene verdeelde schaal AC.

Op deze wijze vond ik eveneens, dat de schroef goed

genoeg gewerkt was en dat deze voor iedere graad draaiing den afstand van het objectief 0.001 mm. veranderde. Zoo bleek mij, dat de brandpuntsafstand van een geel kogeltje van eene kip, met een diameter van $\frac{1}{260}$ mm., was 0.003 mm. De kegels, die weinig in kleur verschilden, gaven hetzelfde resultaat: de oranje en roode lieten te weinig licht door voor deze bepaling.

Als men de lengte der buitenleden in aanmerking neemt, ziet men, dat de brandpunten der kogels altijd in deze vallen. Hetzelfde resultaat vond ik bij de andere vogels. Al was ook het lichtbrekend vermogen van de buitenleden even groot als van de gekleurde kogeltjes, dan zou het brandpunt van deze nog maar op den dubbelen afstand liggen, daar dan slechts de achtervlakte brekend werkt: het brandpunt zou dus toch nog in de buitenleden liggen. Bovendien blijkt duidelijk genoeg dat het lichtbrekend vermogen van de buitenleden in verschen toestand niet zeer groot is.

Om te weten, welk licht de gekleurde kogeltjes absorbeeren, dienen twee wegen:

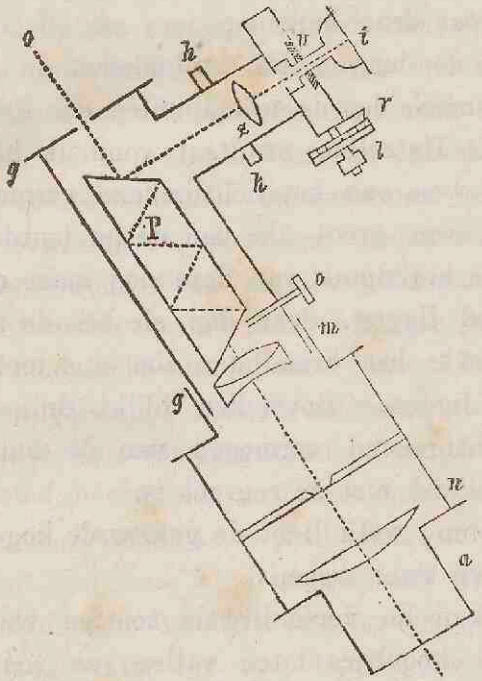
1°. Men kan de verschillende soorten van homogeen licht door de kogeltjes laten vallen, en zóó zien, welk licht ze absorbeeren en welk licht in meerdere of mindere volkomenheid doorgaat.

2°. Men kan het licht, door de kogels gegaan, analyseeren door middel van prismata. Deze laatste methode is natuurlijk de beste, en, omdat ik daartoe in staat gesteld werd, wendde ik haar aan.

In 1872 verscheen er een onderzoek van Kraus 1). Hierin beschrijft hij een toestel, waarmeê hij het licht,

1) *Zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe und ihrer Verwandten;* Spectralanalytische Untersuchungen 1872.

door chlorophylkorrels gegaan, kon analyseeren, de wijze waarop hij het deed en zijne resultaten. Aangezien dezen toestel, dien ik ook gebruikte, nog weinig bekend is, veroorloof ik mij hem hier te beschrijven.



Browning construeerde hem met Sorby; deze laatste deed er onderzoekingen mede op mineralogisch terrein.

Het is in principe een gewoon oculair [en wordt als zoodanig op den tubus van het mikroskoop gezet] met een de uittredende stralen analyseerend prisma van Amici, uit 5 prismata, 2 van flint- en 3 van crown-glas, bestaande. Het geheele apparaat bestaat uit twee gedeelten. Het onderste gedeelte wordt op den tubus gezet, en bevat de onderste lens van het oculair *n*, waardoor de stralen, die uit het objektief komen, heengaan. Het

bovenste afneembare gedeelte bestaat uit eene lens *m*, de bovenste lens van het oculair en als enkelvoudig mikroskoop werkende; daarboven bevindt zich het prisma van Amici *p*, dat dus de stralen, gegaan door het objektief en het oculair, ontleedt. Dit bovenste gedeelte kan voor juiste instelling door eene schroef verwijderd worden van of genaderd worden tot de onderste oculair-lens. In het onderste gedeelte zit boven de lens eene rechthoekige spleet *s*, die door twee schroeven in beide richtingen kan worden versmald, zoodat er alleen licht doorgaat van het bedoelde voorwerp op den objecttafel. Voor mijn doel het gebruikende, bracht ik, na het bovenste gedeelte van den toestel verwijderd te hebben, een gekleurd kogeltje tegen de rechterkant van de spleet [die van links af vernaauwd werd], zoodat tusschen beide geen licht kon doorgaan; nu stelde ik, als bij een gewoon mikroskopisch onderzoek, juist in, verkortte in de richting paralel, aan den brekenden kant van het prisma, de spleet een weinig, en vernauwde haar in de andere richting zooveel, dat er in deze laatste geen licht doorging, wat niet door het kogeltje gegaan was; echter moet hierbij gezorgd worden met de schroef van het mikroskoop, dat men de contouren van het bolletje nog scherp ziet. Nu zette ik het bovenste gedeelte op den toestel, en zag nu een duidelijk spectrum van het van beneden komende licht. Het beeld van het bolletje, zich in dit spectrum vertoonende, was ovaal, met donkere randen. De vorm van het ovaal was deze: in de richting van den brekenden kant van het prisma had het de afmeting van het beeld van het kogeltje behouden, perperdiculair hierop echter was het langer of korter, al naar de soort van het licht, dat door het bolletje was heengegaan. Ik kon deze resultaten slechts bij sterke verlichting en

sterke vergrooting [immersie-systeem N°. 10 van Hartnack] verkrijgen.

Vervolgens zit er boven aan het apparaat nog eene inrichting *h*, om de grenzen van het in het ovaal bevatte licht te bepalen. Deze inrichting is aldus: *i* is een spiegeltje, dat licht werpt op de bovenvlakte van P, welk licht nu in het oog van den waarnemer geworpen wordt: bij *v* bevindt zich eene zwarte plaat, waarin een klein gedeelte doorschijnend gelaten is. Door eene lens *z* en eene schroef *k* valt van deze opening *v* een scherp beeld op de bovenvlakte van P. Door eene schroef *l* is *v* zoo bewegelijk, dat dit beeld in het oog van den waarnemer over het geheele spectrum heen en weer bewogen kan worden. Door een index wijst de schroef op *r* aan, hoeveel zij in de eene of andere richting bewogen is. Nu laat men door het prisma een bundel zonnestralen vallen, stelt het beeldje van *v* op de verschillende strepen van Fraunhofer in, en leest nu aan *r* af, aan welk nummer iedere streep beantwoordt. Heeft men nu later het ovale beeld van het kogeltje, dan heeft men slechts het beeldje van *v* op zijne grenzen in te stellen, om op *r* te kunnen aflezen, waar de grens is van het geabsorbeerde licht.

Het instrument is voorzeker voortreffelijk te noemen; eene niet te miskennen verbetering zou het evenwel zijn, als de vergrooting van het oculair sterker was: nu toch heeft het gebruik bij kleine lichamen zijne zwarigheden, die dan minder groot zouden zijn.

Op deze wijze onderzocht ik de verschillende gekleurde kogeltjes: zoo vond ik bij eene duif, dat de geelgroene kogeltjes van de meeste stralen van het spectrum een gedeelte absorbeeren, en alleen de gele en groene onverhinderd doorlaten, dat roode kogeltjes alle licht van

een weinig beneden D tot het violet absorbeeren, en oranje kogeltjes alle licht van af tusschen D en *b* tot aan het violet. Een belangrijk verschil in het absorptievermogen van de verschillende nuances in de kleuren der kogeltjes liet zich niet wel constateeren.

Deze waren de resultaten bij eene duif; bij andere vogels waren ze nagenoeg dezelfde.

In verband met de beteekenis dezer kogeltjes, dient nu in de eerste plaats onderzocht te worden, wat men voor de plaats van de perceptie te houden hebbe.

Onze kennis van den bouw der retina van Mollusken 1) noopt ons aan te nemen, dat het óf de laag der staafjes en kegels is, óf de pigmentlaag daarachter, die men vroeger wel tot de chorioidea rekende, maar die krachtens hare ontwikkeling behoort tot de retina. Bij de Mollusken toch wordt de binnenste laag der retina gevormd door de analoga der staafjes en kegels der hoogere dieren, van elkander gescheiden door pigment, dat bestaat uit voortzettingen van de eigenlijke daarop volgende pigmentlaag: door het pigment dringt geen licht, de percipieerende elementen liggen er dus niet achter.

Ook door onze kennis van het zoogdierenoog kan men in de kwestie dit alternatief stellen.

Dat de zenuwvezelen zelve niet prikkelbaar zijn voor de lichtgolven kan blijken: 1°. uit de blinde vlek van Mariotte, de intrede van den n. opticus, die ongevoelig is voor opvallend licht, en 2° hieruit, dat dan nauwkeurig localiseeren (Ortsinn) moeilijk te verklaren zou zijn, daar, wanneer eene zenuw in haar verloop geprikkeld wordt, het centrum niet over de plaats van prikkeling kan oordeelen. Verder blijkt uit de onderzoekingen van

---

1) M. Schultze, *Arch. f. mikrosk. Anat.* V.

H. Müller over de parallax der schaduwen van de vaten, die in het voorste gedeelte der retina verloopen ook wel, dat de plaats van perceptie hierachter, en wel ongeveer in de staafjes- en kegellaag, moet gelegen zijn. Deze metingen kunnen echter niet met zulk eene nauwkeurigheid gedaan worden, als vereischt wordt, om de pigmentlaag te kunnen uitsluiten. Dus óf in de pigmentlaag, óf in de staafjes en kegels komt de perceptie tot stand. Voor beide meeningen bestaan gronden.

Zij, die gelooven, dat de staafjes en kegels de percipieerende elementen zijn, brengen er vooral deze gronden voor aan:

1°. Ofschoon de anatomie hier weinig mag meespreken, schijnt het toch van eenig gewicht dat in de pigmentlaag over de geheele retina heen geene of slechts geringe veranderingen zijn op te merken, terwijl de functie van het netvlies op de verschillende plaatsen zeer verschilt. Volgens Aubert 1) en Raehlmann 2) wordt de kleurperceptie in de peripherische deelen der retina zwakker en zwakker en, zooals bekend is, neemt op een kleinen afstand van de fovea het getal staafjes toe, dat der kegels af, terwijl verder in de meer peripherische deelen der retina deze verhouding constant blijft. In de fovea centralis is de gevoeligheid voor kleuren het sterkst, en hier komen alleen kegels voor. Ook in den bouw der kegels van de peripherie en het centrum is een onderscheid.

2°. Bij zoogdieren, die in schemerlicht of bij nacht hun voedsel zoeken, komen óf alleen staafjes voor, óf, in ieder geval, zeer weinig kegels: zoo bij de rat en de muis.

---

1) *Physiologie der Netzhaut. pag.* 116 *ff.*

2) *Ueber Farbenempfindung in den peripherischen Netzhautparthieën.* Halle. 1872.

Hetzelfde is het geval bij nachtvogels, als uilen en vleermuizen. Deze beide laatste feiten voerden tot de hypothese, dat de staafjes slechts dienen voor eene quantitatieve 1), de kegels voor eene qualitatieve lichtperceptie.

3°. Uit de waarneembaarheid van gescheiden punten volgt, volgens Aubert e. a., dat men dán nog twee punten van elkander gescheiden ziet, als het beeld van hun afstand de grootte van een kegel bedraagt 2). Als de kegels percipiëerden, zou men den afstand zien, als twee niet aan elkander grenzende kegels getroffen worden, en een scheidende kegel niet of weinig getroffen wordt. Meer in de peripherie neemt de waarneembaarheid van gescheiden punten af, wat zich zou laten rijmen met de hypothese, dat hier meerdere netvlieselementen samenhangen met één vezel, die de irritatie naar het centrum leidt 3). Hier dient echter opgemerkt te worden, dat in den laatsten tijd twijfel geopperd is, of de staafjes en kegels wel tot de zenuw behooren. Zoo door Krause 4), vooral ook op grond dáárvan, dat de kegels en staafjes niet degenereeren, als de n. opticus wordt doorgesneden. Landolt kwam voor het amphibiënoog tot hetzelfde resultaat. Zoo zijn bij anencephalen ook de staafjes en kegels normaal gevonden.

Hierop zich baseerende, doen de voorstanders dezer leer de vraag: zijn de binnen- of buitenleden de percipiëerende

---

1) Aubert [*Phys. der Netzhaut pag.* 92 *ff.*] meent, dat de lichtzin in de peripherie van de retina niet sterker is dan in het centrum: hij kon bij zijne proeven dit onderscheid niet constateeren, maar wijst er op, dat de peripherische deelen gewoonlijk minder licht ontvangen en dus gevoeliger zijn.

2) Andere proeven, bepaaldelijk die van Volkmann, schijnen te bewijzen dat de afstand kleiner is.

3) Aubert. *Phys. der Netzhaut.*

4) *Arch. f. mikr. Anat. VII.*

elementen? M. Schultze o. a. stelde zich, niet lang geleden, voor, dat door reflectie op de buitenleden de binnenleden percipiëeren. Later modificeerde hij zijne theorie naar de door Zenker gegevene (zie beneden). Nagaande, hoe bij vele, misschien bij alle zoogdieren, op het einde der binnenleden als lenzen werkende apparaten voorkomen, geeft men algemeen de buitenleden de eer der perceptie. De perceptie berust waarschijnlijk op eene photo-chemische werking: eene uiterste gevoeligheid van de percipiëerende deelen wordt dus vereischt. Hoe schoon past dit niet voor de buitenleden, die allen onderzoekers zooveel moeite gegeven hebben!

Prof. Engelmann sprak reeds voorlang als zijne meening uit, dat de pigmentlaag de percipiëerende zou zijn, zich vooral grondende op de eenvoudigste vormen der lichtpercipieerende organen, die bij de laagste dieren gevonden worden. Ten aanzien dier eenvoudigste vormen zegt Gegenbauer 1): „Wenn wir jene früher „häufig als Augen bezeichneten Bildungen, die in blossen „Pigmentflecken bestehen, ausschliessen und nur da ein „Auge annehmen, wo eine bestimmt geformte Nervenen„digung unter oder an der Körperoberfläche als licht„percipirender Apparat erkannt werden kann, so treffen „wir die einfachste Form als eine mit Pigment umgebene „Endigung eines Nerven." Als voorbeelden kunnen dienen: de coelenteraten. Bij de laagste Medusen (Craspedoten) zijn organen voorhanden, die als gezichtswerktuigen zijn te beschouwen. De laagste vormen, die men waarneemt, zijn niet meer dan pigmentvlekken aan de tentakelbasis; gewoonlijk zijn er geene lichtbrekende media in te herkennen, maar in sommige gevallen komen er vormen in voor, die aan

1) *Grundz. der Vergl. Anat.* 2. *Aufl. pag.* 56.

de kristalstaafjes bij andere lagere dieren herinneren. Bij de wormen vindt men vaak, dat in vormen, die men als eindapparaten van gevoelszenuwen moet beschouwen, pigment de „kristalstaafjes" omgeeft. Dit zijn cellen, die zonder twijfel met de zenuw samenhangen. Dit ziet men o. a. bij de Rhabdocoelen en de Dendrocoelen aan de bovenvlakte van het kopgedeelte. Op dezelfde plaats vindt men bij de zeeplanariën een grooter aantal regelmatig gerangschikte pigmentvlekken, van welke een gedeelte niet zulke kristalstaafjes bevat. Dit zelfde vindt men ook bij vele larven van Trematoden. Zoo vindt men ook bij sommige raderdieren pigmentvlekken met kristalstaafjes, bij anderen op dezelfde plaats enkel pigmentvlekken. Ook bij Anneliden vindt men deze overgangen.

Van het gehoororgaan is 't nog onbekend, maar in het reuk- en smaakorgaan bestaan de percipiëerende elementen uit cellen. Zoo zou men eene analogie hiermee verkrijgen, als men ook de pigment*cellen* tot de percipiëerende organen maakte. Voor die beteekenis der pigmentlaag schijnt ook nog te pleiten, dat pigment in 't algemeen zoo sterk het licht absorbeert. Maar dit is meer eene schijnbare grond, want albino's zien goed, als men maar het op de sclera vallende licht uitsluit en dus is de absorptie door het pigment zelve niet noodzakelijk 1). Dat de lichtperceptie berust op eene photochemische werking en de pigmentkorrels *zeer* ongevoelig zijn voor reagentia, pleit er niet tegen, want, daar vele staafjes

1) Draper kwam voor eenige jaren met de theorie, dat de pigmentcellen de warmtestralen absorbeeren en aldus warmer worden zouden; op deze wijze zouden zij de staafjes en kegels kunnen prikkelen; maar daar albino's goed zien, is deze theorie al terstond te verwerpen.

en kegels eindigen (zie boven) in het pigmentvrije gedeelte, zou toch hierin de perceptie moeten plaats hebben. Het laat zich wel denken, dat men hier de perceptie in heeft te zoeken. Licht toch, dat eens in zoo'n staafje of kegel is ingetreden, zal door de reflexie op de wanden er niet uit kunnen treden dan aan het buiteneinde, en dit is het pigmentvrije gedeelte der pigmentcellen. Bij doorsnijding van den n. opticus degenereerden ook de pigmentcellen; evenwel zou dat ook het gevolg hebben kunnen zijn van de daarmede gepaard gegane doorsnijding der bloedvaten.

De pigmentcellen zenden draadvormige of, volgens Morano 1), vliesvormige uitloopers tusschen de staafjes en kegels, die wel met de zenuweinden kunnen samenhangen, althans zooals Schultze erkent, de membrana limitans externa bereiken.

Het is duidelijk, dat, bij den korten brandpuntsafstand der gekleurde kogeltjes bij vogels, de hierdoor gegane stralen na overkruising zeer sterk moeten divergeeren en zoo zich in de ruimte, die er rondom het buitenlid van den kegel overblijft, moeten verspreiden: aldus zouden zij, als hier de percipieerende elementen lagen, deze kunnen bereiken. Dit laat zich niet goed rijmen met het percipiëeren der pigmentcellen.

Wat men ook mag aannemen, hetzij dat de pigmentlaag hetzij dat de buitenleden der staafjes en kegels dienen voor de lichtperceptie, het zijn toch altijd achter de binnenleden gelegen deelen.

Aangaande den aard der perceptie behoeft aan het in Hoofdstuk I gezegde niet veel toegevoegd te worden.

---

1) Archiv. f. mikrosk. Anat. 1871.

Daar haalde ik, ter verklaring van het feit, dat het oog slechts voor eenige lichtgolven gevoelig is, aan, hoe stoffen ongevoelig kunnen zijn voor eenige stralen, terwijl zij zeer sterk worden aangedaan door andere. Op de kleur-perceptie laat zich hetzelfde toepassen. Tot verklaring der drie energiën heeft men in de drie zenuweinden van Young zich slechts stoffen te denken, die óf door de minder breekbare stralen tot F, óf door de meer breekbare tot *b*, óf door de middelste in een chemisch proces gewikkeld worden. En dit heeft geene bezwaren: ik herinner slechts aan het sap van Sparaxis tricolor, dat: in alkohol opgelost en behandeld met carbonas natricus, zeer gevoelig is voor het *roode* einde van het spectrum, aan papier, dat, met chroomzuur gedrenkt en in het donker gedroogd, een maximum van gevoeligheid voor de stralen bij F vertoont, aan een mengsel van chloor en waterstof, dat vooral onder den invloed van de *violette* zijde van het spectrum eene verbinding aangaat. Om aan te toonen, hoe eene stof voor bepaalde stralen van het spectrum volmaakt ongevoelig kan zijn, terwijl andere er zeer sterk op inwerken, haal ik nog eene proef van Morren 1) aan. Hij bracht zwaveligzuur in het roode einde van het spectrum, waar het onveranderd bleef voortbestaan, terwijl het in het violette einde ontleed werd in vrijen zwavel en zwavelzuur. Dit laatste bleef hier onveranderd, maar werd terstond ontleed, toen het weer aan het roode licht werd blootgesteld.

De wijze, waarop deze chemische werking, deze beweging der atomen, door de ethergolven wordt opgewekt, trachtte Zenker te verklaren 2). Hij baseerde zich op den bouw

1) *Comptes rendus LXIX:* sur quelques phénomènes de décomposition produits par la lumière.

2) Archif mikrosk. Anat. III.

der buitenleden van staafjes en kegels, die volgens hem bestaan uit het licht reflecteerende lamellen.

Op dit reflekteerende lamellensysteem der buitenleden valt het licht loodrecht en nu tracht Zenker te bewijzen, dat hier staande golven gevormd worden; deze moeten verschillende punten van maximum van beweging hebben, al naar de golflengte verschilt en hiermede zou de kleurperceptie verklaard zijn, als men aanneemt, dat in de staafjes en kegels nerveuse molekulen zijn, die door de staande golven in medetrilling worden gebracht. De perceptie dus plaatst hij in de buitenleden en beroept zich op de cephalopoden-retina; ongerijmd zou het zeker zijn te beweren, dat een inktvisch, die eene bruine vloeistof van zich geven en zijne huidkleur veranderen kan, kleurperceptie mist. Maar volgens de theorie kan een retina-element met constanten afstand der spiegelende vlakten slechts door golven van naauwkeurig correspondeerende golflengte getroffen worden. Hoe is nu toch de perceptie bij verschillende golflengten mogelijk? Om deze zwarigheid op te lossen, betoogt Zenker, dat de peripherie der lamellen sterker lichtbrekend is dan het centrum; hieruit zou dan volgen, dat aan de buitenzijde der buitenleden *andere* staande golven van andere lichtsoorten gevormd worden dan in het centrum. Maar ook hiermeê is de theorie nog niet volkomen: de plaatjes hebben eene dikte-afmeting gelijk aan 3 golflengten van het rood of 4 van het geel of 5 van het violet, en nu ligt het voor de hand, om hierin den physiologischen grond daarvoor te zoeken, dat deze kleuren als grondkleuren beschouwd kunnen worden.

Tegen Zenker's theorie is in te brengen: dat dwarse strepen niet pleiten voor eene bepaalde functie, maar ook in de ontwikkeling haren grond kunnen hebben: dit

blijkt uit het dwars gestreept zijn der elastische vezels van het ligamentum nuchae van den Giraffe, uit de dwarse strepen van 't émail en die van de zonula Zinnii.

Tegen het sterk reflecteerend vermogen der buitenleden pleit: 1°. dat ze, zooals de ophthalmoscopie leert, zeer goed stralen van de chorioidea tot den waarnemer laten komen; zoo ziet men b. v. bij pigmentarme individu's, het best bij albino's, duidelijk de kleine vaten der choreoidea en bij de dieren met een tapetum (voor het tapetum ontbreekt het pigment) dit laatste zou duidelijk, als ware het niet door een netvlies bedekt. Hoe zou dit alles mogelijk zijn, als de buitenleden zoo sterk reflecteerden? 2°. Als de bedoelde staande golven in de retina gevormd worden, moeten zich dan bij ophthalmoscopie deze kleuren ook niet aan den waarnemer vertoonen?

Dan zou men Zenker nog kunnen tegenwerpen, dat volgens hem de staafjes niet dienen voor de perceptie van kleuren: en toch ontleent hij zijne geheele theorie aan deze staafjes en spreekt van eigenschappen b. v. van het verschil in lichtbrekingscoëfficiënt van het centrum en de peripherie der lamellen, dat volgens hem alleen bij de staafjes niet bij de kegels voorkomt. Daarin ligt een tegenstrijdigheid. Overigens is de hypothese over de verschillende functie der staafjes en kegels onwaarschijnlijk. Licht is toch slechts verschillend, behalve in intensiteit, in kleur en saturatie van kleur. Wordt er dus met behulp van de staafjes geen kleur gepercipiëerd, dan kan het alleen daarvan afhangen, dat de saturatie gelijk nul is, d. i. dat wit licht, de som der grondkleuren, tot perceptie komt.

De theorie van Zenker wordt geheel beheerscht door de vraag, of in de kegels en staafjes in het levende oog op de lamellen terugkaatsing van licht voorkomt?

Vaak ziet men 1) in een groot aantal frisch onderzochte staafjes in dezelfde vloeistof, waarin de lamelleuse struktuur na korten tijd duidelijk te voorschijn komt, in 't begin geen spoor hiervan. Dit komt volgens Schultze hiervan, dat de lamellen in frisschen toestand te dun zijn, om met onze mikroskopen herkend te worden: alleen zwelling kan ze zichtbaar maken, door óf de stof tusschen de plaatjes óf de plaatjes zelve dikker te maken. Dit zichtbaar worden in niet verschen toestand schijnt mij evenwel niet op het dikker worden te berusten. Ik besluit dit uit de eigen woorden van Schultze: „Ausgezeichnet schön treten die Scheibchen „der Aussenglieder bei Behandlung mit durch Serum etwas „verdünnter Essigsäure hervor, welche man am besten „langsam an das Präparat herantreten lässt, um alle Sta„diën der Veränderung beobachten zu können. Unter „geringe oder ohne Verlängerung des Stäbchens gren„zen sich die Blätter so scharf von einander ab, dass „stellenweise eine Zählung und Messung derselben möglich „wird 2)." Als het geheele buitenlid niet langer wordt, zwellen ook de samenstellende lamellen niet, wat Schultze ook door zijne meting der lamellen toegeeft 3). Hierdoor wordt dus bewezen, dat de lamellen niet behoeven te zwellen, om zichtbaar te worden: dus hebben ze ook in verschen toestand geen sterk brekenden invloed op het licht: het mikroskoop verandert toch dezen invloed niet!

De vraag, of deze door de verschillende stralen opgewekte chemismen in één element of in verschillende ele-

---

1) Schultze: Arch. f. mikrosk. Anat. V. pag. 380.
2) Arch. f. mikrosk. Anat. III. pag. 226.
3) l. c. pag. 228.

menten plaats grijpen, verdient nog overweging. Neemt men het eerste aan, dan moet men ook aannemen, dat langs dezelfde zenuw verschillende chemismen kunnen voortgeplant worden. Dit zou strijden met de aangenomen theorie, dat alle geleiding langs de zenuwen identisch is, hoewel men moet toegeven, dat deze theorie nog niet streng bewezen is. Wel zijn de electro-motorische werkingen in alle zenuwen, waardoor eene irritatiegolf gaat, gelijk, maar hier is ook de grens van onze tegenwoordige kennis. Het zou zeer wel mogelijk zijn, dat eene gelijke electro-motorische werking samenhangt met een verschillend chemisme. Maar bij voorkeur vermijden wij toch eene dergelijke hulp-hypothese. Bovendien zijn er gronden, die veeleer er voor pleiten, dat de verschillende energiën door verschillende elementen vertegenwoordigd worden. Geen anderen zin weet ik te hechten aan de bovenbeschreven gekleurde kogels, die wij in de vogelretina aantreffen. Blijkbaar onderscheppen zij bepaalde stralen en beletten dus deze de energiën op te wekken, die aan de daarachter gelegene percipiëerende elementen eigen is. Zoo zullen b. v. roode bolletjes beletten, dat sterk breekbare stralen ook de energie van rood opwekken, zoo zullen geelgroene de werking zoowel van weinig als van sterk breekbare stralen verzwakken, en de ongekleurde zullen daarnaast de werking van het violet ontvangen, die geen der beide met gekleurde bolletjes voorziene bereiken en prikkelen kan, — zoodat iedere energie scherper afgescheiden en de saturatie der kleur dus verhoogd te voorschijn treedt. Een andere beteekenis schijnt mij naauwelijks denkbaar.

VERKLARING DER PLAAT.

Fig. 1 en 2. Kegels zonder gekleurde kogels uit het netvlies van eene duif, meestal hunne buitenleden behouden hebbende. De kogeldragende kegels zijn aan de membr. limit. ext. afgebroken. Praeparatie met hyperosmiumzuur. Vergrooting: immersiesysteem 10, oculair 3 van Hartnack.

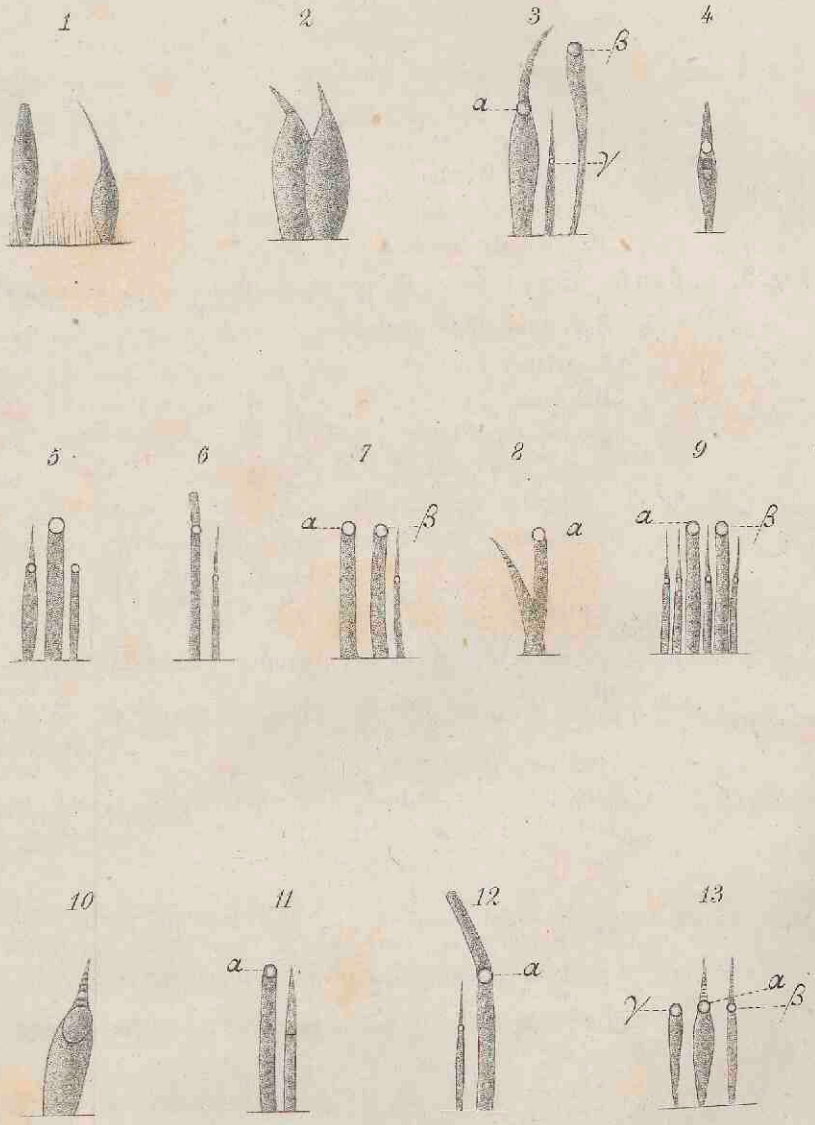
Fig. 3, 4, 5 en 6. Kegels van Fringilla Spinus 3 α donkerrood, 3 β geel, 3 γ geelgroen. In 4 behalve een geel kogeltje, nog een sterk lichtbrekend lensvormig lichaam. In 5 en 6 is goed de verhouding van groote en kleine kegels te zien. Vergrooting: objectief 8, oculair 3 van Hartnack.

Fig. 7, 8, 9. Kegels van Fringilla montium. In 8 is, behalve eene groote kegel met rooden kogel, nog een kegel zonder kogel met onduidelijk dwarsgestreept buitenlid. 7 α rood, 7 β geel, 8 α geel, 9 α oranje, 9 β geel. Reagens: hyperosmiumzuur. Vergrooting: objectief 8, oculair 3.

Fig. 10. Kegel van Fringilla Spinus, zonder gekleurd kogeltje, maar met lensvormig lichaam (door den lithograaf te duidelijk gemaakt). Reagens: glycerine en water in gelijke deelen. Vergrooting: objectief 8, oculair 5.

Fig. 11 en 12. Kegels van een haan: groote kegels met kogels (11 α geel, 12 α rood), kleine kegels met groengele kogeltjes en een kegel zonder kogeltje. Reagens: glycerine en water. Vergrooting: objectief 8, oculair 3.

Fig. 13. Kegels van Porphyris smaragdinus, α rood, β en γ geel.


1
2
3
4
a
β
γ
5
6
7
8
9
a
β
a
a
β
10
11
12
13
a
a
γ
α
β

THESES.

I.

Onze kennis van de betrekkelijke energie der zonnestralen van verschillende golflengten is hoogst gebrekkig.

II.

De lamellen van de buitenleden der staafjes en kegels in het normale oog hebben geen brekenden invloed op het licht.

III.

Bij vele, zoo niet bij alle, reflexbewegingen is psychiche werking in het spel.

IV.

„Es giebt kein entzündliches Exsudat" (Virchow).

V.

Met onze tegenwoordige kennis is de verdeeling der tumoren in goed- en kwaadaardige op het klinisch standpunt de beste.

VI.

De huidpetechiën bij endocarditis ulcerosa berusten veelal op emboliën der huidvaten.

VII.

Het vesiculair reutelgeruisch (Skoda), of râle crépitant (Laënnec) ontstaat door het plotseling van elkander gerukt worden van de wanden der alveoli en kleinste bronchi.

VIII.

Het ontstaan van den ictus cordis is onverklaard.

IX.

Is de lichaamstemperatuur tot 40°, 5 C. gestegen, dan moet men verdere stijging door langzame afkoeling beletten; beneden deze temperatuur moet het warmteverlies worden tegengegaan.

X.

Bij ontsteking is locale applicatie van koude geïndiceerd.

XI.

Putride bronchitis moet met desinfectie behandeld worden.

XII.

De rationeele behandeling van cholera bestaat in sterke afkoeling van het darmkanaal.

XIII.

Peripherische applicatie van electriciteit bij centrale paralyse is irrationeel.

XIV.

De tegenwoordige vrees voor bloedonttrekking is overdreven en voor een goed deel ongegrond.

XV.

Bij blaaslijden is locale behandeling te verkiezen boven elke andere.

XVI.

Bestaat bij eenige operatie kans voor het indringen van bloed in de luchtwegen, of is er eene belangrijke verwonding in het achterste gedeelte der mondholte (zij het ook zonder bloeding), dan is tamponade der trachea aangewezen (Trendelenburg).

XVII.

Tumoren bij en aan de stembanden moeten door opening der trachea behandeld worden (Trendelenburg).

XVIII.

Komt de resorptie van een pleuritisch exsudaat niet snel tot stand, dan is thoracenthese en uitspoeling van

den pleurazak met verdunde tinctura jodii, onder afsluiting der athmosphaerische lucht, geraden.

XIX.

Ten onrechte beweert Roser, dat de spieren van het perineum den doorgang van den catheter door de urethra niet kunnen beletten.

XX.

Secale cornutum kan, ook vóór ontsluiting van het ostium uteri, gunstig tot uitdrijving der vrucht werken.

XXI.

De bepaling van art. 317 van den code pénal, waarbij de vrouw, die zichzelve eene misdracht heeft bewerkt, alsook de geneesheer en artsenijbereider, die op haar verlangen de middelen daartoe hebben voorgeschreven, toegediend of bereid, met straf worden bedreigd, moet vervallen.

XXII.

De geneeskunde bevordert den ondergang van het menschelijk geslacht.
