Staafjesrood in monochromatisch licht

H. J. HAMBURGER.

STAAFJESROOD

IN

MONOCHROMATISCH LICHT.

s

egen-

ives.

Aan de Familie
J. J. Snor,
als een gering bewijs
van hartelijke toegenegenheid.
Van den Schrijver.

STAAFJESROOD

IN

MONOCHROMATISCH LICHT.

STAAFJESROOD IN MONOCHROMATISCH LICHT.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD

VAN

DOCTOR IN DE GENEESKUNDE

AAN DE

RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT

NA MACHTIGING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

D^r. G. H. LAMERS

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GODGELEERDHEID

EN

VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT

TEGEN DE BEDENKINGEN DER

FACULTEIT DER GENEESKUNDE

TE VERDEDIGEN

op Maandag, 9 Juli 1888, des namiddags te 3 ure,

DOOR

HARTOG JAKOB HAMBURGER,

Doctor in de Scheikunde,

GEBOREN TE ALKMAAR.

UTRECHT — C. H. E. BREIJER — 1888.

Gedrukt ter „Utrechtsche Stoomdrukkerij" te Utrecht — Jeruzalemsteeg.

Ieder, die zich tot Uwe leerlingen mocht rekenen, Hooggeleerde DONDERS, *herdenkt steeds met innige dankbaarheid, hoe Uwe lessen zijn gezichtskring konden verruimen. Hoezeer moet dit niet mij gelden, die bovendien het groote voorrecht had, gedurende een zestal jaren als assistent aan Uw laboratorium verbonden te zijn. Als zoodanig toch had ik gelegenheid, bijna dagelijks met U in aanraking te komen; zelden — ik heb behoefte, het hier te verklaren — ging ik van U, zonder op wetenschappelijk of menschkundig gebied van U geleerd te hebben.*

Zal het iemand verwonderen, dat ik mij onder Uw bezielenden invloed spoedig tot de studie der medische wetenschappen voelde aangetrokken?

Ik had slechts één woord tot U te spreken en dadelijk vond ik u bereid, mij in de praktische uitvoering van mijn denkbeeld op welwillende wijze te steunen.

Aanvaard, Hooggeleerde Heer, voor dit alles mijn oprechten dank en wees er van overtuigd, dat Uw beeld mij steeds tot gids zal strekken bij mijne pogingen tot het verkrijgen en bevorderen van wetenschappelijke kennis.

Gaarne, Hooggeachte Promotor, had ik een proef-

schrift vervaardigd, dat Uwer meer waardig kon geacht worden, dan hetgeen ik U thans kan aanbieden. De beperkte tijd, waarover ik in mijne tegenwoordige betrekking kon beschikken en mijn verlangen om nog door U tot medicinae doctor bevorderd te worden, mogen als een voldoende verontschuldiging bij U gelden.

Dankbaar herdenk ik den tijd, Hooggeleerde ENGELMANN, *gedurende welken ik het voorrecht had, mij dagelijks in Uw vriendschappelijken en leerrijken omgang te mogen verheugen. Nooit kwam ik te vergeefs tot U om raad en voorlichting, steeds vond ik U bereid, mij op de U eigen hartelijke en bescheiden wijze behulpzaam te zijn; Uw veelomvattende kennis, Uw helder oordeel lieten mij nooit onbevredigd heengaan.*

Wilt, Hooggeleerde DONDERS *en* ENGELMANN, *ook voortaan Uw gewaardeerde hulp en vriendschap mij niet onthouden; ik stel ze op hoogen prijs en zal U er steeds dankbaar voor zijn.*

Ook U, overigen Hoogleeraren en Lectoren der Medische Faculteit, onder wier leiding ik met zooveel genoegen de geneeskundige wetenschappen mocht beoefenen, zij hier openlijk mijn dank gebracht voor Uw voortreffelijk onderwijs en Uw vriendelijken omgang.

GESCHIEDENIS.

Reeds in 1842 vestigde Krohn de aandacht op de schoone rosakleur der staafjes van Cephalopoden-oogen 1). Heinrich Müller 2) trof haar ook bij werveldieren aan; volgens hem zijn de staafjes der kikvorsch-retina van tijd tot tijd roodachtig, duidelijker, naarmate men ze in een dikkere laag of in een meer rechtopstaanden toestand beschouwt. Leydig 3) vond hetzelfde bij de meeste amphibiën en Max Schultze 4) ook bij de rat en de uil.

De laatste onderzoeker had reeds vroeger de waarnemingen van Krohn omtrent de kleur der staafjes van Cephalopoden-netvliezen bevestigd en op de kreeft uitgebreid.

Het was Franz Boll voorbehouden te ontdekken, dat de kleur beteekenis had voor het zien.

In November 1876 las du Bois-Reymond in de Academie van Wetenschappen te Berlijn eene mededeeling van Franz Boll te Rome voor, van den volgenden inhoud: 5)

1) Verhandl. d. Leop. Car. Acad. XIX. 2 S. 45.

2) Zeitschr. f. wissensch. Zoöl. III. S. 234. VIII. S. 1.

3) Leydig. Lehrb. d. Histiologie. 1857. S. 238 en S. 339.

4) Arch. f. mikrosk. Anat. II. S. 199 en 208.

5) Boll. Monatsber. d. Berl. Acad. 12 Nov.; ook Accad. d. Lincei. 3 Dec. 1876.

Laat men een in donker bewaarden kikvorsch door een helper onthoofden en praepareert men met zoo weinig mogelijk tijdverlies een oogbol, halveert dezen met een schaar en verwijdert men met een fijn pincet de retina van de zwarte pigmentlaag, dan is het netvlies in het eerste oogenblik purperrood gekleurd, zoodat men zou denken een bloedcoagulum met het pincet gevat te hebben.

Bij mikroskopisch onderzoek blijkt het purper zich te bevinden in de buitenleden der staafjes.

De purperroode kleur van het netvlies is slechts gedurende het leven voorhanden en is — althans bij warmbloedige dieren — slechts weinige oogenblikken na den dood nog te constateeren. Tijdens het leven wordt ze bestendig door het in 't oog vallend licht verteerd.

Diffuus daglicht doet de purperkleur verbleeken; langere inwerking van direct zonlicht ontkleurt de retina geheel. In het donker herstelt zich de intensieve purperkleur weer spoedig.

11 Januari 1877 zond Boll een tweede mededeeling bij de Berlijnsche Academie in 1). Daar wordt hoofdzakelijk gehandeld over de kleur der retina en over de veranderingen, die wit en gekleurd licht er op te weeg brengen. 19 Februari volgden nog eenige opmerkingen. Het geheel zijner resultaten heeft Boll neergelegd in het Archiv f. Anat. u Phys., Physiol. Abth., op 6 Maart 1877.

Deze resultaten zijn in 't kort de volgende:

1. *Volkomen duister.*

De kleur van de retina, na verblijf van het oog in het absolute duister, is niet purperrood, zooals hij aan-

---

1) De inhoud van deze en van de vorige komt overeen met hetgeen in de Verhandelingen van de Accademia dei Lincei te Rome is opgenomen, op 3 Dec. 1876 en 7 Jan. 1877.

vankelijk meende, maar eenvoudig rood. Hij noemt deze de „Grundfarbe" der retina.

Beschouwt men het mozaïk der staafjeslaag met het mikroskoop, dan vertoont de groote meerderheid der staafjes dezelfde roode kleur, die voor de geheele retina karakteristiek is. Tusschen deze roode komen enkele staafjes voor van een bleekgroene kleur.

2. *Wit licht.*

Door inwerking van gewoon daglicht of direct zonlicht nemen de roode staafjes een geelroode tint aan, om daarna totaal geel en ten slotte volkomen kleurloos te worden. Ook de groene worden kleurloos, hoewel later dan de roode. Bij mikroskopische beschouwing ondergaat het netvlies dezelfde kleursveranderingen als de roode staafjes alleen.

3. *Rood licht.*

In rood licht gaat de roode kleur der retina over in een donkerder rood, dat Boll geneigd is, roodbruin te noemen.

Deze verandering is te intensiever, naarmate het roode licht krachtiger en de duur van inwerking langer is. Bij het verbleeken neemt de retina eerst een geelroode en later een bijna bruingele kleur aan. Onder het mikroskoop vertoonen de roode staafjes de roodbruine kleur der retina; de tusschen de roode staafjes verdeelde groene bezitten een veel levendiger kleur dan de groene staafjes van de in donker gehouden retina.

4. *Geel licht.*

Zelfs bij groote intensiteit en langdurige inwerking vermag het gele licht de grondkleur (rood) der retina slechts weinig veranderen. Terwijl het roode licht de grondkleur versterkt, maakt het gele haar helderder. De door inwerking van geel licht voortgebrachte tint kan als een helderder „Sehroth" beschouwd worden. Zij verandert

bij langere inwerking in geelrood en geel. De groene staafjes ondergaan dezelfde wijziging als door verblijf in rood licht.

5. *Groen licht.*

Door korte inwerking van zeer intensief groen licht of door langere inwerking van groen licht van gemiddelde intensiteit wordt de retina purperrood, welke kleur bij verbleeking in een schoone bleeke rosa tint overgaat, maar nooit in een gele. Bij langere inwerking van zeer intensief groen licht wordt de retina troebel violet, om later geheel kleurloos te worden. Onder het mikroskoop blijken de roode staafjes dezelfde kleursverandering te ondergaan als het netvlies in toto. De groene blijven hun kleur lang behouden; hun aantal schijnt aanmerkelijk vermeerderd te zijn.

6. *Blauw en violet licht.*

Evenals bij het groene, moeten bij het blauwe en violette licht behalve de qualiteit ook de intensiteit en de duur der inwerking in aanmerking genomen worden.

Bij een weinig intensieve, maar langdurige blauwe en violette verlichting of bij een zeer intensieve maar kortstondige, wordt de grondkleur der retina in een vuil violet veranderd. Werkt een intensief blauw of violet licht langen tijd in, dan wordt het violet bleeker en bleeker en ten slotte geheel kleurloos.

Ook thans schenen de groene staafjes in dubbelen getale vermeerderd. Zij verbleekten veel langzamer dan de roode.

7. *Ultraviolet licht.*

Dit was niet in staat, de kleur der retina te veranderen.

Aanvankelijk was Boll van meening, dat met iedere hoofdkleur een bepaalde kleursverandering der retina

overeenkwam en dat een volkomen ontkleuring door geen enkele kleur alleen, maar slechts door samenwerking van alle kleuren, d. i. door wit, was te bereiken.

Van deze meening kwam hij terug en vat nu zijn resultaten aldus samen:

„Die Grundfarbe der Retina wird durch das Licht je nach Maassgabe seiner Wellenlänge in verschiedener Weise abgeändert. Alle längerwelligen Strahlen (hieronder verstaat Boll alle stralen tot groen, het laatste niet medegerekend) veränderen die Grundfarbe nach der weniger brechbaren Seite des Spectrums und machen sie gleichzeitig intensiver. Alle kürzerwelligen Strahlen veränderen sie nach der stärker brechbaren Seite des Spectrums und machen sie gleichzeitig blasser. Wahrscheinlich kommen bei diesen beiden Arten von Veränderungen sowohl die Wellenlänge, wie die Intensität des des Lichtes in Betracht. Wenigstens ist dieses mit Bestimmtheit nachzuweisen bei der nach der stärker brechbaren Seite des Spectrums hin gerichteten Veränderung; es lässt sich derselbe Grad von Veränderung erzielen durch weniger kurzwelliges (grünes) Licht bei intensiverer (und längerer) Einwirkung, wie durch stärkeres kurzwelliges (blaues und violettes) Licht bei geringerer Intensität und Dauer."

Een plaat, bevattende de boven beschreven kleursveranderingen, is aan Boll's verhandeling toegevoegd.

Intusschen had Kühne, doordrongen van de belangrijkheid van Boll's eerste mededeeling, spoedig de handen aan het werk geslagen, zoodat reeds 5 Januari 1877 een verhandeling „Zur Photochemie der Netzhaut" verscheen, welke verhandeling gevolgd werd door tal van andere belangrijke studiën over dit onderwerp, die hij

gedeeltelijk alléén 1), gedeeltelijk met Ewald 2) heeft uitgevoerd.

Zijne, resp. hunne resultaten wijken in meer dan één opzicht van die van Boll af. Wij zullen ons slechts bezighouden met de grondkleur van het netvlies en met de veranderingen, die deze in monochromatisch licht ondergaat.

Wat de grondkleur der retina betreft, deze is naar Kühne niet rood, maar purperrood.

Hunne meening ten opzichte van de kleursveranderingen vatten zij aldus samen:

1. „Monochromatisches Licht verfärbt und bleicht den Sehpurpur wie das weisse Licht, aber beträchtlich langsamer, entsprechend der geringeren Intensität." 3)

2. „In der isolirten, wie in der lebender Netzhaut giebt es nur *ein* farbiges Zersetzungsprodukt des Sehpurpurs, das Sehgelb, und das Verhältniss des Sehgelb zum Purpur bedingt die Nuancen der Retinafarbe nach der Einwirkung des Lichtes." 4)

3. Wo das Sehgelb so schnell oder schneller zersetzt wird, als der Sehpurpur (im kurzwelligen Lichte), wird die Netzhaut rosa oder lila; wo das Umgekehrte stattfindet (im langwelligen Lichte), roth, orange, chamois oder gelb."

Bij dezen stand der kwestie scheen het ons niet van belang ontbloot, haar aan een onderzoek te onderwerpen.

---

1) Untersuchungen aus dem physiol. Instit. der Univers. Heidelberg. B. I. S. 1.

2) Ibid. S. 139.

3) Ibid. S. 58.

4) Ibid. S. 398. Ook in Hermann Handb. der Physiol. B. III. Th. I. S. 308.

Al is het toch uitgemaakt, dat het staafjesrood niet in de kegels, niet in de fovea centralis voorkomt, al is het zeker, dat men zien kan zonder deze kleurstof, al heeft Holmgren vastgesteld, dat netvliezen, hoewel van staafjesrood beroofd, bij inwerking van licht toch electromotorische schommelingen vertoonen, toch zal een toekomstige theorie van het zien rekening moeten houden met deze merkwaardige lichtgevoelige stof, zooals de chemie er geene kent.

Het is bovendien niet onwaarschijnlijk, dat in het oog nog andere lichtgevoelige stoffen voorkomen 1), wier bestudeering ons thans moeielijk valt wegens de afwezigheid van een geprononceerde kleur, maar die wij, eenmaal toegerust met een betere kennis van het staafjesrood, met goed gevolg zullen kunnen onderzoeken.

In aansluiting aan de bovengenoemde kwestie hebben wij ook een onderzoek verricht over de gevoeligheid van het staafjesrood voor verschillende soorten van monochromatisch licht.

a. Grondkleur der retina.

Wenschten wij de veranderingen te bestudeeren, die het „staafjesrood" onder invloed van verschillende soorten van monochromatisch licht ondergaat, dan moesten wij in de eerste plaats een zelfstandige meening trachten te verkrijgen over de oorspronkelijke kleur, over de grondkleur van het netvlies.

Dat dit noodig was, kan o. a. hieruit blijken, dat Boll, aanvankelijk de kleur voor purper aanziende, later zegt, er van terug te komen. Kühne verzet zich met nadruk daartegen. Volgens hem is het netvlies steeds purper.

1) Zie Schmidt, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874, S. 900.

Wij hebben ons slechts met het netvlies van den kikvorsch bezig gehouden, en wel van den winter-kikvorsch.

Een woord over de wijze van praeparatie der netvliezen en over de methoden van beoordeeling hunner kleur moge aan de beschrijving van de verkregen resultaten voorafgaan.

In een kleine donkere kamer, die bij het praepareeren verlicht werd door een natrium-vlam (parel van vooraf gesmolten keukenzout in de vlam van een Bunsen's brander), werd op de gewone wijze een kikvorsch-oog, in een oplossing van keukenzout van 0.6 %, aequatoriaal gehalveerd. De lens kon steeds tegelijk met de voorste helft van den bulbus verwijderd worden; de retina lag ongedeerd in de achterste helft van het oog. Bij zeer kleine oogen werd dan door een schaartje de halve bulbus midden doorgeknipt en ieder der beide helften weer in twee gelijken deelen gescheiden. Bij grootere oogen werden een voor een sectoren uitgeknipt. Terwijl een fijn pincet de sclera van het kwadrant, resp. den sector vasthield, werd met een dun penseel de retina voorzichtig van het pigment geschoven. In den regel ging dit zeer gemakkelijk; was echter het middelpunt van den sector nog met den n. opticus verbonden, dan moest dit gedeelte eerst afgeknipt worden. *Spoedig* werd nu het stukje retina, met de staafjeslaag naar boven, door middel van het penseel, op een vlak scheppertje met gaatjes geschoven en van daar op een dekglaasje overgebracht.

Ik zeide *spoedig*: nadat het netvlies toch van het pigment verwijderd is, krult het aanstonds om, bijna altijd met de staafjeslaag naar binnen.

Wij hebben onderzocht, of dit ook aan een verschil in

watergehalte der verschillende lagen in verband met dat van onze keukenzout-solutie moest toegeschreven worden en brachten daarom eenige netvliezen in gedestilleerd water en andere in een sterke keukenzout-oplossing. In beide gevallen zagen wij omkrulling in dezelfde richting ontstaan. Ten overvloede brachten wij netvliezen in keukenzout-soluties van 0.85 %, 0.8 %, 0.75 %, 0.7 %, 0.65 %, 0.6 %, 0.55 %, 0.5 % en 0.4 %, om een oplossing te zoeken, waarin zij niet omkrulden: het resultaat was echter negatief. Het verschijnsel is dus hoogstwaarschijnlijk toe te schrijven aan het ongelijktijdig afsterven van de verschillende lagen der retina, of aan een verschil in spanning, dat aan de lagen van het netvlies, in situ, onafhankelijk van het watergehalte zou kunnen eigen zijn. Voor het aannemen van de laatste mogelijkheid bestaat echter geen grond.

Het was in ons geval van het hoogste belang, de stukjes retina vrij van pigment te hebben. De temperatuur bleek hierbij van grooten invloed te zijn: kikvorschen, die 12 uren in water van 7° en lager hadden vertoefd, waren ongeschikt; wel liet het pigment bij kikvorschen van 7° hier en daar los, maar geen stukje retina werd volkomen pigmentvrij verkregen. Bij 11° was dit steeds wél het geval.

's Ochtends was de temperatuur van onze kikvorschen in den regel 5°—6°. Wij brachten dan in de flesch zooveel warm water, dat de temperatuur tot 17° steeg. Reeds na 1½—2 uren verkregen we volkomen pigmentvrije netvliezen. 's Avonds om 10 ure was de temperatuur tot ongeveer 12° gedaald en waren de retinae nog volkomen pigmentvrij te verkrijgen.

Bleef bij toeval een stukje pigment aan de retina kleven, dan werd deze niet gebruikt, daar de staafjes-

laag bij de verwijdering van dit pigment allicht zou kunnen beschadigd worden.

Thans een enkel woord over de methode van beoordeeling der kleuren.

Op welke wijze Boll de kleur der netvliezen bepaalde, is mij uit zijne verhandelingen niet gebleken. Kühne maakte gebruik van de dubbelspleet van Helmholtz, met behulp waarvan hij uit twee spectrale kleuren wit vormde, in welk wit hij de netvliezen beschouwde; ook bepaalde Kühne de kleur door middel van nabeelden en eindelijk onderzocht hij ze spectrophotometrisch. De laatste methode zou ongetwijfeld, als de meest objectieve, de voorkeur verdienen boven alle andere, indien niet tijdens de waarneming, de kleur groote wijzigingen onderging.

Daar de spleettoestel van Helmholtz voor ons doel niet praktisch scheen, evenmin als de methode der nabeelden, maakten wij gebruik van kleurentafels (gammes chromatiques) van Chevreul. 1)

Deze bevatten enkelvoudige kleuren en mengsels van deze in verschillende intensiteit en saturatie. Ieder gekleurd blokje draagt een nummer. Naar het voorschrift van Chevreul werd in een wit cartonnen plaat een band uitgeknipt, juist overeenkomende met de grootte der blokjes.

Voor de beoordeeling van een kleur werden de tafels naast elkaar gelegd in de volgorde: roodviolet (r.v.),

---

1) Een nadere uiteenzetting omtrent het gebruik van die tafels vindt men in het werk van Chevreul, getiteld: Exposé d'un moyen de définir et de nommer les couleurs d'après une méthode précise et expérimentale.

rood (r.), oranjerood (o. r.), oranje (o.), oranjegeel (o. g.), geel (g.).

Het praeparaat, dat zich steeds op glaasjes van gelijke dikte bevond, werd op het witte carton gelegd, vlak boven den uitgeknipten band. Daarna werd het carton zoolang over de platen verschoven, totdat de kleur van het blokje overeenkwam met die van het praeparaat.

Men zal inzien, dat deze methode, hoe snel zij over 't algemeen ook veroorlooft, een kleur te bepalen, bij twijfel en bij geringe oefening in de beoordeeling van kleuren, niet tot goede resultaten kan leiden; het daglicht toch moet voor de onderscheiding van fijnere nuancen vrij helder zijn: hierdoor verandert reeds gedurende de waarneming de kleur. Daarom werd beproefd haar meer lichtbestendig te maken. Hiertoe stonden ons twee methoden ten dienste, waarvan het beginsel door Kühne was aangegeven:

1. een verblijf der netvliezen gedurende 24 uren in een aluinoplossing van 4 %; 2. droging van het netvlies in het duister. De eerste methode, aanvankelijk beproefd, verlieten wij, o. a. omdat de netvliezen hierbij omkrulden en wegens de door de aluin veroorzaakte broosheid niet meer vlak uitgebreid konden worden. 1) De tweede

---

1) Een enkele opmerking over het gebruik van aluinoplossing, bij onderzoekingen over staafjesrood en netvliezen in het algemeen, moge hier een plaats vinden.

Wij wenschten na te gaan, of in het pigment-epithelium staafjesrood voorkwam, door oogen van donkerkikvorschen in aluin te leggen en daarna het pigment-epithelium onder de noodige voorzorgen te bestudeeren. Het bleek, dat de chorioïdea soms moeilijk, soms gemakkelijk te verwijderen was; maar in het laatste geval bleef het netvlies toch steeds met een bruin laagje bedekt. Bij mikroskopisch onderzoek nu bleek dit te bestaan uit een pigmentzoom,

methode gaf betere resultaten; wij komen spoedig hierop nader terug, wanneer wij spreken over de inwerking van monochromatisch licht. Thans slechts de opmerking,

---

die zich op de m. limitans externa bevond en door welken de roode staafjes heen staken.

Vroeger hadden we reeds gezien, dat de temperatuur op de plaats van het pigment grooten invloed uitoefent (zie p. 9). De vraag lag dus voor de hand: vindt men hetzelfde verschijnsel ook bij temperaturen, waarbij in normale omstandigheden het netvlies pigmentvrij kan verkregen worden? Zoo ja, is het verschijnsel alleen aan aluin eigen? Hoe verhoudt zich b.v. salpeterzuur van $3^1/_2$ °/₀ in dat opzicht?

Wij lieten kikvorschen ongeveer 10 uren in water van 6°, 13° en 23° vertoeven, extirpeerden dan de oogen, brachten deze in aluin en salpeterzuur van dezelfde temperaturen, lieten ze daarin gedurende 18 uren (natuurlijk bij constante temperatuur) en vonden:

1. Dat bij 6°, zoowel in aluinoplossing als in salpeterzuur, het pigment moeilijk van de retina was te verwijderen. Bij deze temperatuur konden wij ook uit den verschen bulbus geen pigmentvrij netvlies praepareeren.

2. Dat bij 13° de aluin ongeveer hetzelfde beeld verschafte als bij 6°, met dit onderscheid, dat de chorioïdea nu vrij gemakkelijk van het netvlies kon geschoven worden: er was echter nog wel een pigmentlaag overgebleven, die de m. limit. ext. begrensde.

De HNO_3-bulbi daarentegen gaven, evenals de versche bulbi, volkomen pigmentvrije retinae.

3. Dat bij 23° het aluin-netvlies hetzelfde beeld vertoonde als bij 13°. In de HNO_3-retinae had zich het pigment thans niet *volkomen* teruggetrokken, maar ook de versche retinae waren niet geheel vrij van pigment.

Zou de aluin hier als prikkel werken?

Wij doodden kikvorschen van 13°, legden het eene oog in NaCl-solutie, het andere in aluin van 4 °/₀ en onderzochten beiden na 10, 40, 80 minuten, na 2 en 4 uren. Het bleek, dat de bulbi, die 10, 40 80 minuten en 2 uren in aluin hadden gelegen, evenals alle NaCl-bulbi, volkomen pigmentvrije netvliezen leverden. Die,

dat de versch gepraepareerde netvliezen op dekglaasjes in een donkeren exsiccator werden gelegd, om na 12—24 uren met de kleurentafels van Chevreul bij vrij helder daglicht te worden bestudeerd. Zij waren droog en doorschijnend.

De kleuren wisselden van r.v.10 tot r.v. 8 (zie p. 11), terwijl ook enkele praeparaten (4 van de 42) gevonden werden, die geen of zeer weinig violet bevatten, en met

---

welke 4 uren in de aluin hadden vertoefd, verschaften retinae, waarin een groote hoeveelheid pigment op de m. limitans ext. was opgehoopt.

Een geconcentreerde aluin-oplossing gaf ongeveer dezelfde resultaten.

Deze proeven maken het onwaarschijnlijk, dat aluin hier als prikkel zou werken.

Andere adstringeerende stoffen, als sulfas cupri, acetas ferri en tannine bleken de beschreven eigenschap van aluin niet te bezitten.

Wij hebben nog vele proeven in deze richting genomen, en zooals voor de hand lag, ook op de beweging der kegels gelet. Wij wenschen later hierop terug te komen, nadat we ook met zomerkikvorschen geëxperimenteerd hebben. Bij den winterkikvorsch toch zijn de bewegingen van het pigment en van de kegels schijnbaar zeer onregelmatig, zoodat het niet zelden voorkomt, dat men in een praeparaat, afkomstig van één stukje netvlies, coupes voor zich heeft met teruggetrokken pigment en verlengde kegels en niet teruggetrokken pigment en niet-verlengde kegels.

Naar aanleiding van bovenbedoelde onderzoekingen kunnen wij thans reeds met zekerheid mededeelen, dat bulbi, die eenigen tijd in oplossingen van aluin hebben gelegen, nooit pigmentvrije netvliezen leveren; verder, dat wanneer de HNO_3-bulbi geen pigmentvrije netvliezen verschaffen, dit ook niet het geval is met versche bulbi, die aan den invloed van dezelfde temperatuur waren blootgesteld en omgekeerd. Dit pleit zeer voor het salpeterzuur als hardingsvloeistof en geeft ons meer recht, de resultaten, met de daarmede verharde netvliezen verkregen, op de levende over te brengen.

Ten slotte zij hier nog opgemerkt, dat wij in het pigmentepithelium geen roode kleurstof hebben kunnen ontdekken.

r. 10—11 overeenkwamen. Aan verschillende deelen van dezelfde retina van een grooten kikvorsch, konden wij geen constant kleursverschil waarnemen.

Dezelfde resultaten werden verkregen bij de niet gedroogde, versche praeparaten, afkomstig van dezelfde bulbi, die gediend hadden tot vervaardiging der gedroogde praeparaten.

Wij mogen uit deze proeven afleiden: 1°. dat de kleur van de kikvorsch-retina in den regel purper is en 2°. dat droging in een donkeren exsiccator op deze kleur geenen, althans geen merkbaren invloed uitoefent.

Zeer schoon komt de purperkleur van de retina voor den dag, wanneer men haar aan het dekglaasje van de gaskamer van Engelmann hangt en het praeparaat bij doorvallend licht beziet. Niemand zal dan meer aan de aanwezigheid van het purper twijfelen.

b. *Veranderingen van het staafjesrood door monochromatisch licht.*

Nu wij omtrent de grondkleur van het netvlies in het reine waren, konden wij beginnen met de studie der kleursveranderingen, die verschillende deelen van het spectrum er op teweeg brengen.

De groote moeilijkheid was hier gelegen in het verkrijgen van een krachtige constante lichtbron. Het behoeft nauwelijks gezegd te worden, dat op de zon niet te rekenen viel. Wij namen daarom onze toevlucht tot gaslicht. Een Sugg's brander van 50 kaarsen, gevoed met behulp van een regulateur van Elster, was omgeven door een ijzeren cylinder, waarin gaten ter hoogte van de vlam. Voor één dier gaten (de overige konden tot andere doeleinden gebruikt worden) was een spectroscoop met spleettoestel van Donders geplaatst. Het

oculair werd verwijderd en een objectief spectrum op een afstand van 93.5 c.M. van het prisma, ontworpen. In dit spectrum moesten de netvliezen verlicht worden. Ten einde het spectrum tegen den invloed van vreemd licht te beschermen, werd om de oculairbuis een van binnen dof zwart gemaakte houten koker aangebracht, waarvan de dwarse doorsnede een kwadraat. Door middel van een cylindervormig aanzetstuk pastte de houten koker nauwkeurig om de oculair-buis. De koker strekte zich 8.5 c.M. verder uit, dan met de plaats van het spectrum overeenkwam. Op de plaats van het spectrum was een vertikaal vierkant plankje aangebracht, waarin een gat gezaagd was, dat juist zoo groot was, dat een gaskamertje van Engelmann er nauwkeurig in pastte. Over het midden van het kamertje viel dan het spectrum waarvan de afstand A-H 5 c.M. bedroeg.

Om de intensiteit van het spectrum te verhoogen, werd in den koker tusschen prisma en gaskamertje, en wel op een afstand van 15 c.M. van het laatste, een groote cylinderlens vertikaal opgesteld; de kromming lag in het vertikale vlak, zoodat het op het gaskamertje ontworpen spectrum minder hoog werd. Naar de voorgaande beschrijving is het van het prisma afgekeerde uiteinde van den koker nog open. Het wordt gesloten door een vierkant plankje, waarop loodrecht, dus in horizontale richting verloopende, een andere plank bevestigd is, die door een scharnier ten opzichte van het bovenvlak van den koker kan draaien. Wordt de uit twee loodrecht op elkander staande plankjes bestaande klep geopend, dan is er nog gelegenheid om te zien, hoe het spectrum op het kamertje valt. Het laatste was op de volgende wijze ingericht: aan de naar het spectrum toegekeerde zijde was het van buiten met twee

reepen zwart papier beplakt, zoodanig, dat daar tusschen een horizontale strook overbleef, die door het spectrum bedekt werd. Vlak boven het spectrum was een reepje wit carton geplakt, waarop de Fraunhofersche lijnen waren aangegeven. Dit, wat betreft den buitenkant van het kamertje.

Aan de binnenzijde, op den bodem werden de praeparaten gelegd. Om deze gemakkelijk uit het kamertje te kunnen nemen en ze afzonderlijk te kunnen bestudeeren, werden ze op smalle strookjes dun glas gelegd, welke strookjes juist de hoogte hadden van het kamertje. Daar de netvliezen, vooral wegens den zeer vochtigen toestand, waarin ze moesten verlicht worden, gemakkelijk zouden kunnen zakken en aldus aan de inwerking van het spectrum ontsnappen, werden op de glasplaatjes twee smalle horizontale reepjes glas gekit door middel van Canadabalsem. De inwendige afstand van beide reepjes kwam overeen met de hoogte van het spectrum. Om verschuiving der glaasjes te voorkomen, werd een ebonietplaatje onder en een boven het spectrum gelegd en wel zoodanig, dat zij pastten tusschen de horizontale glasstrookjes en den wand van het kamertje. Op het bovenste ebonietplaatje lag nog een reepje carton met de Fraunhofersche lijnen, waarvan de plaatsen nauwkeurig overeenkwamen met die, welke op de buitenvlakte van het kamertje waren aangegeven. Op het onderste eboniet plaatje lag een driedubbele reep nat filtreerpapier, dat den inhoud van het kamertje vochtig hield. Wanneer alles in de beschreven volgorde bij natriumlicht in het kamertje was gebracht, werd het deksel, na met vaseline te zijn voorzien, door twee klemmen er op bevestigd. Dan werd het geheel in een zwarten doek gewikkeld en naar den koker gebracht, waar het in het

bewuste raam werd ingesloten en ten overvloede met een paar werveltjes bevestigd.

Voor dat lamp, spectroscoop, spleet en koker waren gesteld, werden met denzelfden spectroscoop de Fraunhofersche lijnen in het objectieve zonnespectrum ontworpen en op papier afgeteekend. Het aldus verkregen schaaltje werd op en in het kamertje aangebracht en om nu het door de lamp verkregen spectrum met de plaats der lijnen overeen te brengen, werd de spleet van den toestel zoolang verschoven, totdat de D-lijn, ontworpen door een natriumvlam, juist overeenkwam met de D-lijn van de schaal. Het bleek nu, dat de lithiumvlam een streep gaf op B-C en thallium even vóór E van onze schaal; hetgeen als contrôle kon dienen voor de juiste ligging onzer Fraunhofersche lijnen.

De afstand van A tot H bedroeg 5 c.M., de spleetwijdte van het spectroscoop 0.7. Thans werden spectroscoop en spleet vastgezet en de lamp zoodanig geplaatst, dat het midden van de vlam met de spleet overeenkwam. Dit alles bleef gedurende de proeven onveranderd. De temperatuur van de kamer was 5°—7°.

Om een denkbeeld te krijgen van den tijd, noodig om eenige kleursverandering teweeg te brengen, stelden wij 6 stukjes netvlies, liggende op C, D, E—b, F, G en H aan den invloed van het spectrum bloot.

Na een verlichting van 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 uren, was aan geen der netvliezen, tegelijk bij matig daglicht beschouwd, eenige verandering waar te nemen. Na 8 uren was het netvlies op E—b veranderd.

Nu het bleek, dat de tijd, noodig om eene merkbare kleursverandering teweeg te brengen, voor E—b ongeveer 8 uren bedroeg, was het naar de proeven van Boll

en Kühne te verwachten, dat de andere lijnen een langdurige verlichting zouden vorderen. Alvorens echter tot een methode te mogen overgaan, waarbij een zoo langdurige verlichting noodzakelijk was, moesten wij de volgende vragen tot oplossing brengen:

1. Verandert het staafjesrood na een lang verblijf in een vochtige donkere kamer?

2. Blijft het netvlies, na een verblijf van 8 tot 24 uren en langer in een vochtige kamer, even gevoelig voor licht?

3. Bestaat autoregeneratie, d. i. een zelfstandig herstel van de grondkleur, nadat deze door licht is veranderd?

Aanvankelijk toch stelden wij ons voor, dat, indien Kühne's autoregeneratie moest bevestigd worden, onze proeven, waarbij een zoo lange duur van verlichting noodig bleek, weinig waarde zouden bezitten, althans voor de bepaling van de gevoeligheid, maar bij nadere overweging kwamen wij hiervan terug, daar de autoregeneratie, zoo deze bestond, een factor van de lichtgevoeligheid van het staafjesrood zou zijn. Meer beteekenis had de oplossing van die vraag echter voor onze methode van droging. Immers, de mogelijkheid bestond, dat, wanneer het netvlies door licht verandering had ondergaan, de grondkleur zich weer herstelde in den donkeren exsiccator.

Eindelijk vorderde onze methode van droging nog de oplossing van de volgende vraag:

4. Heeft, afgezien van autoregeneratie, tijdens of door het drogen, kleursverandering plaats in het reeds veranderde netvlies?

ad 1. Dat de kleur na verblijf in een donkeren exsiccator niet verandert, hadden wij reeds vroeger uitge-

maakt, en het liet zich verwachten, dat dit ook niet het geval zou zijn in een donkere vochtige kamer, daar toch ook in het eerste geval de netvliezen in vochtigen toestand verkeerden, hoewel gedurende betrekkelijk korten tijd.

Wij namen van 8 netvliezen telkens een stukje en bepaalden daarvan de kleur, onmiddellijk na praeparatie:

Zij waren: r.v.9, r.v.9, r.v.8, r.v.9,
r.v.9, r.v.9—10, r.v.9.

Van dezelfde retinae werden 8 stukjes in dezelfde volgorde in een donkere vochtige kamer gelegd, om daarin 24 uren, en een dergelijke reeks, om daarin 48 uren te vertoeven. Zij bleken na dien tijd respectievelijk te zijn:

r.v.9, r.v.9—10, r.v.8—9, r.v.9, r.v.8—9
r.v.9, r.v.9, r.v.9—10 en
r.v.9, r.v.8—9, r.v.9, r.v.9—10, r.v.9, r.v.9—10
r.v.9, r.v.9—10.

De vraag mocht dus ontkennend beantwoord worden.

ad. 2. Tot het verrichten van de hier bedoelde proeven gebruikten wij licht, dat, hoewel niet volkomen monochromatisch, meer intensief was dan dat van het spectrum. Voor een der gaten van den ijzeren cilinder, binnen welken de lamp geplaatst was, stond een donkere kast van Engelmann; daarin twee fleschjes met planparallelle wanden, respectievelijk gevuld met cuprochloruur en met pikrinezuur. Het groene licht, dat nog slechts een weinig rood bevatte, werd in een mikroskoop opgevangen en op de objecttafel hiervan werd een gaskamertje van Engelmann geplaatst, waarin een stukje netvlies hing, met de staafjes- en keggellaag naar beneden. De tijd werd opgeteekend, waarin de eerst merkbare kleursverandering had plaats gegrepen en ook die, waarin volkomen ontkleuring was opgetreden. Ge-

woonlijk werd het eerste op de volgende wijze geconstateerd: in een tweede gaskamertje werd een stukje van hetzelfde netvlies gebracht en daarna werden de praeparaten in beide gaskamertjes, bij zwak daglicht, met elkander vergeleken. Een gering onderscheid in tint kon op deze wijze gemakkelijk waargenomen worden.

Wij onderzochten, volgens de genoemde methode, van hetzelfde oog één stukje netvlies, dat onmiddellijk na praeparatie verlicht werd, één stukje, dat aan de inwerking van licht was blootgesteld, nadat het 24 uren en één stukje, nadat het 60 uren in een donkere vochtige kamer had gelegen. Deze proeven werden driemaal herhaald. Steeds was de tijd, noodig, om de eerste verandering teweeg te brengen voor de versche zoowel als voor de niet-versche van 1^u15^m tot 1^u25^m en voor de totale ontkleuring van 3^u45 tot 4 uren.

ad. 3. Van een netvlies werden twee stukjes gepraepareerd; één werd door zwak daglicht tot r.9 veranderd, waarin reeds een weinig oranje; het andere werd in donker bewaard. Beide dekglaasjes met praeparaten werden zoodanig met een randje vaseline aan de gaskamer bevestigd dat het netvlies vrij in den kamer hing.

Bij vergelijking der beide praeparaten was een duidelijk onderscheid te bespeuren. Thans werden zij twee uren in donker gelaten, doch er bleef een verschil zichtbaar. Dezelfde proef werd herhaald met een verblijf van 12,24, 48 uren in donker, doch het kleursverschil bleef bestaan; wanneer het eene netvlies tot o.g.6 verschoten was, keerde het rood niet meer terug.

Totaal ontkleurde netvliezen bleven na lang verblijf in het duister geheel kleurloos. Ook werden de proeven herhaald met netvliezen, die een weinig veranderd wa-

ren door het op boven beschreven wijze verkregen groen en blauw licht, alsmede door licht, dat door twee roode glazen was gegeven. De resultaten waren ook nu negatief. Op grond van deze proeven moeten wij Kühne's autoregeneratie, althans bij den winterkikvorsch, ontkennen.

ad. 4. Drie stukjes netvlies werden op drie dekglaasjes gebracht en tegelijkertijd aan den invloed van zwak daglicht blootgesteld, totdat ze o.r.6 waren. Nu werden twee in een donkeren exsiccator geplaatst, en een in een donkere vochtige kamer. Na 5 uren werd een uit de exsiccator genomen en bleek weer o.r.6 te zijn; na 24 uren werd het andere er uit genomen, dat ook o.r.6 bleek te zijn en geen onderscheid aan te bieden met het praeparaat, dat in de vochtige kamer was gelegen. Dezelfde proeven werden herhaald met drie netvliezen, die tot o.6 en met drie, die tot o.g.5—6 veranderd waren en wel met hetzelfde resultaat. Op gelijke wijze en met hetzelfde gevolg werd geëxperimenteerd met stukjes netvlies, die in groen licht waren veranderd tot r.5—6 en tot o.5 en in blauw-violet tot r.v.7 en tot o.g.4—5.

Deze proeven geven ons het recht, aan te nemen, dat door of tijdens het drogen van de netvliezen geen kleursverandering plaats grijpt.

Nadat de 4e vraag bevestigend was beantwoord, werden de proeven sub 1, 2 en 3 herhaald, met die wijziging echter, dat de kleursverschillen, niet op het oog, maar na droging in een donkeren exsiccator, door middel van de kleurtafels werd bepaald.

Opdat wij met weinig gaskamers zouden kunnen volstaan en tevens de kleur der netvliezen zoo nauwkeurig mogelijk bepalen, werden de praeparaten op dekglaasjes gelegd en deze door vaseline aan het dekglaasje van de

gaskamer gekleefd. De dekglaasjes werden bij natronlicht in het kamertje gebracht en er uitgenomen:

Wij zullen den lezer niet vermoeien met een opnoeming van de kleuren en kleursveranderingen bij deze proeven, maar slechts mededeelen, dat wij tot dezelfde resultaten zijn gekomen als te voren.

Naar al het voorgaande meenden wij het recht te hebben, de boven beschreven methode van verlichting en van waarneming der verlichte netvliezen aan te wenden voor de oplossing van de beide vragen, die wij ons hadden voorgesteld, in dit proefschrift te beantwoorden:

A. Ondergaat de grondkleur van het netvlies door verschillende deelen van het spectrum al of niet dezelfde kleursveranderingen?

B. Welke tijden hebben verschillende deelen van het spectrum noodig, om in de grondkleur van het netvlies de eerst merkbare verandering voort te brengen, m. a. w. welke is de gevoeligheid van het staafjesrood voor verschillende golflengte?

Reeds was ons uit de proef op p. 17 gebleken, dat de tijd, die vereischt zou worden, om in ons objectief spectrum, totale ontkleuring van het netvlies teweeg te brengen, zelfs voor het groen (E—b) lang zoude zijn, en wij hadden dus te vreezen voor hetgeen ons in dit opzicht de overige deelen van het spectrum zouden brengen. Inderdaad hebben wij het ook moeten opgeven, alle veranderingen tot volkomen ontkleuring nauwkeurig te bestudeeren en ons meer moeten bepalen tot de oplossing van de tweede vraag.

Toch willen wij het betrekkelijk klein aantal proeven, die naar aanleiding van de eerste vraag gedaan werden, vermelden, in de hoop, dat eens een veel sterkere

constante lichtbron ons in staat zal stellen, ze in zoo grooten getale uit te breiden, dat het besluit, dat wij hier slechts onder voorbehoud uitspreken, elders met zekerheid kan worden neergeschreven. Vooraf echter nog een woord over de inrichting van onzen toestel.

Om het netvlies te verlichten met iedere willekeurige doch bekende golflengte, zonder daarbij voor de inwerking van andere stralen te behoeven te vreezen, werd aan den buitenkant van het kamertje het geheele spectrum door zwart papier afgedekt, behalve dat gedeelte, dat op het netvlies moest inwerken. Om nog zekerder te zijn, geen ander licht dan het gewenschte op de retina te laten vallen, plaatsten wij tusschen het kamertje en de lens een zwart scherm, van zink vervaardigd, waarin twee schuifjes waren aangebracht, zoodat willekeurige deelen van het spectrum tot het kamertje konden toegelaten worden. De plaats van die spleet werd natuurlijk in overeenstemming gebracht met de plaats van het te verlichten deel van het kamertje.

Plaats van verlichting in het spectrum.	Duur der verlichting.	Plaats van verlichting in het spectrum.
B—C.	24 uur	r. v. 9—10
	48 „	r. 10
	72 „	o. r. 10
D.	1 „	r. v. 9—10
	2 „	r. 9—10
	$4^3/_4$ „	r. v. 9
	$11^3/_4$ „	r. v. 10
	12 „	r. v. 10
	16 „	r. 9
	22 „	r. 7 of r. v. 8
	$24^1/_2$ „	r. v. 8
	$38^1/_4$ „	r. v. 6
	48 „	r. of r. v. 5—4.
	69 „	o. 5
E—b.	2 „	r. v. 9
	5 „	r. v. 9—10
	6 „	r. v. 9
	7 „	r. v. 9
	8 „	r. 8—7.
	16 „	r. 5.
	32 „	o. g. 6
	46 „	o. g. 3
F.	$2^3/_4$ „	r. v. 9—8
	5 „	r. 9
	$8^1/_4$ „	r. v. 10—9

Kleur der retina na verlichting en droging.	Duur der verlichting.	Kleur der retina na verlichting en droging.
F.	12 uur	r. v. 9—8
	17 „	r. 8
	19 „	r. 8—7
	23 „	r. 8—7
	26 „	o. g. 12—11
	69 „	o. g. 6
G.	2 „	r. v. 10
	6½ „	r. v. 9
	11¾ „	r. v. 9—10
	22 „	r. v. 8—9
	23 „	r. 9—10
	26 „	r. v. 9—10
	48 „	r. v. 9 (met oranje randen.)
	69 „	o. r. 11
	92 „	o. r. 6 of o.6
Zwak daglicht (regenachtig weder).	0 minuut	r. v. 9
	1 „	o. r. 7 (met meer rood dan in o. r. 7 van de kleurtafel)
	2 „	o. r. 6
	5 „	o. 6
	8 „	o.6—o.g. 6
	17 „	o.6—o.g. 6
	30 „	o.6—o.g. 6

Voorloopig mogen wij uit deze proeven opmaken, dat de verandering, die monochromatisch licht, zoowel van grootere als van kleinere golflengte, in het netvlies van den winterkikvorsch teweeg brengt, bestaat in een vermindering van saturatie. Van tijd tot tijd was het uiterst moeielijk uit te maken of het praeparaat nog roodviolet was, dan wel of het violet verloren was gegaan.

Bij langere inwerking van licht van grootere en van kleinere golflengte wordt de kleur r. of r.v. 4—5 om eindelijk geheel te verdwijnen. Bij zeer lange inwerking echter slaat de kleur niet zelden in een oranjehoudende om.

Daglicht kan dezelfde veranderingen als gaslicht in de grondkleur te weeg brengen.

Het komt ook voor, dat het netvlies dadelijk, en dus zonder dat sterke vermindering van saturatie voorafgaat, onder schijnbaar dezelfde omstandigheden o.r. o. en o.g. doorloopt. Dit geschiedt zelden door monochromatisch, gewoonlijk door dag- of gaslicht. De verklaring daarvan moeten wij schuldig blijven.

Steeds zagen wij dat, wanneer de kleur r. of r.v. 7—6—5—4 geworden was onder den invloed van monochromatisch licht, door inwerking van daglicht de kleur omsloeg tot een weinig gesatureerd, o.r. o., en daarna tot o.g., om na zeer langen tijd het oranje voor een deel te verliezen. Dit was het geval met het gedroogde zoowel als met het vochtige netvlies. Het oranje toch is betrekkelijk zeer lichtbestendig 1); zoodat wij, wanneer er één omzettingsprodukt van het staafjesrood zou be-

---

1) Dit blijkt daaruit, dat netvliezen, die 24 uren en langer in vochtigen toestand voor het venster aan het daglicht hadden gelegen, nog oranje geel waren.

staan, gelijk Kühne dit wenscht, aan het oranje liever die beteekenis zouden willen toekennen dan aan zijn „Sehgelb."

Onze resultaten moeten vreemd schijnen en wij willen ons niet ontveinzen, dat wij ook andere hadden verwacht; vooral met het oog op het feit, dat de kikvorsch twee soorten van staafjes bezit, roode en groene.

Wij hebben dan ook geen moeite gespaard om te trachten, de groene van de roode te scheiden. Herhaalde malen lieten wij, onder verschillende omstandigheden, groen licht op de netvliezen inwerken, doch het netvlies werd niet groen, maar doorliep de beschreven kleuren. Mikroskopische waarneming mocht ons evenmin een stap verder brengen. Wij moeten hierbij vermelden, dat wij tweemaal een groen stukje netvlies hebben gezien: éénmaal na verlichting in C en de andere maal na verlichting in F. Ook bij mirkoskopisch onderzoek bleken de staafjes alle groen te zijn.

In beide gevallen, waren zij vóór de verlichting, bij een lucifer bezien, ook lichter dan de overige stukjes netvlies.

Dat men in een netvlies, waarin de roode en groene staafjes op normale wijze verdeeld zijn, het groen niet waarneemt, zal wel moeten worden toegeschreven aan het feit dat rood en groen complementair zijn.

Onze resultaten verschillen van die van Boll, Ewald en Kühne.

In de eerste plaats noemt Boll de grondkleur van het netvlies rood en geeft in de „Berliner Berichte" en in het „Archiv für Anat. w. Phys." (l. c.) daarvan een gekleurde afbeelding (1 a). Vergelijkt men deze met de tafels van Chevreul, dan blijkt ze in plaats van rood o.r. 8—9 te zijn. Zoo blijkt de kleur, die rood licht te-

weeg brengt en die een „versterking" van het rood van 1a moet voorstellen, 2a namenlijk, o.r. 12 te zijn. Na korte inwerking van sterk groen licht moet de grondkleur „purperrood" worden; 3a is echter niet purperrood maar o.r. 10. Genoemde purperkleur gaat naar Boll door langere inwerking van groen licht in 4 b. over, eene „sehr blasse Rosafarbe" maar inderdaad o.r. 5.

Er zijn twee gevallen mogelijk: 1 de kleuren, zooals Boll die waargenomen heeft, zijn op de plaat goed weergegeven, maar in den tekst niet overeenkomstig daarmede beschreven; 2 de beschrijving der kleuren komt inderdaad met het waargenomene overeen, maar de plaat is foutief geteekend.

In het eerste geval zou de grondkleur van het netvlies *oranjerood* zijn, hetgeen met zijn eigen uitspraak, met de proeven van Ewald en Kühne en met de onze in strijd is. Wij zouden dit kunnen verklaren door het feit, dat Boll, zooals hij met nadruk mededeelt, in zwak daglicht praepareerde. Wij hebben herhaaldelijk gezien, dat het purper dan vrij spoedig in oranjerood overgaat. Indien deze onderstelling waar mocht zijn, dan heeft Boll niet geëxperimenteerd met staafjesrood, maar met een ontledingsprodukt daarvan, en wordt het reeds daarom bezwaarlijk, de resultaten van onze proeven met de zijne te vergelijken.

Ook het tweede geval is mogelijk. Hoe Boll de kleuren definieerde, wordt niet vermeld; waarschijnlijk deed hij het op het oog en bootste dan door middel van verf de kleur na, die het netvlies gekregen had. Het spreekt wel van zelf, dat de kleur van het netvlies in dien tijd moet veranderen; Boll vreesde het zeer matige diffuse daglicht niet.

Ook op deze wijze kan dus verklaard worden, dat de

grondkleur van het netvlies door hem oranjerood geteekend wordt. Zoo zou ook te verklaren zijn, waarom de kleur, die bij lange inwerking van groen licht, naar hij zegt, lichtrosa is, toch door hem als een weinig gesatureerd oranjerood wordt geteekend. Wij vonden immers (zie p. 26) dat netvliezen die tot r.v. 8—7—6—5—4 verbleekt waren, door het daglicht een weinig gesatureerd oranjerood werden.

Een andere aanmerking op de proeven van Boll betreft de weinige voorzorgen, die hij bij de beoordeeling der kleuren schijnt te hebben in acht genomen; er wordt althans geen melding van gemaakt. Zoo vertoonen twee netvliezen, waarvan het eene op een dik objectglas en het andere op een dekglaasje gelegd wordt, een aanmerkelijk verschil in saturatie niet alleen, maar ook in tint, hetgeen vooral in het oog valt, wanneer zij op wit papier worden gelegd. Wij hebben daarom steeds dezelfde glaasjes gebruikt.

Eindelijk de schijnbaar nietige, maar toch hoogst belangrijke vraag, of Boll zijn netvliezen, die toch zoo gemakkelijk een geleiachtig klompje vormen, wel vlak heeft uitgebreid.

Dit alles in aanmerking genomen, is een vergelijking van Boll's resultaten met de onze wellicht overbodig. Wil men er echter overeenkomst in zoeken, dan is deze ook wel te vinden.

Door het roode licht, hebben wij, evenals Boll, het netvlies oranjerood zien worden. Het aantal onzer proeven voor rood licht is echter zeer gering.

Geel licht maakt naar Boll de grondkleur tot een meer licht rood. Ook wij vonden een minder gesatureerd rood of roodviolet.

Groen licht verandert naar Boll de roode kleur van

het netvlies in purperrood (volgens zijn plaat in oranjerood), om bij langere inwerking een bleeke rosakleur voort te brengen (naar zijn plaat te oordeelen, weinig gesatureerd oranjerood). Wij mogen onderstellen, dat Boll van tijd tot tijd zoo gelukkig was, stukjes netvlies door een snelle praeparatie voor een eenigszins belangrijke verandering onder den invloed van het diffuse daglicht te bewaren. Duurde de verlichting kort, dan kon de purperkleur vrij goed behouden zijn gebleven; deze moest echter gedurende de nabootsing met verf, door het diffuse daglicht een verzadigd oranjerood worden. In hoeverre onze uitkomsten samenvallen bij langere inwerking van groen licht, is reeds boven gebleken.

Omtrent de veranderingen door blauw en violet licht laat zich in hoofdzaak hetzelfde zeggen.

Wat de uitkomsten van Ewald en Kühne betreft, deze wijken hoofdzakelijk daarin van de onze af, dat wij geen verschil hebben gevonden voor licht van grootere en van kleinere golflengte.

Voor licht van grootere golflengte kunnen wij slechts experimenten aanvoeren met geel (D) en een enkel met rood (B—C).

Voor daglicht zijn onze resultaten in zekeren zin dezelfde. „Ans Tageslicht gebracht" zegt Kühne, in Hermann's „Handb. der Phys." S. 276 „schlägt die Netzhautfarbe entweder allmählig in rötheren Purpur, reines Roth, Orange, Gelb und Chamois um, ehe sie vollkommen farblos wird, oder sie geht mit einem Schlage durch blasses Lila zur Farblosigkeit über. Je frischer die Netzhaut und je lichtempfindlicher in Folge davon auch der Purpur ist, desto mehr ist die Erscheinung ausgeprägt."

Het komt dus ook bij Kühne voor, dat het netvlies ofschoon in het witte licht toch ook stralen van grootere golflengte voorkomen, niet oranjerood, oranje en oranjegeel doorloopt, maar dat, zooals wij in den regel ook bij verlichting in D zagen, een weinig gesatureerd rood of roodviolet ontstaat.

Kühne brengt dit in verband met de lichtgevoeligheid van het netvlies, die afhankelijk zou zijn van den tijd, gedurende welken het netvlies van epithelium is gescheiden geweest; maar wij moeten dit beslist tegenspreken. Ten eerste is het regel dat het netvlies, zelfs wanneer er geen minuut tusschen praeparatie en verlichting verloren gaat, rood, oranjerood, oranje en oranjegeel doorloopt en uitzondering, wanneer het r.v. 9—8—7—6—5—4 wordt. Ten tweede wordt het netvlies zelfs na lang verblijf in een donkere vochtige kamer, niet minder gevoelig voor licht, zooals wij boven aantoonden.

Op welke wijze Ewald en Kühne de kleur hunner netvliezen bepaalden, is ons niet gebleken. Wel geven zij de methoden op, waardoor men het zou *kunnen* doen, en die zij ook schijnen in toepassing gebracht te hebben voor de bepaling van de grondkleur der retina; maar wij kunnen niet aannemen, dat zij al deze methoden of slechts *één* er van *steeds* zouden hebben aangewend. Niet *alle* methoden, omdat het netvlies, in den tijd hiervoor benoodigd, ongetwijfeld sterk van kleur zou veranderd zijn. Niet één der methoden om de boven reeds genoemde redenen. Wij vermoeden dus, dat zij de kleur op het oog hebben bepaald.

Uit de voorgaande proeven hebben wij moeten opmaken, dat monochromatisch licht van verschillende golflengte gewoonlijk dezelfde veranderingen teweegbrengt.

Overtuigd, dat er verband bestaat tusschen de werking van licht en van temperatuur op de verandering van kleurstoffen, wilden wij ook eens nagaan, of staafjesrood bij verschillende temperaturen dezelfde veranderingen doorliep.

Reeds had Kühne gevonden, dat de kikvorschnetvliezen, bij 76° verhit, oogenblikkelijk geheel ontkleurd worden. Bij 30° was de kleur onveranderlijk. Wij kunnen zijn proeven bevestigen. Wij verwarmden een netvlies gedurende een geheelen nacht bij 50° en vonden geen verandering. Door verwarming bij 65° was het netvlies na 5 minuten rood, na 15 minuten oranjerood, na 20 minuten oranje en na 35 minuten zoo goed als ontkleurd. Dezelfde kleurenreeks werd doorloopen bij verwarming op 60° en 55°, natuurlijk langzamer.

Het door verwarming ontstane oranjerood ging onder den invloed van daglicht over in oranje en oranjegeel, om na *zeer* langen tijd het oranje *bijna* te verliezen.

Uit deze proeven blijkt, dat het staafjesrood door diffuse warmte van verschillende temperaturen op dezelfde wijze ontleed wordt.

c. Gevoeligheid van het staafjesrood voor monochromatisch licht.

Zooals wij reeds vroeger mededeelden, zouden wij de gevoeligheid van het staafjesrood voor monochromatisch licht bepalen, door de tijden op te teekenen, noodig, om een juist merkbare kleursverandering teweeg te brengen. Deze kleursveranderingen bleken, zooals uit de tabellen duidelijk is, voor alle golflengten, die wij hierop onderzochten, behalve voor het rood (B—C), waarvoor het aantal proeven echter gering is, dezelfde te zijn.

Om gemakkelijker te kunnen beoordeelen of eene verandering was opgetreden, brachten wij behalve het te verlichten praeparaat, er nog 2 à 3 in het kamertje, die niet verlicht werden.

Voordat de netvliezen echter in het kamertje gebracht werden, werden ze bij een lucifer bekeken, en een te licht gekleurd praeparaat door een ander vervangen. Ondanks deze voorzorg, was de tijd, noodig, om door dezelfde golflengte een begin van kleurverandering teweeg te brengen, alles behalve constant. Om een eenigszins vertrouwbare uitkomst te verkrijgen, was een groot aantal proeven noodig, waardoor het onderzoek zeer tijdroovend werd.

In de volgende tabellen bevat de eerste kolom de plaats in het spectrum, waarmede verlicht werd, de tweede kolom den duur van verlichting, de derde het aantal proeven, de vierde de kleur der netvliezen na verlichting en droging. Men ziet uit de tabel, dat soms reeds verbleeking intrad in een tijd, waarin de meeste proeven nog geen verandering deden zien. Wij hebben dien tijd aangenomen als noodig, om verandering voort te brengen, waarin *bijna alle* proeven een verbleeking te zien gaven tot r.v. 8, terwijl wij dan tevens de voorwaarde stelden, dat een eenigszins langere verlichting verbleeking tot r.v. 7 moest veroorzaken.

Plaats in het spectrum.	Duur van verlichting.	Aantal proeven.	Kleur der netvliezen na verlichting en droging.	Opmerkingen.
D.	16	2	r. v. 10 r. v. 10	
	19	6	r. v. 8 r. v. 9 r. v. 9 r. v. 9 r. v. 9—8 r. v. 9	Éénmaal was de verandering na $15\frac{3}{4}$ uren reeds geworden tot r. 6—7, en éénmaal was het na $18\frac{1}{2}$ uren o. r. 11.
	22	7	5 maal r. v. 8 1 maal r. 7 1 maal r. v. 10	
	25	2	1 maal r. v. 7 1 maal r. v. 6	
E—b.	5	2	1 maal r. v. 9 1 maal r. v. 10	
	6	5	1 maal r. v. 9—10 4 maal r. v. 9	
	7	5	2 maal r. v. 8—9 3 maal r. v. 10	
	8	5	1 maal r. v. 10 1 maal r. v. 8—7 1 maal r. v. 8—9 2 maal r. v. 7	
	9	3	2 maal r. v. 7 1 maal r. 7.	

Plaats in het spectrum.	Duur van verlichting.	Aantal proeven.	Kleur der netvliezen na verlichting en droging.	Opmerkingen.
b½F.	9	5	1 maal r. v. 9—10 1 maal r. 9. 3 maal r. v. 9	
	10	3	2 maal r. v. 8 1 maal r. v. 9	
	11	4	3 maal r. v. 8 1 maal r. v. 7	
	14	2	2 maal r. v. 7	
F.	10	2	2 maal r. v. 9—10	
	13	4	1 maal r. v. 8 3 maal r. v. 9	
	15	6	1 maal r. 8—9 4 maal r. v. 8 1 maal r. v. 7—8	Eenmaal was na eene verlichting van 15 uren een oranje roode rand om het roodviolet te bespeuren.
	17	3	1 maal r. v. 9 2 maal r. v. 7—6	

Uit de bovenstaande proeven mogen wij opmaken, dat om een beginnende verandering te weeg te brengen, gemiddeld noodig zijn:

Voor D . . . . 20½ uur.
„ E—b . . . . 7½ „
„ b—½ F. . . . 10½ „
„ F . . . . 14 „

Voor G waren meer dan 50 uren noodig.

Wij hadden ons in het ruwe overtuigd, dat, voor licht van dezelfde soort, de tijden van verlichting omgekeerd evenredig waren aan de lichtintensiteiten, door netvliezen te plaatsen op verschillende bekende afstanden van de bron. Dit geschiedde op de vroeger beschreven wijze in het gaskamertje van Engelmann, onder het mikroskoop.

Wij wenschten nu te onderzoeken, of, door de spleetwijdten te veranderen in omgekeerde reden van de tijden, die zooeven gebleken waren noodig te zijn, om bij dezelfde spleetwijdte (0,7 m.M.) de eerste verandering te weeg te brengen, deze thans in gelijke tijden zou plaats hebben.

Wij gingen hierbij uit van de spleetwijdte 0,7 m.M. en bleven deze gebruiken voor E—b; voor D moest de spleetwijdte dan zijn $0{,}7 \times \frac{20\frac{1}{2}}{7\frac{1}{2}} = 1{,}9$, voor b $\frac{1}{2}$ F, 0,98 en voor F, 1,3 m.M.

Plaats in het spectrum.	Spleet-wijdte.	Aantal proeven.	Duur van verlichting.	Kleur der netvliezen na verlichting en droging.
D.	1.9 m.M.	4.	7½ uren	r. v. 8 o. r. 9 r. v. 8 r. 8 of r. v. 8
b½ F.	0.98 „	4.	7½ „	r. v. 8—9 r. 7—8 r. v. 8 r. v. 8—9
F.	1.3 „	4.	7½ „	r. 8—9 r. 7 r. v. 8 r. v. 8

Uit deze tabel blijkt inderdaad, dat genoemde spleetwijdten bij denzelfden duur van verlichting een beginnende verbleeking teweeg te brengen, hetgeen de cijfers, door de eerste methode van onderzoek verkregen, bevestigt.

De energie- verdeeling van het normaal zonnespectrum is, volgens de onderzoekingen van Lamansky en Langley:

B—C	D	E—b	F
90	100	90	75

Daar volgens de proeven van Prof. Engelmann naar de bacteriën-methode 1) de energie van het licht evenredig is aan de assimilatie-energie en de verhouding van de assimilatie-energie van Sugg's brander tot de assimilatie-energie van het zonnespectrum:

B—C	D	E—b	F
1	0,651	0,411	0,254.

is de energie in het interferentie spectrum van Sugg's brander verdeeld, als volgt:

B—C	D	E—b	F
83	65,1	36,99	19,0.

Het aantal uren noodig, om door ons dioptrisch spectrum een eerst merkbare verandering te weeg te brengen, was:

D	E—b	b½F	F
20½	7½	10½	14

Teruggebracht tot het interferentie-spectrum en herleid op gelijke energie, worden deze getallen:

D	E—b	b½F	F
0,848	0,166	0,133	0,1566

---

1) Onderz. Physiol. Lab. der Utr. Hoogeschool Dl. XI. (3). p. 104.

Daar de gevoeligheid omgekeerd evenredig is aan het aantal uren, noodig om de eerst merkbare verandering teweeg te brengen, wordt deze, indien de gevoeligheid voor $b\frac{1}{2}F = 100$ wordt gesteld:

D	E—b	$b\frac{1}{2}F$	F
15,8	79,28	100	82,7

Het staafjesrood heeft dus de grootste gevoeligheid voor stralen tusschen E—b en F gelegen.

Dit resultaat kan geen verwondering wekken.
De complementaire kleur van het purper is juist die kleur, waarvoor het staafjesrood het meest gevoelig is; terwijl wij zagen, dat het rood, dat door het staafjesrood in zoo geringe mate geabsorbeerd moet worden, een zeer geringen invloed op de kleur uitoefent.

Ook hier dus wordt voldaan aan den regel, dat die kleuren de krachtigste chemische werking uitoefenen, die het sterkst geabsorbeerd worden.

Gaarne hadden wij aan dit onderzoek een studie aangesloten over den invloed van monochromatisch licht op de grootte der schommelingen in de retina-stroomen, ook in verband met het staafjesrood, doch de tijd heeft ons ontbroken. Wij hebben echter met deze studie reeds een aanvang gemaakt.

STELLINGEN.

STELLINGEN.

I.

In het pigmentepithelium komt geen staafjesrood voor.

II.

De zoogenaamde interpolaire polarisatie-stroom in de zenuwen berust enkel op verandering van weerstand.

III.

De dyspnoë, door spierarbeid opgewekt, moet worden toegeschreven aan de prikkelende werking van een of meer onbekende omzettingsproducten op het respiratiecentrum.

IV.

De kristallisatie van haemoglobine in de bloedlichaampjes, vooral bij visschen gezien, is aan zekere temperatuur en aan een scherp begrensd watergehalte van het bloedvocht gebonden.

V.

Onder zekere omstandigheden kan onthouding van voedsel ontwikkeling en herstel bevorderen.

VI.

De leucocyten, die men in de epitheliumcellen der darmvlokjes vindt, worden niet in die cellen gevormd, maar zijn uit het adenoïde weefsel afkomstig.

VII.

Lewith en Hofmeister hebben geen recht te verwachten, dat zij door de bepaling van de oplosbaarheid van sommige eiwitstoffen in zoutsoluties (Archiv f. experim. Path. u. Pharmak. B. 24.) licht zullen verspreiden over de werking van zouten als drastica en als diuretica.

VIII.

Bronwateren kunnen niet door kunstmatige mengsels van chemische verbindingen vervangen worden, zoolang de praktijk niet heeft geleerd, dat deze in werking daarmede overeenkomen.

IX.

Drekbraken kan door antiperistaltische beweging veroorzaakt worden.

X.

De acute gele leveratrophie wordt hoogstwaarschijnlijk niet door schizomyceten veroorzaakt.

XI.

De aard van het pigment, dat na bloeduitstorting optreedt, is afhankelijk van de omgeving, waarin het zich vormt.

XII.

De bloedsdrukking kan geen rekenschap geven van het veelvuldig voorkomen van niet aangeboren klapvliesgebreken aan het linker hart.

XIII.

Terecht meent Virchow, dat het spontaan ophouden der circulatie in de navelstreng aan primaire contractie der art. umbilicales is toe te schrijven.

XIV.

Een ganglion is geen ectasie van de peesscheede of van de membrana synovialis.

XV.

Schweigger's „hypothese" voor de verklaring van strabismus convergens heeft weinig waarde.

XVI.

Het ware wenschelijk, dat men bij het geven van voorschriften ter bereiding van oplossingen, voor geneeskundig gebruik of voor proeven bestemd, steeds uitging van watervrije bases, zuren en zouten.

XVII.

Indien het leven of de gezondheid der moeder door verdere graviditeit bedreigd wordt, is het plicht van den medicus, conceptie te voorkomen.

XVIII.

Het is wenschelijk, dat de Hoogleeraren der philosophische faculteit met die der medische te rade gaan, om aan hun onderwijs voor aanstaande artsen, die richting en uitgebreidheid te geven, welke door de medische studiën worden gevorderd.