

Ueber relativen und absoluten Mangel des Farbensinnes / von E. Raehlmann.

Contributors

Raehlmann, E. 1848-
University College, London. Library Services

Publication/Creation

Berlin : Verlag von S. Karger, 1900.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/rhzssvq5>

Provider

University College London

License and attribution

This material has been provided by UCL Library Services. The original may be consulted at UCL (University College London) where the originals may be consulted.

Conditions of use: it is possible this item is protected by copyright and/or related rights. You are free to use this item in any way that is permitted by the copyright and related rights legislation that applies to your use. For other uses you need to obtain permission from the rights-holder(s).



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

4.

Ueber
relativen und absoluten Mangel
des Farbensinnes

Von

Prof. Dr. E. Raehlmann
in Dorpat.



Berlin 1900.
VERLAG VON S. KARGER.
KARLSTRASSE 15.

SONDER-ABDRUCK

aus der

Zeitschrift für Augenheilkunde, Bd. II.

1652762

Der eigenthümliche Zustand der Gesichtsempfindung, den wir Farbenblindheit nennen, hat bis vor zwei Jahrzehnten fast ausschliesslich nur klinisches Interesse erregt. Erst in neuerer Zeit haben hervorragende Physiologen diesen Gegenstand zu Studien über das Zustandekommen der Farbenempfindung überhaupt herangezogen.

Insbesondere ist die sogen. totale Farbenblindheit der Gegenstand physiologischer Untersuchungen geworden, welche den Zweck verfolgten, die bestehenden Theorien über die Empfindung der Farben an den abnorm functionierenden Augen auf ihre Giltigkeit zu prüfen.

Wer dieser Richtung der Forschung im letzten Jahrzehnt gefolgt ist, dem wird es nicht unbekannt geblieben sein, dass alle bisher untersuchten total farbenblinden Augen ohne Ausnahme mangelhafte Sehschärfe und eine Reihe anderer Störungen zeigten, welche erkennen liessen, dass diese Augen nicht allein abnorm, sondern auch krank waren.

Bei der Untersuchung dieser Fälle sind also zur Entscheidung rein physiologischer Fragen pathologische Zustände verwerthet, welche auf die physiologische Thätigkeit ohne Zweifel zurückwirken konnten, ja, nach Analogie mit anderen, wohl bekannten Krankheitszuständen, zurückwirken mussten.

Es ist daher die genaue Untersuchung eines Falles von totaler Farbenblindheit an sonst völlig gesunden Augen von grosser Wichtigkeit zur Entscheidung der Frage, ob und wie die Resultate des unter den erwähnten Bedingungen angestellten physiologischen Experimentes auch für ein total farbenblindes

Auge, welches abgesehen von seiner Farbenblindheit normal functionirt, ihre Giltigkeit behalten.

In Nachstehendem berichte ich daher zunächst über die totale Farbenblindheit einer hiesigen Dame, der Frau Professor R., welche ihren eigenen Empfindungszustand ungemein scharf beobachtet hat und meinen Untersuchungen bereitwilligst entgegengekommen ist.

Frau Prof. R., 58 Jahre alt, ist von Jugend auf total farbenblind. Ihre Mutter hat die Farben gut unterscheiden können; doch hat ihr Vater sowie eine Tante, die Schwester des Vaters, ebenfalls an Störungen des Farbensinnes gelitten, welche bei vielen Gelegenheiten zum Vorschein gekommen sind, über deren nähere Natur sich aber nichts Sicheres eruiren lässt. Ein Bruder hat einen vorzüglichen Farbensinn, ist Maler von Beruf; seine Gemälde, die auf mehreren Kunstausstellungen der letzten Jahre vertreten waren, verrathen einen vorzüglichen Farbensinn. Eine Schwester sieht die Farben sehr gut; aber deren Sohn unterscheidet die Farben nicht. Frau Prof. R. hat drei Kinder; von ihnen unterscheiden alle die Farben sehr gut, bis auf einen Sohn, welcher dichromat ist. Der Letztere, zur Zeit prakt. Arzt und mein früherer Schüler, sieht das Spectrum am rothen Ende verkürzt, unterscheidet in demselben nur zwei Farben, hat aber eine ungewöhnlich ausgeprägte Fähigkeit, Lichtabstufungen und Helligkeitsunterschiede wahrzunehmen.

Frau Prof. R. selbst fehlt der Begriff und die Vorstellung einer Farbe vollkommen. Sie lässt sich bei der Beschreibung der Natur von dem Sprachgebrauche leiten, wenn sie die Farben der Gegenstände bezeichnen will; dabei kommt ihr das scharfe Unterscheiden auch geringer Helligkeits- und Lichtdifferenzen, also auch die Wahrnehmung der geringsten Schatten ausserordentlich zur Hülfe. Sie ist gewöhnt, z. B. die Blätter der Bäume grün, Kirschen roth oder gelb, eine Citrone gelb zu bezeichnen, ohne indes die Früchte im Laube an ihrer Farbe erkennen zu können. Die Früchte erkennt sie an der Form und am Glanze! Erdbeeren hat sie nie finden können, Heidelbeeren eher, „da sie glänzen.“

Ein farbiges Gemälde erscheint ihr absolut unnatürlich; eine Gemäldegallerie ist ihr eine Absurdität. Am vollkommensten gibt eine Photographie die Natur wieder.

Als Typen für Farben, die gänzlich gleichen Eindruck machen, wird neben den genannten Früchten (Kirschen- resp. Erdbeeren roth und Laub-grün) noch angegeben: Metallgold, Veilchenblau, Citronengelb, nur glänzt das erstere mehr. Tombak (die bekannte Legirung von Kupfer und Zinn), Himmelblau. Die Farbe der Himbeere und Marschal-Niel-Rose. Reine-Claude Pflaume und rothe Eierpflaume, Apfelsine und Vergissmeinnicht (*Myosotis pallustris*). „Ein goldener (Trau-) Ring ist ein dunkler Reif; seine „Farbe“ ist dieselbe wie die eines dunkelpolirten fast schwarzen Tisches. Goldstück, Trauring lassen sich in der

„Farbe“ auch vergleichen mit dem Aussehen einer reifen, „tief-schwarzen Heidelbeere“, nur glänzen sie mehr!

Alle Wollproben gleicher Helligkeit werden verwechselt. Die gelben Proben sind unter den farbigen die dunkelsten. Bei farbigen Papiermustern ist dasselbe der Fall. Unter Stillings¹⁾ Tafeln findet sich eine mit 17 kleinen quadratisch farbigen Feldern, welche in 7 Gruppen abgeteilt sind. Unter ihnen ist für Frau Prof. R. No. 7 links am hellsten (hellroth) dann folgt 4 links und 4 rechts als gleich hell, dann 3 links und 1 links (roth und blau) ebenfalls als gleichhell. Dann folgt 2 rechts und 2 links (gleichdunkel), dann 3 rechts und 5 rechts! am dunkelsten sind die Felder 7 rechts (hellgelb) und 4 mittel (grüngelb). Ich habe Frau Prof. R. wiederholt untersucht, zuerst im Jahre 1886; damals hatte sie normalen Lichtsinn, normales Gesichtsfeld und nach Correction eines Astigmatismus auch normale Sehschärfe. Zur Zeit beträgt die Sehschärfe ohne Brille $\frac{2}{3}$ der normalen, mit einem Cylinderglase wird sie auch jetzt noch normal (vergl. VI).

§ I. Prüfung der Empfindlichkeit gegen spectrales Licht.

Das Spectrum eines Spectralapparates wird durch eine photographische, erleuchtete Zahlenscala in seinen einzelnen Theilen für den Beobachter fixirt resp. bezeichnet. Frau Prof. R. sieht das Spectrum einfarbig. Der Lichtstreifen, den sie an Stelle des Spectrums wahrnimmt, hat verschiedene Helligkeit. Die hellste Stelle liegt in der Mitte nahe der Linie 6 bei E, also an der Stelle, wo das Normalauge tiefes Grün sieht. Eine zweite helle Stelle liegt im Roth; zwischen beiden findet sich eine relativ schmale Strecke, welche bedeutend dunkler erscheint, als der übrige Lichtstreifen. Diese dunkle Stelle entspricht der Region des spectralen Gelb. Der mittelste Theil dieser ganzen Strecke ist der dunkelste des ganzen Spectrums und erscheint als schwarzer Strich. Dieser Strich entspricht der Natriumlinie. Wendet man, ohne die Stellung des Spectralapparates zu ändern, künstliche Beleuchtung an und bringt Kochsalz in die Beleuchtungsflamme, so entsteht dort, wo das Normalauge die helle Natriumlinie sieht, ein tief dunkler Strich.

Mit Hülfe der Scala lässt sich feststellen, dass das Spectrum für Frau Prof. R. an beiden Enden, sowohl dem rothen, als insbesondere dem violetten, verlängert ist.

Controllexperimente, welche meine Assistenten, die Herren D. Göldner, Engelmann, Wihstutz und Rubert, mit der Dame anzustellen die Güte hatten, haben dasselbe Resultat ergeben.

Die Resultate dieser Prüfung sind im hohen Grade überraschend und stehen, was das Verhalten des farbenblinden Auges gegen das spectrale Gelb betrifft, so sehr in Widerspruch mit dem, was man nach den zur Zeit gangbaren Theorien über das

¹⁾ Stilling. Die Prüfung des Farbensinnes, Cassel 1878, erste Lieferung, neue Folge.

Zustandekommen der physiologischen Farbenempfindung, zur Erklärung der absoluten Farbenblindheit erwarten sollte, dass es in hohem Grade wünschenswerth erschien, die Prüfung der Empfindlichkeit des total farbenblinden Auges gegen spectrales Licht zu wiederholen und zwar unter Bedingungen, welche weniger Fehlerquellen enthalten, als die Untersuchung am subjectiven Spectrum des Spectralapparates. Dagegen müsste die Untersuchung an einem objectiven Spectrum von möglichst grosser Lichtdispersion, d. h. einem möglichst lang ausgedehnten Spectrum zuverlässige Resultate geben.

Da die Untersuchungszeit zwischen allen Betheiligten genau im Voraus bestimmt werden musste, wurde vom Sonnenspectrum abgesehen. Herr College Sadowski, Professor der Physik der hiesigen Universität, hatte die Güte, für unsere Zwecke mittelst einer elektrischen Bogen-Lichtquelle von ca. 500 Normalkerzen und einem Fluitglasprisma im Dunkelcabinet des physicalischen Instituts ein objectives Spectrum von ca. $\frac{3}{4}$ Meter Ausdehnung auf einem ausgespannten weissen Papier zu entwerfen. In Folge der starken Dispersion sind die einzelnen Farbenfelder verhältnissmässig breit und da in unserem Falle jede Verschiebung derselben ausgeschlossen war, konnten sie bequem übersehen werden und gestatteten genaue Angaben ihrer Lage.

Frau Prof. R. hat auf dem Papier genau die Stellen durch Striche bezeichnet, welche in ihrer Empfindung durch Helligkeit hervortraten. Das Originalpapier ist dann photographisch verkleinert und findet sich in Fig. 1 abgebildet. Frau R. sieht das

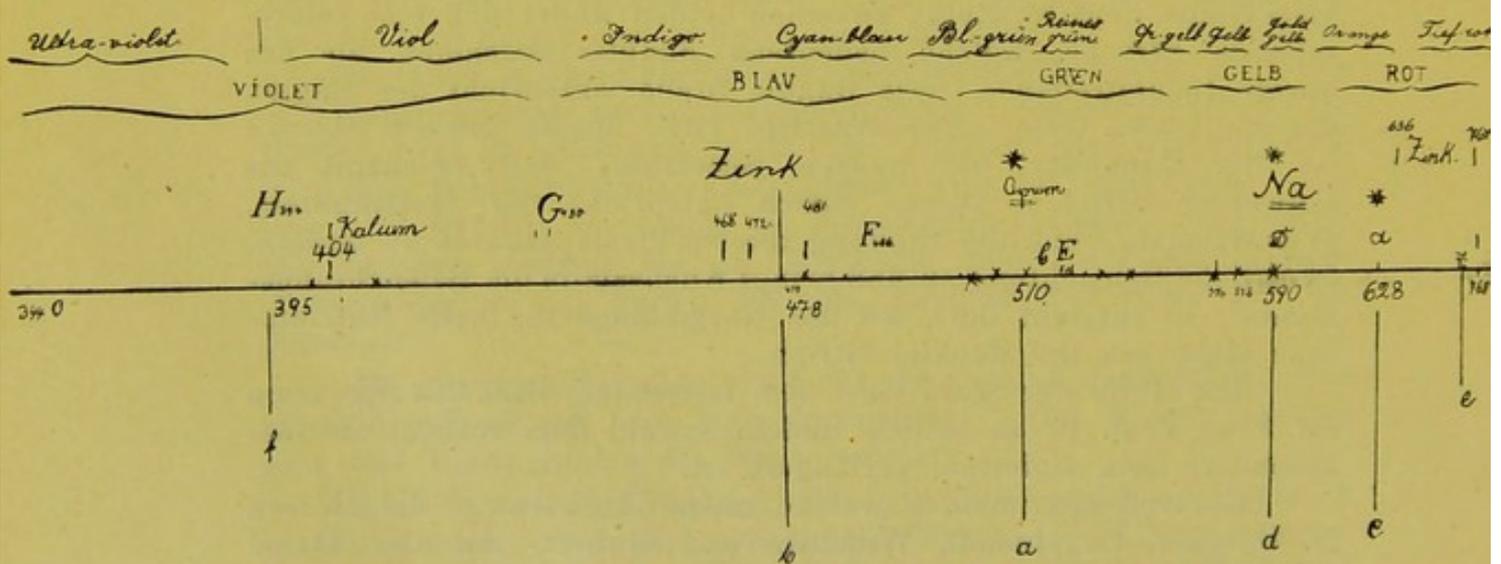


Fig. 1.

ganze Farbenspectrum auch hier als Lichtstreifen, in Letzterem aber verschiedene Helligkeiten. Die weitaus hellste Stelle des ganzen Spectrums liegt im Grün (Fig. 1 bei a) eine minder helle Stelle im Blau bei b und eine dritte helle Stelle bei c im Roth. Die Stellen im Blau bei b, und im Roth bei c sind un-

gefähr gleich hell, die bei b vielleicht etwas heller. Der ganze Complex des Gelb erscheint dunkel und zwar ist die Mitte des spectralen Gelb am dunkelsten nach den Seiten wird der Lichtstreif nach rechts und links, d. h. nach dem Helligkeitsmaximum im Grün und im Roth zu, allmählig heller. Bei Verbrennung von Kochsalz taucht die Natriumlinie als breiter, „schwarzer“ Streif auf, der spectrale Gelbcomplex erscheint dadurch wie ausgehöhlt (in der Mitte tief schattirt) wie eine Grube. Die dunkelste Stelle des ganzen Spectrums liegt also bei d und fällt mit der Linie D zusammen. Meine obengenannten Assistenten, sowie Herr Prof. Sadowski sahen bei diesem Versuch, bei einer geringen Intensität der Farben, d. h. bei Abschwächung der Intensität der Leuchtquelle, bei welcher aber alle Farben noch gut sichtbar sind, die Grenze des langwelligen Spectralendes bei e, die Grenze des violetten bei f der Fig. 1. Frau Prof. R. sieht das Roth und Violett noch erheblich weiter. Das Spectrum ist demnach bei ihr nach beiden Seiten verlängert. Sie sieht einen Theil des Ultraroth und einen noch grösseren des Ultraviolett.

Um die Stellen des Spectrums, welche auf diese Weise in den total farbenblinden Augen der Frau R. als hellere resp. dunklere Stellen markirt sind, ganz genau auf ihre Wellenlänge bestimmen zu können, haben wir die spectroscopischen Linien einiger Metalle, welche den markirten Stellen entsprechen oder wenigstens nahe liegen mussten und deren Wellenlängen bekannt sind, beobachtet, und so bei Benutzung der charakteristischen Linien von Kupfer, Zink und Kalium, sowie der Natriumlinie, sichere Anhaltspunkte gewonnen, um die Wellenlänge der bezeichneten Stellen genau zu bestimmen.

Es zeigte sich nun, dass von den 3 überaus deutlichen Cuprum-Linien im Grün die am meisten nach dem Roth zu liegende genau mit der Marke a zusammenfällt, welche das Maximum der Helligkeit des Spectrums für die total farbenblinden Augen ausdrückt. Diese Stelle entspricht somit einer Wellenlänge von 510 Milliontel eines Millimeters λ 510.

Die übrigen Stellen des Spectrums, auf welche es ankam, sind durch Interpolation bestimmt worden. Von den Zinklinien liegen 3 im Blau bei λ 468, 472 und 481; zwischen den beiden letzteren liegt die Stelle b, welche für Frau R. ein zweites geringeres Helligkeitsmaximum im Blau des Spectrums ausdrückt; sie entspricht einer Wellenlänge von λ 478.

Eine 4. Zinklinie liegt im Roth bei λ 636 sie liegt etwas rechts von dem Helligkeitsmaximum, welches Frau R. im Roth wahrnimmt und welches bei e mit der Wellenlänge λ 628 zusammenfällt.

Die beiden Kaliumlinien begrenzen das Spectrum des Normal-sichtigen sehr gut, die im rothen Ende liegt bei λ 768 für die meisten Augen und bei schwacher Beleuchtung schon etwas im Ultraroth. Bei Frau R. reicht das sichtbare Roth über die K. Linie hinaus bis λ 776.

Das kurzwellige Spectralende ist für unsere Augen, wie erwähnt, bei $f \lambda 395$ beendet. Für Frau R. reicht es weit über diese Marke hinaus bei $\lambda 344$ (etwa der Linie O [nach Helmholtz] entsprechend) wird noch deutlich eine Helligkeit vom übrigen Grunde des Papiers unterschieden.

Bei starkem Licht wird der Unterschied an beiden Spectralenden geringer, da das Spectrum sich auch für den Normalsichtigen etwas ausdehnt, aber auch dann sind für Frau Prof. R. beide Enden noch verlängert; weniger allerdings das langwellige (rothe) Ende.

In Fig. 1 habe ich das Papier, auf welchem die Marken durch vertikal zur Spectralausdehnung gerichtete Striche a—f angebracht sind, wiedergegeben, die Figur stellt die auf photographischem Wege fast 5fach verkleinerte Originaltafel vor; die horizontale Linie entspricht dem Spectrum; auf ihr sind die Wellenlängen der für unsere Betrachtung wichtigen Stellen und ausserdem die Fraunhoferschen Linien, sowie die Hauptlinien der von mir benutzten Metallspectren aufgetragen. Die darüber gesetzten Klammern geben die ungefähren Grenzen der Farben nach Helmholtz wieder.

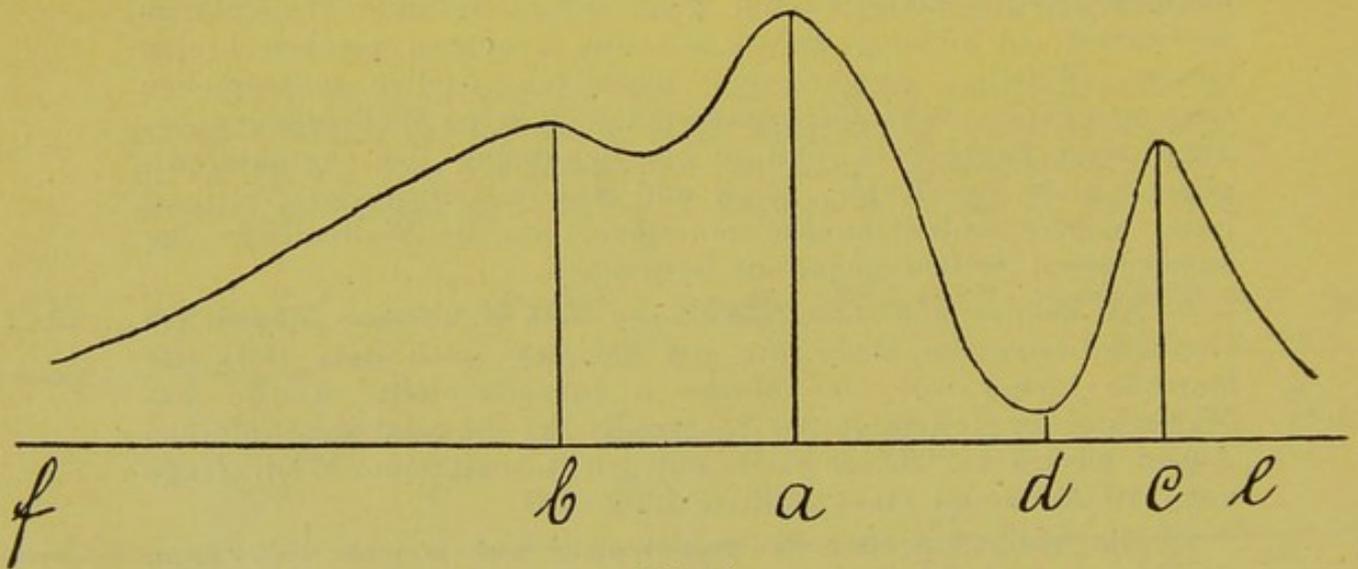


Fig. 2.

In Fig. 2 habe ich durch eine Curve die Empfindlichkeit der farbenblinden Augen gegenüber den verschiedenen Stellen des Spectrums zu veranschaulichen gesucht. Auf der Abscisse sind die Wellenlängen der Marken und der normalen Spectralenden aufgetragen. Die Ordinaten bedeuten das Verhältniss der Lichtstärke der Farben. Da wir kein direktes Maass für die Empfindungsstärke besitzen, musste die Ordinate a, welche für unsere total Farbenblinde der weitaus hellsten Stelle des Spectrums entspricht, ein willkürliches Maass der Höhe gegeben und danach die Höhe der übrigen gemäss den Angaben von Frau Prof. R. und nach Maassgabe von Fig. 1 relativ bemessen werden. Die Form der in Fig. 2 abgebildeten Curve wird demnach die Hellig-

keitwerthe der verschiedenen Theile des Spectrums für das farbenblinde Auge in ihrem Verhältniss zu einander ziemlich gut ausdrücken.

§ II. Lichtsinn und Sehschärfe bei farbiger Beleuchtung.

Bevor wir auf Grund dieser Beobachtungen am Spectrum und den daraus zu ziehenden Schlüssen zu den herrschenden Theorien über Farbenempfindung überhaupt und Farbenblindheit im Besonderen Stellung nehmen können, erscheint es angezeigt, weitere Prüfungen der Farbenempfindung resp. der an letzterer Stelle substituirten Lichtwerthe anzustellen. Von besonderem Interesse ist es, den Lichtsinn, das Gesichtsfeld für weisse und farbige Pigmente zu prüfen, und das sog. Purkinje'sche Phänomen zu berücksichtigen. Meine Assistenten, die Herren Dr. Göldner, Wernke, Engelmann, Wihstutz und Rubert, welche den Experimenten beiwohnten, hatten die Güte, alle einzeln, die nöthigen Controllexperimente auszuführen.

Die Prüfung am Förster'schen Apparat ergiebt für beide Augen der Farbenblinden vollständig normalen Lichtsinn. Nach ausreichender Adaptationszeit (ca. $\frac{1}{4}$ Stunde) werden die Figuren im Hintergrunde des Dunkelkastens bei einer Oeffnung von 1 mm Quadrat schon völlig sicher wahrgenommen.

§ III.

Um die Wirkung farbigen Lichtes auf die Sehschärfe zu prüfen, wurde die Sehschärfe bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung gemessen und ohne Brille zu $\frac{2}{3}$ der Norm, ohne Correction des Astigmatismus (vergl. oben) bestimmt; sodann wurde die Sehschärfe nach Vorhalten farbiger Gläser geprüft mit folgendem Resultat.

Das rothe Glas, von allen benutzten Gläsern das reinste, lässt, am Spectralapparat geprüft, nur rothes Licht durch, demnächst am reinsten ist das blaue Glas, welches überhaupt am stärksten verdunkelt und welches ausser Blau und Violet nur wenig vom übrigen Licht durchlässt, dann folgt das gelbe Glas, welches vorwiegend Gelb aber auch alle übrigen Strahlen, dann das Grüne, welches sehr viel Blau und Gelb mit hindurchlässt.

Mit der rothen sowohl, als mit der grünen Scheibe bleibt die Sehschärfe der Farbenblinden die gleiche: $\frac{2}{3}$ der Norm. Bei mir und den 5 genannten Herren bleibt bei Benutzung derselben Gläser die Sehschärfe ebenfalls normal. Bei Anwendung der blauen Scheibe beträgt bei Frau Prof. R. die Sehschärfe $\frac{1}{5}$, für uns $\frac{2}{7}$ — $\frac{1}{5}$. Unter Wirkung der Blauscheibe ist die Sehschärfe des total farbenblinden Auges demnach höher als bei den Controllaugen, während gegenüber der rothen und grünen Scheibe, keine Abweichung der Function zu constatiren ist.

Die gelbe Scheibe, welche für unsere Normalaugen die hellste ist, erklärt die Farbenblinde für die dunkelste. Wenn dieselbe benutzt wird, sinkt die Sehschärfe für die total Farbenblinde auf weniger als $\frac{1}{10}$, während sie für die Controllaugen normal blieb.

Aus diesen Experimenten geht eine hohe Empfindlichkeit des total farbenblinden Auges für Blau und eine sehr stark herabgesetzte für Gelb hervor; ein Befund, der mit den Resultaten unserer oben berichteten Beobachtung am Spectrum übereinstimmt.

§ IV. Distinctionswinkel für farbige Objecte.

Behufs weiterer Prüfung wurden unter den verschiedenen farbigen Papieren ein rothes und ein blaues Papier so ausgewählt, dass beide den farbenblinden Augen der Frau R. gleich hell erschienen. Aus beiden Papiermustern wurde eine gleich grosse Halbkreisfläche geschnitten: beide wurden auf schwarzem Grunde so an einander geklebt, dass sie eine Kreisfläche von ca. 1 cm Durchmesser ausmachten. Diese runde, aus zwei Farben, roth und blau, bestehende Scheibe, welche der Frau Prof. R. vollständig einförmigen, überall gleich hellen Eindruck machte, erschien unseren Controllaugen ungleich, indem die rechte (blaue) Hälfte bedeutend dunkler war, als die linke (rothe). Letztere erschien uns in leuchtender rother Färbung. — Bei allmählicher Entfernung von der Scheibe verschwand die rechte Seite der Scheibe ausserdem bei einer Entfernung von 6 Meter bei allen Controllversuchen aus den Augen, die linke (rothe) Seite der Scheibe blieb bedeutend länger etwa bis 8 Meter sichtbar. Bei der Farbenblinden wurde die Scheibe noch auf mehr als die doppelte Entfernung als runde Fläche erkannt. Bei diesem Experiment tritt, wie am Spectrum, die Aequivalenz von roth und blau annähernd deutlich in Erscheinung!

Eine gelbe auf matt schwarzem Grunde geklebte Scheibe von 1 cm Durchmesser verliert Frau Prof. R. bei 3 Meter Entfernung schon aus den Augen, während sie dem Controllauge von sämtlichen Papierscheiben am weitesten, nämlich noch jenseits 16 Meter sichtbar bleibt.

Eine rothe und eine grüne Scheibe von bestimmter Leuchtkraft schätzt Frau Prof. R. als annähernd gleich hell. Beide Scheiben werden von ihr noch in 16 Meter Entfernung als vom Grunde unterschieden wahrgenommen. Für mich sowie für Herrn Wihstutz verschwinden die Scheiben in 11 Meter, für Dr. Göldner in etwa 10, für Dr. Engelmann und Wernke in ca. 9 Meter Abstand.

Ich muss aber zur Orientirung des Lesers über die Färbung unserer Papiere bemerken, dass das Roth mehr gelbroth, das Grün mehr grüngelbe Nyance hat (reine Pigmente existiren bekanntlich nicht.) Daher ist für das angeführte Experiment sowohl, als für die folgenden, wo Papiere als Prüfungsobjecte

verwandt werden, zu berücksichtigen, dass die Prüfungsobjecte Roth und Grün gerade von der Farbe Gelb bedeutende Beimischung enthalten! Danach sind auch die folgenden Schwellenwerthe zu beurtheilen.

§ V. Ueber Schwellenwerthe.

Zu einem rothen Papiermuster wählt Frau R. ein blaues (sonst bei unseren Versuchen nicht verwandtes) Papier aus, welches ihr bei schwacher Beleuchtung, bei welcher das Normalauge indess die Farben noch gut unterscheidet, mit dem Roth gleich hell erscheint.

Aus diesen beiden Papieren wird eine runde, rechts blau, links roth gefärbte Scheibe von 1 cm Durchmesser angefertigt und auf schwarzem Grunde an der Hinterwand des Förster'schen Apparates (Lichtsinnmessers) angebracht. Das Bild dieser Scheibe muss sich bei zentraler Fixation innerhalb der macula lutea abbilden¹⁾

Lässt man nun die Beleuchtung von 0 an allmählich wachsen, so taucht bei Frau Prof. R. die eine Halbkreisfläche nicht etwa früher, als die andere in der Erpfindung auf, sondern beide Seiten der Scheibe werden gleichzeitig wahrgenommen.

Die erste Wahrnehmung der (ganzen) Scheibe entsteht bei einer Beleuchtungsstärke gleich $3\frac{1}{2}$ Mm. □ Oeffnung. Bei Herrn Dr. Göldner tritt die Wahrnehmung zuerst für die rothe Hälfte der Scheibe auf und zwar bei einer Oeffnung von $2-2\frac{1}{2}$ □ Mm. Die Wahrnehmung des blauen Theils der Scheibe beginnt erst bei $5\frac{1}{2}$ Mm. Auch bei den übrigen Herren erscheint bei wachsender Beleuchtung zuerst die rothe und viel später d. h. bei viel stärkerem Licht die blaue Hälfte der Scheibe und zwar sieht Herr Dr. Engelmann die rothe Hälfte bei $2\frac{1}{4}$, die blaue bei $3\frac{1}{2}$. Dr. Wihstutz die rothe Hälfte bei 3, die blaue bei $4\frac{1}{2}$.

Aus diesen Versuchen folgt, dass innerhalb der macula lutea rothe und blaue Lichter, welche bei mittlerer Beleuchtung für das absolut farbenblinde Auge gleich hell erscheinen, auch die gleiche Schwelle besitzen.

Um die Schwellenwerthe für die verschiedenen farbigen Papiere, welche wir abgesehen vom letzten Versuche benutzten, im Vergleich mit dem Normalauge, kennen zu lernen, wurden grössere Streifen farbigen Papiers zu unregelmässigen Figuren gruppirt, ebenfalls auf schwarzem Grunde, im Hintergrunde des Kastens angebracht und ebenfalls im Dunkelzimmer nach einer Adaptation von ca. 15 Minuten, sowohl von der farbenblinden Dame, als auch von den Controllpersonen, beobachtet; dabei zeigte sich bei stetig anwachsender Beleuchtung der erste Eindruck der Striche für

¹⁾ Vergl. darüber W. Koster Untersuchungen zur Lehre vom Farbensinn v. Graefes Archiv Bd. 41. 4 p. 10 und 13.

Frau Prof. R.	Dr. Göldner	Wihstutz	Engelmann	Wernke
für Roth bei 10Mm. □	2 ¹ / ₄ Mm.	5 Mm.	4 Mm.	3 ¹ / ₂ Mm.
„ Gelb ∞ „	³ / ₄ „	³ / ₄ „	³ / ₄ „	¹ / ₂ „
„ Grün 6 „	1 „	2 ¹ / ₂ „	1 ¹ / ₄ „	1 „
„ Blau 1 ¹ / ₂ „	2 „	2 „	2 „	2 „

Für die Controllaugen ist demnach im Durchschnitt für Roth eine Oeffnung von 4 Mm., für Gelb eine solche von ³/₄ Mm., für Grün eine von 1¹/₂ Mm., für Blau eine von 2 Mm. erforderlich. Bei der Farbenblinden ist demnach die Schwelle für Roth, d. h. für unser mehr gelbrothes Papier ungefähr 2¹/₂ Mal, für Grün 4 Mal kleiner, als die der Normalaugen; für Blau dagegen ist die Schwelle um die Hälfte grösser, als für die Normalaugen. Für Gelb konnte für die Farbenblinde die Schwelle bei unserer Bestimmungsmethode am Förster'schen Apparat überhaupt nicht gemessen werden, indem auch die grösstmögliche Beleuchtungsintensität nicht ausreichte, das gelbe Muster auf dem schwarzen Grunde sichtbar zu machen.

Dieses Experiment zeigt also, dass bei unserer total Farbenblinden die untere Empfindungsgrenze, d. h. die Empfindlichkeit, für Gelb ungemein herabgesetzt, für Blau aber um die Hälfte erhöht ist,

Dass für Roth und Grün die Schwelle der Farbenblinden gegen die der Normalaugen zurückblieb, erklärt sich daraus, dass wir zur Untersuchung ein Roth und ein Grün benutzten, dem viel Gelb beigemischt ist, dieses Letztere wird der subjectiven Lichtschätzung der Farbenblinden verloren gehen, während es beim Normalfarbensichtigen als stärkste Helligkeit den Lichteindruck erhöht.

§ VI. Sehschärfe bei abnehmender Beleuchtung.

Bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung ist die Sehschärfe der Frau Prof. R. nach Correction einer Hypermetropie von 0,75 D und eines Astigmatismus von + 1,0 Dioptr vollkommen normal. Die Schriftprobe Jäger No. 1 wird sogar über die gewöhnliche Entfernung hinaus bis auf 14 Zoll Abstand fliessend gelesen.

Im Dunkelzimmer bei einer Herabsetzung der Beleuchtung, bei welcher sich die Sehschärfe der Frau Prof. R. bis auf ³/₄ der Norm vermindert hat.

habe ich selbst	S = ⁵ / ₈ und hat
Herr Dr. Göldner	S = ³ / ₅
„ Dr. Engelmann	S = ⁵ / ₈
„ Dr. Wihstutz	S = ⁵ / ₇
Bei weiterer Verdunkelung des Zimmers ist die S für	
Frau R.	S = ¹ / ₂
für mich	S = ³ / ₇
Dr. Göldner	S = ³ / ₇
„ Wihstutz	S = ³ / ₇
„ Engelmann	S = ³ / ₈

Bei noch schwächerer Beleuchtung sinkt die Sehschärfe für Frau R. auf $\frac{1}{4}$
 „ mich „ $\frac{3}{10}$
 „ Dr. Göldner „ $\frac{1}{4}$
 „ Dr. Wihstutz „ $\frac{3}{10}$
 „ Dr. Engelmann „ $\frac{1}{4}$

Bei noch stärkerer Verdunkelung des Zimmers, bei welcher Frau R. noch $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ Sehschärfe zeigt, ist für sämtliche Controllpersonen die Sehschärfe ebenfalls $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$. Bei stärkster Dunkelheit bei welcher die sämtlichen Controllpersonen nur noch schwer sich im Raume zurecht finden und eine Sehschärfe von $\frac{1}{16}$ der Norm zeigen, hat Frau R. noch eine Sehschärfe von $\frac{1}{8}$.

Diese Versuche beweisen, dass das absolut farbenblinde Auge bei mässiger Dunkelheit dem Normalauge überlegen ist.

Bei verhältnissmässig starker Dunkelheit unterscheidet das Normalauge ebenso gut, als das farbenblinde und zwar bei einer Sehschärfe von $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$. Bei den stärksten Graden der Dunkelheit ist das farbenblinde Auge den normalen wieder überlegen.

§ VII. Farbengleichungen.

Wenn das absolut farbenblinde Auge von farbigen Gegenständen nur Lichteindrücke erhält, welche jeder qualitativen Färbung entbehren, so muss jeder Eindruck farbigen Lichtes gleich sein einem bestimmten aus schwarz und weiss gemischten Grau vom selben Helligkeitswerthe. Für Frau Prof. R. liess sich ohne besondere Mühe auf der einen Rotationsscheibe des Farbkreisels aus zwei ineinander geschobenen verstellbaren schwarz und weissen Papierscheiben ein Grau mischen, welches einer einzigen Farbenfläche auf der anderen Rotationsscheibe an Helligkeit gleichförmig war; und zwar ergaben sich die Gleichungen:

$$\begin{aligned} 360 \text{ Roth} &= 247 \text{ Weiss} + 113 \text{ Schwarz} \\ 360 \text{ Gelb} &= 46 \text{ „} + 314 \text{ „} \\ 360 \text{ Grün} &= 247 \text{ „} + 113 \text{ „} \\ 360 \text{ Blau} &= 179 \text{ „} + 181 \text{ „} \end{aligned}$$

Wir sehen wieder die ungemein herabgesetzte Empfindung für gelbes Licht in diesen Gleichungen ausgedrückt und dann eine auffallende Identität der Gleichungen für Grün und Roth. Unter No. IV wurde indess schon hervorgehoben, dass die verwendeten Papiere, roth und grün, gleiche Helligkeit besaßen.

Um nun die so gefundenen Gleichungen mit den Farbeempfindungen des normalen, dunkeladaptirten Auges bei stark herabgesetzter Beleuchtung vergleichen zu können, wurden die obigen Gleichungen in der Mischung des Grau, wie die Augen der Farbenblinden sie verlangt hatten, von neuem zusammengesetzt und im Dunkelzimmer bei einer so herabgesetzten Beleuchtung beobachtet, dass die Farben nicht mehr unterschieden werden konnten.

Allen oben angeführten Controllpersonen erschienen jetzt beide Scheiben bei allen Gleichungen insbesondere bei Gelb, Blau und Roth total ungleich im Lichtwerthe.

Für alle 5 Controllpersonen musste das Grau aus anderen Werthen von Weiss und Schwarz gemischt werden, bis folgende Dunkelgleichungen stimmten:

360 Roth =	26 Weiss	+	334 Schwarz,
360 Gelb =	264 „	+	96 „
360 Grün =	128 „	+	232 „
360 Blau =	52 „	+	308 „

Auf dem Farbenkreisel drückt sich also in den Dunkelgleichungen für das Normalauge ungefähr derselbe relative Lichtwerth aus, wie wir ihn oben unter V an den Schwellenwerthen wirksam gefunden haben. Es hat nämlich in beiden Fällen das Roth den geringsten Lichtwerth, dann folgt Blau, dann Grün und den grössten Lichtwerth hat Gelb.

Bei den Helligleichungen der Farbenblinden ist das Helligkeitsverhältniss ein gänzlich anderes; den gleichen und auch den grössten Helligkeitswerth haben Roth und Blau; dann folgt Grün, und einen ungemein geringen Helligkeitswerth hat Gelb. Daraus lässt sich entnehmen, dass die Helligleichungen des absolut farbenblinden Auges der Frau R. mit den Dunkelgleichungen des Normalauges absolut keine Aehnlichkeit besitzen; und ferner, dass auch für das total farbenblinde Auge die in den Helligleichungen sich ausdrückenden Werthe nicht gleichkommen den Schwellenwerthen. Roth und Grün, die in der Helligleichung gleichen Lichtwerth besitzen, sind an der absoluten Schwelle der Empfindung sehr ungleich. Blau hat die höchste Schwelle, übertrifft Roth und Grün ganz bedeutend, tritt aber, in der Helligleichung mit Grau, gegen Roth und Grün bedeutend zurück.

Es existirt demnach auch für das farbenblinde Auge eine Veränderung der Empfindungsstärke bei Zunahme der Beleuchtung, welche nicht einfach proportional ist der Lichtstärke. Dieses Verhältniss ist auch ausgedrückt unter VI indem die Sehschärfe des total farbenblinden Auges bei dem Werthe von $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ der des Normalauges gleich; bei niederer und höherer Beleuchtung aber grösser ist.

§ VIII. Nachbilder und Contrasterscheinungen.

Die Beobachtung der Nachbilder ergibt folgendes: Wird ein heller Gegenstand, z. B. die Porzellan-glocke einer brennenden Tischlampe, längere Zeit fixirt und unmittelbar darauf der Blick auf eine schwarze Fläche gerichtet, so erscheint ein lebhaft helles Nachbild der Glocke, welches allmählich dunkler wird und sich verliert. Das Nachbild kann während der Dauer des Abklingens umschlagen und abwechselnd dunkler und heller erscheinen. Sehr gut schildert Frau Professor R. das Nachbild der Sonne. Steht letztere höher am Himmel, so ist ihr Nachbild tief dunkel,

wird allmählich heller, wechselweise auch wieder dunkler, bevor es verschwindet. Steht die Sonnenscheibe etwa 20° über dem Horizont (kurz vor Sonnenuntergang) und wird der Blick zuerst auf die Sonne und dann auf einen dunklen Hintergrund, z. B. eine seitlich in einiger Entfernung gelegene Waldpartie gerichtet, welche letztere sich dunkel von dem Abendhimmel abhebt, so ist das Nachbild zunächst blendend weiss; scheinbar heller, als die Sonne; wird nun das Auge geschlossen, so wird das Nachbild der Sonne allmählich dunkler, erreicht dann die ungefähre Helligkeit der direkt gesehenen Sonnenscheibe, wird dann immer dunkler, bis es ganz verschwindet. Bei dieser subjectiven Wahrnehmung wird besonders gegen Ende der Erscheinung häufig ein Wechsel zwischen Heller- und Dunklerwerden des Nachbildes der Sonne beobachtet.

Auch mit farbigen Papieren lässt sich die Erscheinung des successiven Contrastes bei Frau R. hervorrufen; jedoch nur als Hell- und Dunkelunterschied des Nachbildes. Legt man auf einen ausgebreiteten Bogen weissen Papiers ein viereckiges mattschwarzes Papier von etwa 5 cm Seitenfläche und wird dasselbe einige Minuten fixirt und dann plötzlich weggezogen, so sieht das Normalauge an Stelle des schwarzen Papiers eine hellglänzende Fläche, gegen welche der Grund des Papiers deutlich dunkel absticht. Ganz dasselbe ist bei unserer absolut farbenblinden Dame der Fall.

Nach Fixation eines hellgelben Papiers von gleicher Grösse sieht das Normalauge ein blaues Nachbild, welches auch heller ist als der Grund, aber nach meiner Schätzung nur eben merklich heller. Bei Frau R. ist das Nachbild zwar nicht so hell leuchtend, als nach dem Fixiren des schwarzen Papiers, aber doch recht hell und heller als der Grund des weissen Papiers.

Nach dem Fixiren eines blauen, grünen oder rothen Papierstückes bleibt das farbige Nachbild für das Normalauge ebenfalls heller als der Grund und zwar am meisten für Blau, am wenigsten für Roth. Bei Frau R. ist das Nachbild des Blau entschieden dunkler als der Grund, ebenso die Nachbilder von Grün und Roth; doch sind die letzteren viel lichtschwächer und vom Grunde wenig verschieden.

Auf mattem grau-schwarzen Grunde wird ein gelbes Papierquadrat nur mühsam erkannt; erst nach sehr langem Fixiren des gelben Quadrates wird beim Wegziehen desselben ein Nachbild eben wahrgenommen, welches etwas dunkler ist, als der Grund, und „wie glänzend-schwarz“ bezeichnet wird.

Wird ein weisses Quadrat auf schwarzem Grunde fixirt, so entsteht ein Nachbild, welches schwarz ist und sich vom helleren Grunde deutlich abhebt (wie beim Normalauge).

Wird ein schwarzes Quadrat auf gelbem Grunde fixirt, so wird dasselbe nur mit grosser Mühe wahrgenommen, d. h. nur sehr schwer vom gelben Grunde unterschieden. Ein Nachbild ist auch nach längerem Fixiren nicht zu erzielen.

Ein weisses Quadrat auf gelbem Grunde liefert dagegen ein schwarzes Nachbild auf hellerem Grund.

Auf gelbem Grunde ruft daher ein weisses sowohl als auch ein schwarzes Quadrat ganz die gleiche, suc-

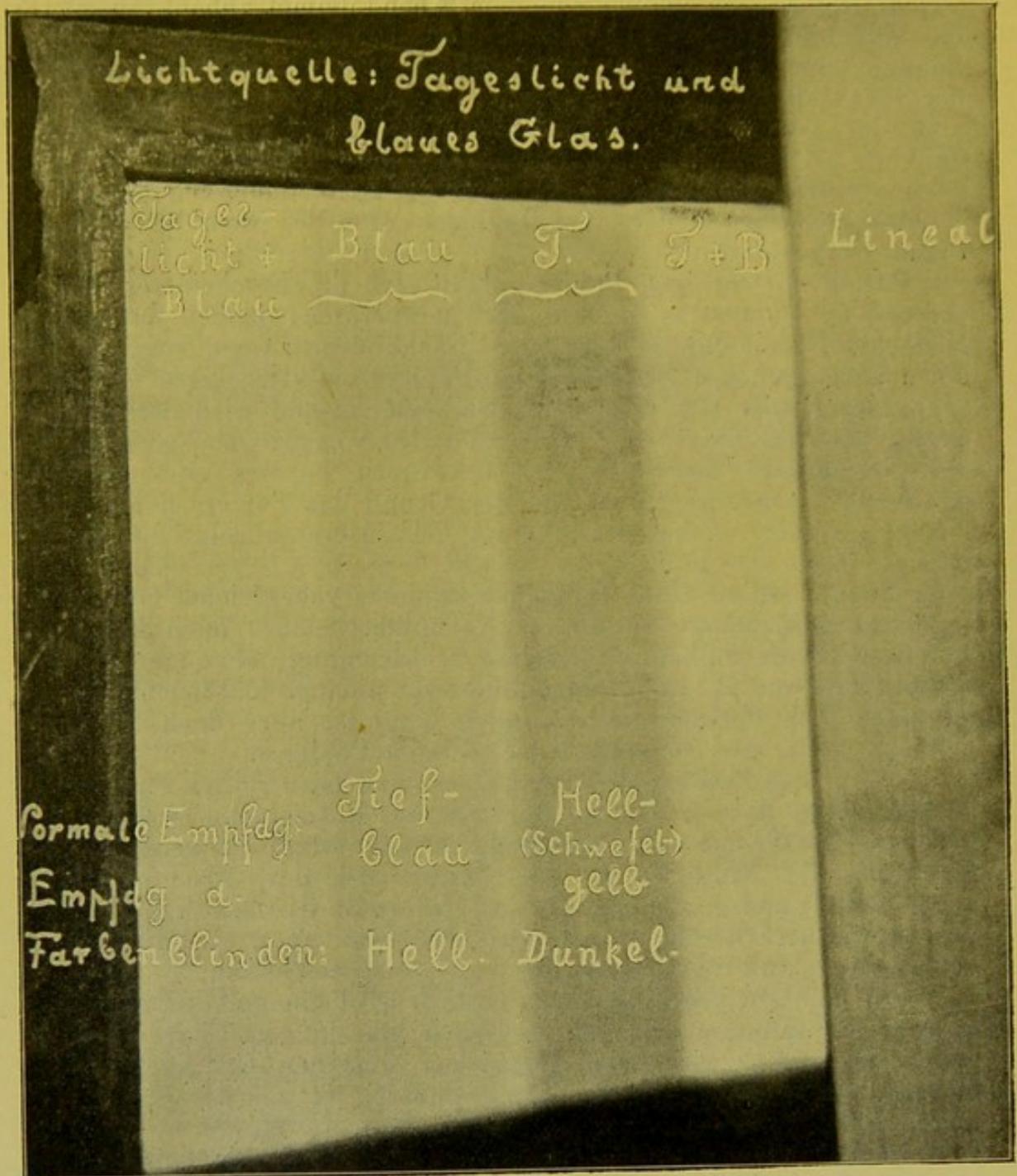


Fig. 3.

cessive Contrastempfindung hervor, wie dieselben Muster sie auf schwarzem Grunde hervorbringen. — Auch aus diesem Versuch ergibt sich die fast absolute Wirkungslosigkeit des gelben Lichtes auf die Netzhaut des absolut farbenblinden Auges.

§ IX. Farbige Schatten.

Sehr interessant ist die Prüfung der total farbenblinden Augen mit farbigen Schatten.

Im Dunkelzimmer befinden sich zwei Oeffnungen im Fensterladen, in ihrer Grösse nach den Erfordernissen der Beleuchtung regulirbar. Durch die eine Oeffnung rechts fällt Tageslicht, vor der andern links können farbiger Gläser angebracht und so die verschiedenen farbigen Schatten hervorgerufen werden.

§ IXa. Vor der Oeffnung links befindet sich ein blaues Glas.

Wird nun ein weisser Schirm in etwa zwei Meter Entfernung vom Fensterladen, in gleicher Höhe mit den Oeffnungen im Fensterladen und in der Mitte zwischen beiden angebracht, und ein etwa 6 cm breites Lineal nahe vor dem Schirm, zwischen ihm und Fensterladen befestigt, (oder gehalten) (vergl. Fig. 3), so entstehen zwei Schatten; der linke Schatten, den das Lineal vom Tageslichte wirft, ist blau beleuchtet, alles andere Licht fehlt an dieser Stelle. Das normale Auge sieht diesen Schatten in der Farbe der Beleuchtung, d. h. tiefblau. Frau Professor R. sieht diesen Schatten als hellen Streifen. Der Schatten rechts ist der Schatten, den das Lineal vom blauen Lichte macht, an der Stelle ist der Schirm also nur vom Tageslicht beleuchtet. Das normale Auge sieht diesen Schatten in der Contrastfarbe zu dem Blau des andern d. h. hell schwefelgelb. Das farbenblinde Auge sieht an seiner Stelle einen dunklen Streifen. Derselbe stellt die dunkelste Partie des ganzen Schirmes vor.

§ IXb.

Wird die blaue Scheibe durch eine gelbe ersetzt, so erscheint der linke Schatten (vergl. Fig. 4) dem Normalauge hellgelb; dem farbenblinden tief dunkel; der Schatten rechts dem Normalauge dunkelblau; dem farbenblinden Auge als heller Streifen.

Da Frau Prof. R. für Gelb eine ungemein stark herabgesetzte Empfindung besitzt; für Blau sich dagegen sehr empfindlich zeigt, (vergl. Abschnitt I und VI); so verhält sich die Netzhaut der Frau Prof. R., was die Empfindungen gegen Gelb und Blau betrifft, ähnlich wie die photographische Platte, welche die Werthe Gelb und Blau ganz im selben Verhältniss der Helligkeit registriert. Mein Assistent, Herr Dr. Wernke, hat nun den Schirm mit den bei blauer und gelber Scheibe erzielten Schatten photographirt. Fig. 3 und 4 stellen die auf der Platte entwickelten Lichtwerthe der (farbigen) Schatten im Verhältniss zum Grunde des Schirmes vor. Der Schirm ist in Fig. 3 beleuchtet: durch Tageslicht und blaues Glas = T + B. In Fig. 4 durch Tageslicht und gelbes Glas T. + geb. Der Schatten links ist in Fig. 4 durch Gelb in Fig. 3 durch Blau beleuchtet. Der Schatten rechts in beiden

Figuren durch Tageslicht. Dieser Schatten rechts (Fig. 3 u. 4 T) erscheint dem Normalauge in der Kontrastfarbe zum andern Schatten: in Fig. 3 hellgelb in Fig. 4 dunkelblau. Dem total farbenblinden Auge (nach seiner absoluten Helligkeit!) entgegen-

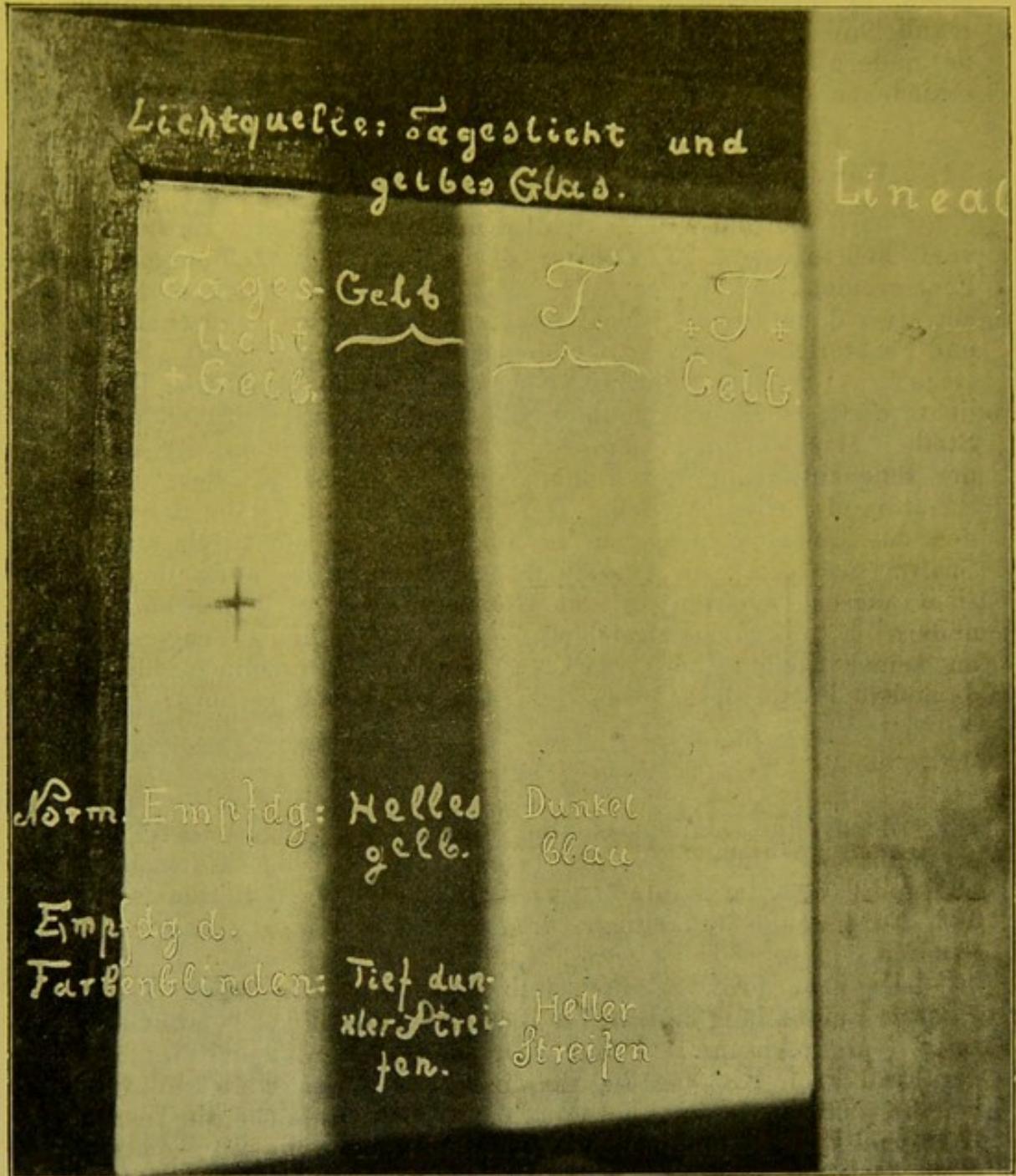


Fig. 4.

gesetzt in Fig. 3 dunkel, in Fig. 4 hell. Während in Fig. 3 der dunkle Streifen T dem farbenblinden Auge tief dunkel vom Grunde des Schirms absticht, ist der helle Streife T in Fig. 4 vom Grunde nur eben merklich verschieden. Wird nun, während Frau Prof. R. bei blauer oder auch bei gelber Scheibe den Streifen

T fixirt, die farbige Lichtquelle, d. h. die Oeffnung sammt dem gefärbten Glase verdeckt, so bemerkt ihr Auge keinen Unterschied in der Helligkeit des Streifens T. Das Resultat dieses Versuches bleibt dasselbe, welche farbige Beleuchtung auch immer verwandt wird. Daraus folgt dass beim absolut farbenblinden Auge ein subjektiver Inductionsvorgang ähnlich, wie er im Normalauge den farbigen (simultanen) Contrast hervorbringt, nicht existirt. Es ist also eine subjektive Steigerung der Helligkeit resp. Verminderung derselben an Ort und Stelle der dem Normalauge farbig erscheinenden Schatten für das total farbenblinde Auge vollkommen ausgeschlossen. Dieses Letztere empfindet demnach, was die Farben Gelb und Blau angeht (vergl. Fig. 1) genau so, wie die photographische Platte, welche auch für gelb nicht oder nur wenig empfindlich ist, stark dagegen für blau.

Dem entsprechend sieht Frau Prof. R. die Vertheilung der Helligkeit auf dem Schirm ganz so, wie Fig. 3 und 4 sie vorstellt. Insbesondere bezeichnet sie bei Anwendung aller farbigen Gläser den Grund des Schirmes ausserhalb des Bereiches der Schatten als am hellsten; die Schatten heben sich auf diesem Grunde als dunkle Streifen ab; aber, bei Anwendung der gelben Scheibe, ist T, der allein vom Tageslicht beleuchtete Schatten rechts, Fig. 4 T.) nur merklich vom Grunde des Schirms (T. + Gelb) verschieden. Bei Anwendung der Blauscheibe hebt sich der entsprechende Schatten stark vom Grunde (T + B) ab (Fig. 3 T). Im ersteren Falle ist das auf dem Grunde des Schirms, neben dem Tageslichte, vorhandene Gelb nahezu unwirksam, im 2. Falle kommt die blaue Beleuchtung zum Tageslichte, stark wirkend hinzu.

Aus demselben Grunde kommt, wegen der entgegengesetzten Wirkung des gelben und blauen Lichtes auf das farbenblinde Auge, der linke Schatten, den das Lineal vom Tageslichte wirft, und dessen Stelle auf dem Schirm nur farbig beleuchtet ist, der Empfindung des Normalauges gegenüber ganz entgegengesetzt, zur Wahrnehmung, das Blau erscheint hell, das Gelb tief dunkel.

Auch giebt Frau R. an, dass der linke Schatten bei Anwendung der Gelbscheibe (Fig. 4 Gelb) bedeutend dunkler ist, als der rechte Schatten bei Anwendung des blauen Glases (Fig. 3 T).

§ X. Sehschärfe und Gesichtsfeld.

Die Prüfungen, welche beschrieben wurden, sind bei Frau Prof. R. gemacht worden, ohne dass der bei ihren Augen vorhandene Astigmatismus corrigirt worden wäre. Die Dame hat ohne Brille, wie oben erwähnt, eine Sehschärfe gleich voll $\frac{2}{3}$ der Norm. Nach Correction des Astigmatismus wurde die Sehschärfe normal. Es wurde Jägers Schriftprobe No. 1 bis auf 14 Zoll Entfernung fließend gelesen, folglich ist nicht nur normale, sondern sogar etwas über normale Sehschärfe vorhanden

Das macht sich nicht allein bei zentraler Fixation, sondern auch bei excentrischer bemerkbar, indem die periphere Sehschärfe bei Frau Prof. R. durchschnittlich dieselbe ist, als beim Controllauge. Es muss hier jedoch besonders hervorgehoben werden, dass auch bei ihr die Sehschärfe der Macula lutea der nächsten Umgebung bedeutend überlegen ist, was sich bei der Messung auch mit den kleinsten Fixirobjecten unzweifelhaft ergibt. Es ist demnach keine Gleichwerthigkeit der nächsten Umgebung der Macula und dieser selbst vorhanden, wie in dem Fall Uhthoff's,¹⁾ noch auch ein plötzliches Abfallen der Sehschärfe vom Centrum in die nächste Peripherie, wie beim Falle von Hippels²⁾ sondern die Sehschärfe verhält sich zwischen Centrum und Peripherie genau so, wie beim Normalauge.

Schneller's Sehprobe No. 15 = 7,5 Mm. wurde z. B. am Förster'schen Perimeter bei wiederholten Versuchen von Dr. Engelmann erkannt: im horizontalen Meridian nach Innen bei 40 nach Aussen bei 50°, von Frau R. entsprechend bei 45 und 60°. Im verticalen Meridian nach oben und unten erwiesen sich die Grenzen ziemlich übereinstimmend.

Bei der Messung des Gesichtsfeldes ergibt sich, dass das weisse und alle farbigen Prüfungsobjecte ebenso weit gesehen werden, als das Normalauge dieselben (wenn auch in anderer Färbung) wahrnimmt; mit Ausnahme des Gelb, für welches nur ein sehr enges Gesichtsfeld besteht.

Für grössere farbige Quadrate von 15 Mm. Seite liegen für roth, gelb, grün und blau die Grenzen beim Normalauge sämmtlich nasalwärts zwischen 50 und 60, temporal zwischen 80 und 90°. Bei unserer total Farbenblinden fallen die Grenzen ebenso fast mit den normalen Gesichtsfeldgrenzen zusammen. Nur das gelbe Quadrat wird trotz seiner Grösse nasal nur bis 25, temporal nur bis 40° mühsam gesehen.

Für kleinere Quadrate von 4 Mm. Seite finden sich folgende Grenzen im horizontalen Durchmesser des Gesichtsfeldes

	für Weiss	temporal	60	nasal	50
	„ Roth	„	45	„	43
	„ Grün	„	47	„	35
	„ Blau	„	48	„	40
	„ Gelb aber	„	25	„	20

Für Gelb ist also das Gesichtsfeld in unseren Falle bedeutend eingeengt, während für die übrigen Farben das Gesichtsfeld nicht vom normalen abweicht.

Der auffallendste Befund bei unserer Untersuchung ist das Verhalten der Empfindung der farbenblinden Augen gegen Gelb. Genau die Stelle des Spectrums, welche vom Normalauge als die Hellste gesehen wird, erscheint der absolut Farbenblinden als die

¹⁾ Uhthoff. Bericht über die 27. Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft Heidelberg 1898, pag. 160.

²⁾ v. Hippel (ebenda pag. 157).

dunkelste. Damit ist ein gerade entgegengesetztes Verhalten des farbenblinden Auges gegenüber dem normalen statuirt, welches schon allein für sich betrachtet, die Empfindungsskala des farbigen Lichtes im Vergleich zum normalen fundamental ändern muss. Dieses Verhalten der Empfindung gegen Gelb ist auch mit keiner der zur Zeit herrschenden Theorien, welche den Empfindungsvorgang, d. h. die subjective Mischung der objectiven Wirkungen der Strahlen verschiedener Wellenlänge, erklären sollen, ohne Erweiterungen in Einklang zu bringen.

Wenn wir von diesen Theorien vorläufig absehen, könnte zunächst die Frage aufgeworfen werden, ob die farbenblinden Augen der Frau Prof. R. vom Spectrum nur eine einheitliche Empfindung erhalten, welche nur quantitative Abstufungen, entsprechend den vermerkten Linien als Maxima und Minima der einfachen Lichtempfindung zulässt. An sich ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die verschiedenen Wellenlängen, welche bei a b und c bestimmte, wenn auch für die beiden letzteren Stellen nur geringe Maxima der Empfindung erzeugen, qualitative Eindrücke hervorrufen könnten. Diese Eindrücke könnten z. B. als verschiedene Saturation ein und derselben, von der farblosen Lichtempfindung verschiedenen, qualitativen Empfindung an verschiedenen Stellen des Spectrums variiren, wofür die Befunde unter § VII z. B. sprechen würden. Wie gesagt, muss der Ausfall der Empfindung Gelb das Farbensystem (wenn ein solches existirt) so umstossen gegenüber dem normalen, dass ein Vergleich der Empfindungen mit den normalen ganz unmöglich ist. Die Angabe der Totalfarbenblinden, dass sie im Spectrum einen Lichtstreifen wahrnehmen, ist doch nur ein rein subjectiver Schluss, der jedes Maassstabes und Vergleiches entbehrt. Die Frage, ob qualitative Verschiedenheiten der Lichteindrücke existiren, welche als systemverschieden von den normalen, mit letzteren nicht vergleichbar sind, und daher nur als Abstufungen der Helligkeit gekennzeichnet werden, stellt freilich ein rein psychologisches Problem vor, welches aber immerhin das Interesse berufener Fachkreise erregen dürfte.

Auch für die relativ Farbenblinden (Rothgrün-Blinden) gilt annähernd dasselbe.

Unter verschiedenen Fällen, welche ich beobachtete, waren die meisten der Meinung, dass sie manche Farben sehr gut unterschieden. Im Spectrum sahen sie trotzdem nur deren zwei.

Indessen sprechen eine Reihe von Beobachtungen dafür, dass an Stelle der Farben des Spectrums nur quantitativ verschiedene Lichtwerthe in den Augen der absolut Farbenblinden den verschiedenen Wellenlängen entsprechen. Zunächst lässt sich wie die bisher ausgeführten Untersuchungen an total Farbenblinden ergeben haben, und wie auch meine Fälle bestätigen, für jede Farbe ein aus schwarz und weiss gemischtes Grau finden, welches dem Farbenblinden den gleichen Eindruck macht.

Dann liefert auch die Farbenblindheit, welche bei bestimmten Krankheiten auf ein Auge beschränkt sein kann, einseitige Eindrücke, welche ihrer Qualität nach mit den Farbeempfindungen des anderen gesunden Auges verglichen werden können.

Die meisten Beobachtungen sprechen dafür, dass in dem Lichtstreifen, den der absolut Farbenblinde an Stelle des Spectrums sieht, nur quantitative verschiedene Licht- und Helligkeitswerthe ohne qualitative Verschiedenheit vorhanden sind. Es zeigt sich aber doch erstens, dass diese Lichtwerthe vom Farbenblinden

viel genauer auf ihren Helligkeitsgrad geschätzt werden, als der Helligkeitswerth der Farben vom Normalauge taxirt werden kann; und zweitens, dass auch die Unterschiedsempfindlichkeit gegenüber verschiedenen Intensitätsgraden der verschiedenen Lichter beim Farbenblinden viel grösser ist, als beim Normalauge. Das führt uns zu der Frage, wie die Lichtempfindung beim total Farbenblinden, ihres qualitativ farbigen Charakters beraubt, sich verhält zur entsprechenden Funktion des Normalauges.

In letzterem setzt sich die Wahrnehmung des Lichtes aus zwei Factoren zusammen, der Licht und der Farbenempfindung. Alles Licht, welches die menschliche Netzhaut erregen kann, gehört jenen Aetherschwingungen an, welche im Spectrum durchschnittlich zwischen A. u. H. λ 760 bis λ 396 gelegen sind. Das farblose Licht enthält dieselben Schwingungen in einem Gemenge, dessen (Mischungs-)Empfindung weiss ist. — In diesem Sinne hat jede Lichtempfindung, auch die Empfindung weiss, neben ihrem Helligkeitswerthe, auch eine farbige Componente.

Kommt im Normalauge die Lichtempfindung durch Wahrnehmung beider, der Licht- und der Farbencomponente, zu Stande, so muss in einem Auge, dem die Farbenempfindung fehlt, ein Defizit der Lichtempfindung vorhanden sein, welches der Lichtvalenz der farbigen Steigerung der Lichtempfindungsintensität des Normalauges entspricht.

Damit nähern wir uns der Frage, ob die Lichtwahrnehmung von der Farbenwahrnehmung im Sinne getrennter Aufnahmeapparate zu scheiden ist, oder nicht. Denn angenommen, es käme die Farbenempfindung durch besondere, die Lichtempfindung durch andere Organtheile zu Stande und wollte man unsere Anomalie durch den Ausfall oder das Nichtvorhandensein der farbenempfindenden Theile erklären, so müsste bei absolut Farbenblinden jenes Defizit hervortreten. Das absolut farbenblinde Auge müsste bei der Prüfung der Wahrnehmung von Helligkeitsunterschieden dem Normalauge gegenüber zurückbleiben und besonders bei der Beurtheilung der höchsten Beleuchtungsgrade müsste der Defekt hervortreten.

In der That ist fast in allen Fällen von absolut Farbenblinden, welche im letzten Jahrzehnt beobachtet worden sind, bei starker Beleuchtung ein mangelhaftes Sehen und ein Blendungsgefühl aufgetreten, welches z. B. im Falle von Hippels¹⁾ so weit ging, dass keine Schrift mehr gelesen werden konnte, wenn dieselbe im Zimmer auf die Fensterbank gelegt wurde. Auch sind in diesen Fällen bei einigermaassen gesteigerter Beleuchtung fast stets Flimmererscheinungen aufgetreten.

In unserem Falle bei Frau Prof. R. ist von alledem nicht die Rede; sie unterscheidet bei heller Beleuchtung ebenso gut, als bei mittlerer. Sie unterscheidet mit erstaunlicher Genauigkeit kleinste Differenzen der Helligkeit.

¹⁾ v. Hippel (Bericht über die 27. Versammlung der ophthalm. Gesellschaft 1898 pag. 150).

Die Helligkeit auch der farbigen Gegenstände ist, abgesehen vom Gelb, bei ihr ebenso stark, wenn nicht stärker, ausgesprochen, als beim Normalauge; für einige Farben (vergleiche No. IV) ist sie dem Normalauge sogar überlegen. Es ist also ein Ausfall in der Empfindungsstärke, wie er dem Fehlen farbenpercipirender Organe oder Organtheile entsprechen müsste, an der oberen Grenze der Empfindung nicht zu beobachten. Wir müssen für unseren Fall absoluter Farbenblindheit wenigstens den Schluss ziehen, dass an der Lichtempfindung den Strahlungen aller Wellenlängen gegenüber nichts fehlt mit alleiniger Ausnahme der Empfindung des gelben Lichtes. Der Defekt, der hier zu Tage tritt, müsste nothwendig eine Herabminderung der Empfindungsstärke für weisses (gemischtes) Licht herbeiführen, da die auf das Normalauge so wirksamen Strahlungen des gelben Lichtes hier nur ganz schwache Wirkung ausüben. Da nun aber trotz dieses Empfindungsdefectes für Gelb, die Helligkeitsempfindung des farbenblinden Auges für andere Farben und für weiss der normalen nicht nachsteht, müssen wir nothgedrungen annehmen, dass dieses Auge für andere Farben desto empfindlicher sein muss, um diesen Defect der Empfindung zu ersetzen. Die Resultate unserer Experimente sind nun mit dieser rein theoretischen Forderung ganz im Einklange; denn wir finden erstens, dass Frau Prof. R. mehr vom Roth (vergl. I), Ultraroth, besonders aber mehr vom Violett sieht, als das Normalauge und dann ergiebt sich auch aus III und IV, dass die Empfindung grünen und rothen, besonders aber des blauen Lichtes grösser ist, als beim Normalauge. Das total farbenblinde Auge verhält sich also nach dieser Vorstellung in Bezug auf den Lichtwerth der ihm zu Gebote stehenden farbigen Eindrücke wie die photographische Bromsilberplatte (vergl. IX), welche, obwohl sie einzelne Farben dunkler wiedergiebt, als das Auge sie sieht, dafür andere stärker verzeichnet und so im Gesamtwerthe der Helligkeit bei der Darstellung der Gegenstände, wenn sie nicht gerade einfarbig gelb oder roth sind, der Natur gegenüber nicht zurückbleibt.

Wir kommen daher zum Schlusse, dass bei dem total farbenblinden Auge für alle optischen Empfindungen, ausser dem Gelb, der Helligkeitwerth jeder farbigen Strahlung ersetzt wird durch eine Steigerung der zugehörigen Lichtempfindung. Wollen wir uns die Eigenthümlichkeiten der Empfindung des total farbenblinden Auges aus der Jung'schen Theorie erklären, so müssen wir uns der neuesten Helmholtz'schen Modification anschliessen und eine Aenderung in der Erregbarkeit der Energien annehmen, durch welche für alle drei Componenten die gleiche Erregbarkeit oder Stimmung für alle Lichtarten gesetzt würde. Dabei würde uns aber ein Verständniss für den Ausfall der Empfindung Gelb (oder richtiger die Unempfindlichkeit des total farbenblinden Auges für gelbes Licht) vorläufig vollständig fehlen.

Allerdings hat Helmholtz¹⁾ neuerdings seine Theorie mit bestimmten photochemischen Prozessen, welchen die neuere Physiologie bei dem Zustandekommen der Farbenempfindungen die Vermittlerrolle zutheilt, in Verbindung gebracht, indem er die verschieden welligen Lichter nicht direkt die Nervenendigungen erregen lässt, sondern indirekt durch Vermittelung bestimmter Zersetzungsprozesse der photochemischen Substanzen. Unter solcher Voraussetzung könnte man allerdings, auch wenn man nur drei Erregungsvorgänge in den Nervenfasern entsprechend der grün, roth und blauen (oder violetten) Empfindung annimmt, den Ausfall der Empfindung gelb durch eine chemische Unwirksamkeit des gelben Lichtes auf die gedachten photochemischen Substanzen erklären, in ähnlicher Weise etwa, wie sie auch bei der photographischen Platte sich geltend macht (vergl. IX).

Eine solche Erklärung der Empfindungsstörung durch die Jung-Helmholtz'sche Theorie in der letzterwähnten Form würde uns erklären, dass der Lichtwerth einer farbigen Strahlung voll erhalten bleiben kann, wenn auch die qualitative Färbung fehlt. E. Hering²⁾ hebt mit Recht hervor, dass man mit einer solchen Auffassung für jeden einzelnen Fall von Farbenblindheit „diejenige Aenderung in der Beschaffenheit der drei photochemischen Substanzen annehmen kann, welche durch die gegebene Art des Farbensinnes eben gefordert erscheint“, das mag vom rein physiologischen Gesichtspunkte auch seine Bedenken haben. Allein für den Kliniker scheint sie mir doch von Vortheil zu sein, gerade weil sie jeden Fall, wenn auch mittelst einer Hilfshypothese, verhältnissmässig einfach zu erklären vermag.

Gegenüber der Helmholtz'schen hat die Hering'sche Theorie zur Zeit wohl die meisten Anhänger. Sie versucht die Wahrnehmung der Farben auf rein photochemische Reactionsprozesse dreierlei Sehsubstanzen, die in der Netzhaut vorhanden sind; zurückzuführen. Sie erklärt die Farbenblindheit durch den Ausfall resp. die Unwirksamkeit einer oder zweier farbiger Substanzen und ist von der Helmholtz'schen Theorie namentlich dadurch unterschieden, dass neben der Roth-Grün und Gelbblaunen Substanz, als Dritte die schwarzweisse vorhanden ist, durch welche letztere Annahme die Empfindung Weiss von der eigentlichen farbigen Empfindung getrennt und zweitens Schwarz als Empfindungsvorgang definirt wird.

Namentlich durch die letztere Annahme hat sie bedeutende Vortheile vor allen anderen Theorien für die Erklärung einzelner Erscheinungen bei totaler Farbenblindheit. Sie liefert z. B. ohne Zwang die Erklärung, warum alle Nachbilder abwechselnd dunkel und hell resp. schwarz und weiss abklingen (VIII), wobei die Schwarz- und Weissempfindung für das total farbenblinde

¹⁾ Helmholtz (Handbuch der physiol. Optik 1896 S. 349 u. 350).

²⁾ E. Hering: Untersuchung eines total Farbenblinden Pfluegers Archiv für Physiologie. Bd. 49 pag. 606.

Auge derartig wechselt, dass der Charakter derselben eine Empfindungsreihe bildet, ganz entsprechend dem farbigen Abklingen der Nachbilder des Normalauges. Dieselbe Annahme einer schwarzweissen Substanz liefert auch für manche Krankheitserscheinung, für welche die anderen Theorien die Erklärung gezwungener geben, oder ganz schuldig bleiben, befriedigenden Aufschluss. So kann sie noch meiner Meinung uns gewisse Störungen des Lichtsinnes bei chorioidealen Affectionen, Hemeralopie etc. viel leichter erklären; namentlich aber besseres Verständniss liefern für jene verbreiteten pathologischen Processe, bei denen die Lichtempfindung, Sehschärfe etc. beträchtlich sinken, die Farbenempfindung gänzlich normal bleiben kann, was schwer verständlich ist, so lange man annimmt, dass Licht und Farbenempfindung an dieselben Vorgänge der Erregung in denselben Endorganen gebunden sind.

Wenn Hering's Theorie der Gegenfarben somit auch sich in manchen Beziehungen zu unseren praktisch ophthalmologischen Fragen der Helmholtz'schen überlegen zeigt, so ist sie gegenüber den genauen Beobachtungen unserer total farbenblinden Dame am Spectrum behufs Erklärung des Ausfalls der Empfindung gegen Gelb genau ebenso hilflos, als die anderen Theorien. Ich vermag mir wenigstens keine Form eines photochemischen Processes in der Gelbblausubstanz zu denken, bei welchem die Blauempfindung, wie namentlich aus III und V auch aus VIII hervorgeht, eine starke Bevorzugung unter den Lichtwerthen, die das Spectrum dem farbenblinden Auge bietet, besitzt, während die Gegenfarbe gelb fast wirkungslos ist. Dieses Missverhältniss fällt um so mehr ins Gewicht, wenn man mit Hering annimmt, dass die Erregungscurve für die verschiedenen Theile des Spectrums identisch sein soll mit der Curve der weissen Valenzen der farbigen Lichter für das Normalauge. Denn die kolossale Herabsetzung des Lichtwerthes für Gelb relativ zu der der übrigen farbigen Lichter insbesondere gegenüber dem Roth, kann mit diesen Annahmen nicht vereint werden. Roth hat nach Hering eine geringere weisse und höhere farbige Valenz als Gelb, und doch ist bei Frau Prof. R. der Helligkeitswerth des spectralen Roth ein sehr beträchtlicher für λ 628 fast so gross, als für λ 478 blau während Gelb fast nicht gesehen wird*).

Ich vermag meine Befunde am total farbenblinden Auge mit der Hering'schen Theorie nur in Einklang zu bringen, wenn ich nicht allein eine Unwirksamkeit resp. ein Fehlen der farbigen Sehsubstanzen, sondern neben derselben auch eine Alteration der schwarzweissen Substanz annehme. Ich weiss nicht, wie sehr ich vom rein physiologischen Gesichtspunkte der Theorie Gewalt anthue, wenn ich annehme, dass, wie eine Aenderung der roth-

*) Anmerkung: Auch in dem von Pflüger (jüngst berichteten Falle von absoluter Farbenblindheit wurde Gelb, weniger hell gesehen als Roth: E. Pflüger: Bericht über d. 27. Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft, Heidelberg. 1899, pag. 182.

grünen resp. blaugelben S Substanz den verschiedenen Zuständen von Anomalien der Farbenempfindung entspricht, auch eine Aenderung in der Beschaffenheit der weiss-schwarzen Substanz gegeben sein kann, durch welche die Weissvalenzen der verschiedenen Lichter verändert werden können. Dass eine solche Aenderung der weiss-schwarzen Substanz ohne Alteration der farbigen möglich sein muss, wenn man durch die Theorie Hering's die Zustände von Hemeralopie, überhaupt die Störungen des Lichtsinnes erklären will, kann dem Praktiker nicht zweifelhaft sein. Wenn also eine Aenderung dieser Substanz für sich allein möglich ist; warum soll eine solche Veränderung nicht auch gleichmässig mit der Aenderung der anderen Sehsubstanzen eintreten können?

Wie aus IV, V und aus II hervorgeht, ist ein Defect in der Lichtempfindung auch für farbige Strahlungen (abgesehen vom Gelb) bei unserer total Farbenblinden nicht vorhanden. Folglich muss der Ausfall des Helligkeitswerthes, den die farbige Valenz der Strahlung nach Hering besitzt, ersetzt sein durch eine Vermehrung des Lichtwerthes, den die schwarz-weiße Substanz liefert; oder bei gleich bleibender Erregbarkeit der schwarz-weißen Substanz müsste man eine Vermehrung derselben annehmen, welche dem Defect der farbigen Substanzen im Helligkeitswerthe gleichkäme. Auch bei den gewöhnlichen Dichromaten mit stark verkürztem, langwelligen Ende des Spectrums ist nach Hering schwer verständlich, wie die Empfindung des rothen Lichtes ganz oder fast ganz fehlen kann, während für die Gegenfarbe grün eine hohe Empfindlichkeit vorhanden ist.

Wie aus VII hervorgeht, stimmen auch die Helligleichungen bei Frau Prof. R. mit den Dunkelgleichungen des Normalauges absolut nicht überein, was nach Hering der Fall sein müsste und bei seinem farbenblinden Musiker und bei den Fällen von Pflüger und Uthoff auch der Fall gewesen ist.

§ XI. Die absolute und die spezifische Schwelle für farbiges Licht.

Die Bestimmung, wann ein farbiger Lichtreiz, von 0 anwachsend, zuerst Empfindung erregt, die absolute Schwelle für farbiges Licht, habe ich vor Hering u. Hillebrand¹⁾ (von Graefe's Archiv für Ophthalmologie, Bd. XXII) an Dichromaten und auch an total Farbenblinden bestimmt und bei weiteren Untersuchungen (von Graefe's Archiv, Bd. XXI) an Kranken mit Sehnerventrophie nachweisen können, dass die untere (absolute) Schwelle für farbiges (Spectral) Licht bei Fortschreiten der Erkrankung, wenn das normale Farbensystem dichromatisch wird, und wenn das dichromatische System in die absolute Farbenblindheit übergeht, für verschiedene Farben sehr ungleichmässig abnimmt, resp.

¹⁾ Hillebrand: Ueber die spezifische Helligkeit der Farben, Sitzungsberichte der Wiener Academie, Bd. 98, III, 1889.

sich ändert. Diese Befunde sind mit dem Intactbleiben der Weiss-schwarzsubstanz kaum in Einklang zu bringen. Diesen Resultaten der Untersuchung gegenüber lässt sich allerdings einwenden, dass die Messung der absoluten Schwelle sehr schwierig ist und dass durch Ungenauigkeit in der Adaptation etc., durch Ermüdungserscheinungen etc., viele Fehlerquellen geschaffen werden. Aber die Einwände treffen alle Beobachtungen gleicher Art, welche an subjective Schätzung minimalster Sinneseindrücke gebunden sind.

Dieselben Fehlerquellen sind auch, wenn auch in etwas geringerem Grade, vorhanden, wenn die höhere specifische Schwelle bestimmt wird. Aus der unter meiner Leitung gearbeiteten Dissertation von Butz¹⁾ geht pag. 98 u. f. hervor, dass die Empfindlichkeitscurve entsprechend der specifischen Schwelle nicht conform ist derjenigen, für die absolute.

Wenn wir die farbige Strahlung einer bestimmten Wellenlänge des Spectrums der Intensität nach von 0 anwachsen lassen, und photometrisch nach sorgfältigster Adaptation erst die absolute und dann die specifische Schwelle für die Hauptfarben des Spectrums durch eine grosse Reihe von Einzelbeobachtungen bestimmen²⁾, so erhält man auch für die untere absolute Schwelle ziemlich verlässliche Anhaltspunkte. Man kann also für jede Farbe vom Beginn des ersten Eindrucks (Lichteindrucks) bis zum Auftauchen der ersten Färbung desselben, den Zuwachs der Lichtintensität genau messen und berechnen, welche zu dem ersten Lichteindruck hinzukommen muss, um die erste farbige Empfindung auszulösen. Die auf diese Weise gefundene Lichtintensität ist die farblose Lichtcomponente der farbigen Strahlung, welche Hering ihre weisse Valenz nennt, und lässt sich zahlenmässig für jede Lichtart ausdrücken.

Setzt man nämlich diejenige Lichtintensität, welche zuerst eine Helligkeitsempfindung erzeugt (den absoluten Schwellenwerth) = 1, so bilden die specifischen Schwellenwerthe, d. h. die Lichtintensität, welche zuerst eine farbige Empfindung auslöst, ein Vielfaches der ersten; Es ergab sich aus den oben citirten Beobachtungen von Butz³⁾ dass die specifische Schwelle über der absoluten für Roth 6 Mal höher liegt, für Grün aber 19 und für Gelb 21 Mal.

Für Roth liegen demnach die beiden Schwellen, die absolute und die specifische, nahe bei einander; der farblose erste Eindruck geht bei Steigerung der Helligkeit bald in den farbigen über, für Grün dagegen sind die Schwellen weiter von einander entfernt und der erste farblose Eindruck kann lange der Intensität nach gesteigert werden, bevor die farbige Empfindung eintritt. Diese Zahlenwerthe entsprechen also dem, was Hering später die weisse Valenz des farbigen Lichtes genannt hat und haben

¹⁾ Butz: „Untersuchungen über die physiol. Functionen der Peripherie der Netzhaut. Inaugural-Abhandlung. Dorpat, 1883“.

²⁾ Anmerkung. Vgl. darüber Butz l. c. pag. 103 u. f.

³⁾ Butz l. c. p. 99. u. ff.

daher, obwohl sie im Jahre 83, also vor 15 Jahren angestellt worden sind, erneutes Interesse gewonnen. Die Werthe stimmen mit der von Hering¹⁾ auf anderem Wege gewonnenen Daten darin überein; dass beim Normalauge dem Gelb und Grün die grösste und dem Roth die geringste weisse Valenz zukommt.

Es müsste daher dem total farbenblinden Auge spectrales Gelb verhältnissmässig sehr hell erscheinen, jedenfalls viel heller, als spectrales Roth. Bei unserer farbenblinden Dame ist gerade das Entgegengesetzte der Fall.

Wir haben oben, pag. 36, gesehen, dass auch für Hering's Theorie eine Hilfhypothese nothwendig ist, wenn man die mit den Normalaugen gleiche, für einzelne Lichter sogar höhere Empfindlichkeit des total farbenblinden Auges gegenüber den verschiedenen Wellenlängen des Lichtes erklären will.

Dieser Schwierigkeit entgeht man, wenn man mit v. Kries²⁾ und Parinaud³⁾ annimmt, dass im Normalauge die Farbenempfindung ausschliesslich durch die Zapfen der Netzhaut, die Lichtempfindung durch die Stäbchen, zum Theil auch durch die Zapfen bedingt ist.

v. Kries hat zur Stütze seiner Theorie (l. c.) eine Reihe von Thatsachen beigebracht, welche entgegengesetzte Meinungen Anderer, wie mir scheint, glücklich widerlegen, auf welche aber hier nicht eingegangen werden kann.

Die Hauptstütze seiner Theorie liegt darin, dass sie auf anatomischen Grundlagen gegründet ist, deren Existenz keines Beweises bedarf; nämlich auf der morphologischen Verschiedenheit bestimmter Netzhautorgantheile, der Stäbchen und Zapfen, welche durch die Theorie eine bestimmte Rolle zugetheilt erhalten, während die seitherige physiologische Anschauung mit ihnen nicht viel anzufangen wusste.

Die Annahme, dass die Licht- und Farbenempfindung getrennt von einander an verschiedene Organe gebunden ist, erleichtert die Erklärung für die Störungen des Lichtsinnes, welche ohne Alteration der Farbenempfindung verlaufen. In dieser Beziehung ist für die Theorie von Kries alles das an Argumenten anzuführen, was oben zur Begründung der Berechtigung einer eigenen schwarz-weissen Sehsubstanz im Hering'schen Sinne angeführt wurde.

§ 11a. Die Reizschwellen in der Peripherie der Netzhaut.

Insbesondere ist für die Ansicht von v. Kries anzuführen, dass durch sie, wie mir scheint, das Verhalten der Netzhautperipherie gegenüber Licht- und Farbenempfindungen unter allen

¹⁾ Hering l. c. pag. 571 u. f.

²⁾ v. Kries, Ueber die Function der Netzhautstäbchen. (Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, Bd. IX, p. 81, und v. Graefe's Archiv für Ophth., Bd. 42 III, p. 95 u. f.)

³⁾ Parinaud, La sensibilité de l'oeil aux couleurs spectrales: fonctions des éléments rétinien et du pourpre visuel. (Annales d'oculistique. CXII, 1894.)

Theorien am besten und einfachsten erklärt wird: namentlich die höhere Empfindlichkeit der Netzhautperipherie für Licht. Die höhere Empfindlichkeit der Netzhautperipherie, insbesondere für kurzwelliges Licht, ist zuerst von mir ¹⁾ im Jahre 1873 nachgewiesen und später von Schadow ²⁾, der unter meiner Leitung arbeitete, auch für gemischtes weisses Licht bestätigt worden. Bei meinen ersten Untersuchungen handelt es sich jedoch um die Bestimmung der unteren absoluten Schwelle, welche bis 36° seitlich von der Visirlinie für alle Farben höher liegt, als im Centrum. In der vorerwähnten Arbeit von Butz aus dem Jahre 1883 ist dann im Vergleich mit diesen absoluten Werthen die spezifische Schwelle bestimmt (vergl. § 10), und es zeigt sich, dass diese in der Peripherie für alle farbigen Lichter beträchtlich niedriger ist, als im Centrum, indem sich z. B. für Roth die spezifische Empfindlichkeit S zu der in 30° Abweichung von der Visirlinie verhält wie $\frac{S}{S\ 30^\circ}$ zu $\frac{1}{5,40}$, demgemäss ist die Farbenempfindung für spectrales Roth peripher bei 30° etwa 5½mal und bei 60° 16mal kleiner, als diejenige des Centrums. Für Grün beträgt sie bei 30° etwas mehr als ¼ von der des Centrums.

Nach denselben sehr genauen Messungen ist die Empfindung für spectrales Gelb in der Peripherie am grössten; sie beträgt bei 30° noch mehr als ½, bei 60° noch mehr als ⅓, genau 0,416 von der Empfindung des Centrums.

Die Abnahme der Empfindungsenergie für die spezifischen Eindrücke erklärt sich nach v. Kries' Hypothese ungezwungen aus der Abnahme der Anzahl der Zapfen, und die hierzu in bestimmtem Gegensatze stehende Ueberempfindlichkeit gegen farbloses Licht überhaupt ist mit der Hypothese über die Function der Stäbchen ebenso leicht in Einklang zu bringen. Auch finde ich nicht, dass, wie Koster angiebt, die an sich richtige Beobachtung, nach welcher die höhere Empfindlichkeit für farbloses Licht sehr nahe am Fixirpunkt beginnt, gegen die Theorie zu verwerthen ist; denn mit demselben Recht lässt sich aus dem Verhalten der Sehschärfe das Gegentheil beweisen.

Die Sehschärfe wird nämlich für kleine Gesichtsobjecte auch unmittelbar ausserhalb des Fixationspunktes, unter Umständen, wo das Bild des Objectes noch entschieden innerhalb der Macula lut. liegen muss, so ganz unverhältnissmässig schlechter, dass man entweder eine Ungleichwerthigkeit der Foveazapfen annehmen muss oder aber mit den Argumenten Koster's für die Auffassung v. Kries' die Annahme machen müsste, es seien in den peripheren Theilen der Forea viel mehr Stäbchen vorhanden, als sie nach Koster's Messungen wirklich vorhanden sind.

¹⁾ E. Raehlmanns, Ueber Schwellenwerthe der verschiedenen Spectralfarben an verschiedenen Stellen der Netzhaut. (v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie. Bd. 20. p. 446.)

²⁾ Schadow, Pflueger's Archiv für Physiologie. Bd. XIX. p. 446.

Es ist von verschiedenen Autoren auf die Aehnlichkeit der Function des total farbenblinden Auges mit jener der normalen Netzhautperipherie hingewiesen worden. Aus § 10 u. 11 ergibt sich, dass in der normalen Netzhautperipherie die Empfindung Gelb überall prävalirt; dass sie z. B. für 60° peripherer Abweichung von der Visirlinie noch fast $\frac{1}{2}$ der Centralen ist, während die Empfindung Roth an derselben peripheren Stelle 16mal kleiner ist, als im Centrum; d. h. mit anderen Worten: dieselbe Lichtquantität, welche im Centrum die erste Empfindung Roth auslöst, muss bei 60° um das 16fache gesteigert werden, um aus der farblosen Empfindung in die farbige überzugehen. Bei Gelb ist dagegen, um denselben Effect zu erzielen, nur eine etwas mehr als doppelte Steigerung der Lichtintensität erforderlich.

Bei unserer Farbenblinden ist, wie aus allem Mitgetheilten hervorgeht, in dieser Beziehung die Function des Auges absolut nicht mit der Function der normalen Netzhautperipherie zu vergleichen.

Die absolute oder untere Reizschwelle ist schwer zu messen. Ihre Bestimmung unterliegt, wie bereits oben erwähnt, vielen Fehlerquellen.

Ihre Grösse hängt nicht allein von der richtigen resp. absoluten Adaptationszeit ab, sondern, als subjective Schätzungsmethode, auch von individueller Disposition etc.; sie wird ausserdem vom sog. Eigenlicht der Netzhaut sehr beeinflusst. Auch schien mir die untere Schwelle bei ein und demselben untersuchten Individuum zu verschiedenen Zeiten trotz guter Adaptation nicht unerheblich zu schwanken, so dass die Bestimmungen der unteren Schwelle nur dann einwandfreie Resultate geben, wenn sie sehr zahlreich am selben Individuum und unter möglichst gleichen äusseren und inneren Bedingungen vorgenommen werden. Die oben erwähnten Untersuchungen von Butz sind während längerer Zeit täglich zur selben Zeit ausgeführt und so zahlreich gemacht worden, dass sie in dieser Beziehung den grössten Anforderungen genügen. Sie zeigen, wie aus § 11 hervorgeht, dass alle farbigen Lichter auch in der *Forea centralis* eine farblose (Licht-) Schwelle haben, welche namentlich für Grün und Gelb ausgesprochen ist. Es treten also auch central die einzelnen homogenen Lichter bei steigender Intensität nicht gleichfarbig über die Schwelle, wie es nach v. Kries' Theorie strenggenommen der Fall sein müsste; aber die untere farblose Empfindung ist für die einzelnen farbigen Lichter in der Peripherie so erheblich viel grösser, als im Centrum, dass ich mir, auch wenn ich mich der Meinung E. Fick's über die Alteration der Maculazapfen nicht anschliessen wollte, dieses Verhalten nach v. Kries viel besser, als nach den anderen Theorien durch die Verminderung der Zapfen und relative Vermehrung der Stäbchen zu erklären vermag.

Aus § 5 geht aber hervor, dass für das Auge unserer total farbenblinden Dame das sog. Purkinje'sche Phänomen nicht existirt. Zwei farbige Pigmente, roth und blau, die bei heller Beleuchtung gleich hell erscheinen, treten gleichzeitig über

die Schwelle, d. h. dieselbe geringste Beleuchtung reicht aus, um beide Pigmente zu gleicher Zeit wahrzunehmen.

König¹⁾ hat die Theorie aufgestellt, dass die Zersetzungen des Sehpurpurs die Farbenempfindungen bedingen, indem die Zersetzung des Sehroth in Sehgelb nur Helligkeitsempfindung bewirkt und die weitere Zersetzung des Sehgelb die Empfindung Blau hervorbringt. Hering²⁾ hat gegen diese Meinung eine Reihe von Gegenargumenten angeführt. Hier sei mit Bezug auf unseren Fall nur auf die Untersuchungen im § 5 verwiesen, aus welchen hervorgeht, dass das Netzhautcentrum alle Farben, unter ihnen Blau, vollkommen unterscheidet. Dass die Macula lutea für keine Farbe blind ist, lässt sich auch aus den klinischen Beobachtungen jener Krankheitsfälle (Retinitis pigmentosa etc.) entnehmen, bei welchen nur ein minimalstes centrales Gesichtsfeld übrig bleibt, in welchem aber alle Farben richtig erkannt werden.

Ich habe hierher gehörende Fälle gesehen, bei denen das erhaltene centrale Gesichtsfeld, in welchem bei $\frac{1}{2}$ der normalen Sehschärfe alle Farben erkannt wurden, am Förster'schen Perimeter nur $2\frac{1}{2}^{\circ}$ maass, der noch functionirende Maculatheil, also sicher nicht grösser als die Fovea centralis sein konnte.

Wenn solche klinischen Fälle auch gegen die König'sche Auffassung sprechen, so lassen sie sich dagegen für die Auffassung von Kries über die lichtempfindende Function der Stäbchen sehr wohl verwenden, da in solchen Fällen ausnahmslos bei intacter Macula und normaler Farbenempfindung eine höchstgradige Störung des Lichtsinnes vorhanden ist.

Gegen die Auffassung Königs spricht auch der Fall beiderseitigen hemianoptischen Gesichtsfelddefectes, den jüngst Laqueur³⁾ beschrieben hat. Das erhaltene Feld hatte eine relativ gute Sehschärfe von $\frac{2}{5}$, mit welcher die feinsten Sehproben, Buchstaben von Jaegers Schriftprobe No. 1, richtig erkannt wurden und maass am Förster'schen Perimeter in vertikaler Richtung keine 2° , im horizontalen Durchmesser jedoch nur 1° . In diesem Gesichtsfelde, welches doch kleiner ist, als das Feld der Macula lutea, hatte der Patient normalen Farbensinn.

Eine Art Mittelstellung zwischen den Theorien von Helmholtz resp. von Kries und Hering nimmt die Ansicht von Ebbinghaus⁴⁾ ein. Nach ihr ist die Gelbblauempfindung ge-

¹⁾ König, Ueber den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung für das Sehen. Von Prof. Dr. Arthur König. (Sitzungsbericht der Königl. Preuss. Akad. der Wissenschaften zu Berlin. Bd. XXX. 1894.)

²⁾ Hering, Ueber die angebliche Blaublindheit der Fovea centralis. (Pflueger's Archiv für Physiologie. Bd. 59. 1894.)

³⁾ Laqueur: (Ueber einen Fall von doppelseitiger homogener Hemianopsie mit Erhaltung eines minimalen centralen Gesichtsfeldes mit Sektionsbefund. Bericht über die 27. Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft, Heidelberg 1898).

⁴⁾ H. Ebbinghaus: Theorie des Farbensehens. Zeitschrift f. Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, Bd. V, p. 145.

knüpft an photochemische Vorgänge im Sehpurpur resp. dem Sehgelb, welches sowohl in den Stäbchen, als auch in den Zapfen der Netzhaut vorhanden ist. Die rothgrüne Empfindung dagegen ist an eine hypothetische Sehs substanz von grüner Farbe geknüpft, welche nur in den Zapfen vorhanden ist, in den Stäbchen fehlt. Eine solche Substanz fände ihr Analogon im Vorkommen grün gefärbter Stäbchenkugeln bei gewissen Thieren (Frosch). Diese Theorie ist die einzige, welche für die auffallende Thatsache eine Erklärung liefern könnte, dass wir den Sehpurpur überall in der Peripherie des Augengrundes, nur nicht in der Macula lutea, der Stelle gerade des deutlichsten Sehens finden, das heisst sehen können. Sie sucht nämlich das Fehlen des Sehpurpurs in der Macula lutea dadurch zu erklären, dass die beiden Substanzen, der Sehpurpur und das Sehgrün in den Zapfen der Macula als complementäre Farben wirksam sind, und daher gemischt weiss geben müssen.

Die Theorie ist ferner, wie ich finde, glücklich im Einklange mit der Farbenperception in der normalen Netzhautperipherie, wo nach § 11 unserer Untersuchungsreihen Gelb und Blau prävaliren, Roth und Grün aber stark zurücktreten.

Die verschiedenen Formen partieller Farbenblindheit erklärt Ebbinghaus durch das Ausfallen der chromatischen Wirkung der einen oder anderen Substanz; die totale, durch das Ausfallen beider chromatischen Substanzen. Dabei macht Ebbinghaus ¹⁾ für die erworbene Farbenblindheit den Zusatz, dass die von den chromatischen Substanzen ausgehende „specifische Tönung“ der Erregung „irgendwo auf dem Wege zum Gehirn durch einen pathologischen Process eine Störung erleidet und wieder verloren geht“. Mit dieser Hilfshypothese hat Ebbinghaus, wie mir scheint, die Erscheinungen des Farbenscotoms bei retrobulbärer Neuritis, die Farbensinnstörungen bei Sehnervenatrophie etc., unserem Verständnisse zugänglich gemacht.

Bei unserer farbenblinden Dame lässt sich aber der Ausfall der Empfindung gelb, auch mit Hilfe der Theorie von Ebbinghaus nicht erklären; da auch nach ihm die im Sehpurpur ablaufenden photochemischen Vorgänge, entsprechend den Gegenfarben Herings, die Empfindung gelb und blau vermittelt, ist nicht zu verstehen, warum die Wahrnehmung für gelb fehlt, die für blau hochentwickelt sein kann.

Vergleichen wir jetzt unseren Fall von absoluter Farbenblindheit mit den in der Litteratur bisher bekannt gewordenen Fällen derselben Anomalie, so zeigt er sich in so wesentlichen Punkten von allen bisher berichteten verschieden, dass wir ihn für eigenartig, für einen besonderen Typus der Anomalie halten müssen.

Alle bisher berichteten Fälle betrafen kranke Augen! Bei allen war die Sehschärfe und zwar in hohem Grade defekt. In allen Fällen war bei höheren Graden der Beleuchtung Blendung

¹⁾ Ebbinghaus (l. c. p. 214.)

vorhanden! Alle sahen daher bei schwacher Beleuchtung besser, als bei vollem Licht.

Hering's Patient hatte noch die relativ beste Sehschärfe $S = \frac{1}{4}$, bei grosser Helligkeit tritt Flimmern und Verschwimmen der Sehobjecte ein. Bei den von König untersuchten Farbenblinden, sowie bei Uthoffs Patienten betrug die Sehschärfe nur $\frac{1}{6}$ der Norm. Schon gewöhnliches Tageslicht veranlasste ein unangenehmes Blendungsgefühl.

Für den Patienten v. Hippels ¹⁾ ist kein direktes Maass der Sehschärfe angegeben, doch muss derselbe sehr sehschwach gewesen sein, da bei günstiger Beleuchtung Jäger 3 nur in 8 cm Abstand gelesen wurde und bei heller Beleuchtung (am Fensterbrett) in gleicher Entfernung Jäger 20 nicht mehr erkannt wurde; gleichzeitig bestand starke Blendung.

Der Fall Pfluegers endlich, die 14 Jahre alte Anna Bl., hatte ebenfalls stark herabgesetzte Sehschärfe und bei gewöhnlichem Tageslichte erhebliches Blendungsgefühl.

Die sehr mangelhafte Sehschärfe, welche alle Fälle zeigen, spricht entschieden dafür, dass die Augen der betreffenden Personen, ganz abgesehen von ihrer Farbenblindheit nicht gesund waren; dass es sich daher auch bei der Farbenblindheit, um eine pathologische Aeusserung eines kranken Organs handelte; jedenfalls ist allen Fällen gegenüber die Annahme gerechtfertigt, dass die Störung des Farbensinnes complicirt war mit einer Reihe pathologischer Symptome, welche sich auch vorfinden, wenn Störungen der Farbenempfindung solcher Art vorliegen, wie sie bei Erkrankungen der Netzhaut, der Sehnerven, der Chorrioidea angetroffen werden.

Diese Auffassung, dass es sich in den berichteten Fällen um absolute Farbenblindheit auf Grund krankhafter Veränderungen des Auges, oder wenigstens unter Mitwirkung solcher gehandelt hat, wird gestützt durch die Thatsache, dass neben der Herabsetzung der S und neben dem Blendungsgefühl noch andere krankhafte Erscheinungen an den betreffenden Augen vorhanden waren. Im Falle Königs z. B. Nystagmus und Albinismus, im Falle von Hippels: Strabismus und Nystagmus. Im Falle Uthoffs: eine eigenthümliche Gleichheit der Sehschärfe vom Fixationspunkte bis 7° peripher, dann Nystagmus in Form ruckweiser Bewegungen, Strabismus und Doppelsehen.

Im Falle Pfluegers lebhafte klonische Krämpfe des Orbicularis beim Fixiren feiner Gegenstände, horizontaler Nystagmus und Strabismus convergens.

Diese Symptome liefern wohl den unumstösslichen Beweis dafür, dass man es mit kranken Augen zu thun hat, bei denen ja die Farbenblindheit mit den betreffenden Fehlern angeboren, eventuell aber auch mit denselben entstanden sein kann.

¹⁾ v. Hippel (l. c.).

Leber ¹⁾ hat jüngst die Vermuthung ausgesprochen, dass solche Fälle von totaler Farbenblindheit durch doppelseitige Erkrankung des Sehcentrums in der Foetalzeit, „welche keinen vollständigen Ausfall der Function, sondern nur einen gewissen Grad von Amblyopie und Störung des Farbensinnes zur Folge hatte“, entstanden sein könnten.

Dass bei Centralerkrankungen Störungen des Farbensinnes von typischen Charakter vorkommen, ist besonders durch die Untersuchungen Wilbrands bekannt geworden. Einen sehr interessanten Fall von vorübergehender totaler Farbenblindheit nach Genickstarre berichtet Lucanus ²⁾ und unter diesen sind speciell die Farbensinnstörungen bei Hemianopsie von Bedeutung, indem als einzige hemianoptische Ausfallerscheinung totale Farbenblindheit bei erhaltener sonstiger Funktion in den beteiligten Gesichtsfeldhälften beobachtet wurde.

Bei solchen centralen Processen treten nicht selten Alterationen des Farbensinnes auf, welche mit den Kriterien über das Zustandekommen der Farbenempfindung, wie die Experimental-Physiologie sie definirt, nicht vereinbar sind, und mit keiner der bekannten Theorien völlig stimmen.

Dahin gehört die Beobachtung von Lucanus ³⁾, nach welcher nach krankhaft erworbener beiderseitiger totaler Farbenblindheit bei beginnender Heilung des Processes zuerst die Empfindung für spectrales Roth und Violett wiederkehrte, während die zwischenliegende Strecke noch völlig farblos blieb.

Wenn wir alle erwähnten Thatsachen beachten, kommen wir zu dem Schlusse, dass für den psychologischen Vorgang der Farbenempfindung drei verschiedene physiologische Prozesse zu beachten sind, erstens die Aufnahme-Apparate in der Netzhaut, durch welche die Aetherschwingungen der verschiedenen Lichter sich in specifische Nervenerregungen umsetzen, zweitens die Leitung dieser Nervenerregungen durch die Opticus- und Tractusfasern zu den grossen Basalganglien und von hier zum Hinterhaupt und drittens die Transmission der specifischen Nervenerregung auf die Centralstätten der Occipitalrinde. Bei jeder normalen Farbenempfindung müssen also drei Vorgänge normal ablaufen. Retinalperception, Nervenleitung und Centralempfindung. Jeder Vorgang kann pathologisch verändert werden und für sich alle Störungen der Farbenempfindung bewirken.

Die centralen mit Farbensinnstörung einhergehenden Erkrankungen wurden soeben erwähnt. Für die 2te Gattung der Störungen liefert uns das centrale Farbencotom bei Tabacks- und Alkoholamblyopie, überhaupt die chronische retrobulbäre Neuritis ein praegnantes Beispiel, indem bei völlig intacter Netzhaut, als Folge einer Veränderung bestimmter Bündelgruppen im Optikusstamme die zugehörigen, d. h. von dem erkrankten

¹⁾ Leber: Bericht über die 27. Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft 1899, p. 206.

²⁾ Lucanus (ebenda p. 204).

³⁾ Lucanus (l. c.).

Bündel versorgten Netzhauttheile farbenblind werden. Dahin gehört auch die Störung des Farbensinnes bei Sehnervenatrophie.

Die 3. Gattung der Störungen hat ihren Sitz in der Retina. Einer grossen Reihe klinischer Erfahrungen lässt sich entnehmen, dass solche Störungen vorzugsweise bei Erkrankungen der inneren leitenden Netzhautschichten beobachtet werden, während die Krankheiten der äusseren Schichten den Farbensinn häufig intact lassen, dafür aber um so grössere Störungen der Sehschärfe und des Lichtsinnes hervorzubringen pflegen. Es kommen jedoch bei Erkrankungen der Chorioidea, besonders bei Betheiligung des Pigmentepithels (Netzhautpigmentes) nicht gar selten Störungen des Farbensehens vor, bei welchen namentlich oft das Auge gegen kurzwelliges Licht weniger empfindlich wird, so z. B. Blau mit Grün verwechselt. Gewöhnlich ist dann die Sehschärfe, sowie auch der Lichtsinn herabgesetzt.

Es ist schon von Wolffberg¹⁾ darauf hingewiesen worden, dass, wenn solche Störungen gelegentlich bei Dichromaten auftreten, totale Farbenblindheit entstehen kann.

Bisher hat nun die physiologische Forschung bei dem Versuche, den Vorgang der Farbenempfindung zu erklären, sich ausschliesslich mit dem Problem beschäftigt, die Uebertragung der lebendigen Kraft der Wellenbewegung des Lichtes auf die Nervensubstanz zu erklären. Die meisten der jetzt geltenden Theorien versuchen dabei die von ersterer ausgehende Nerven-erregung durch Vermittelung photochemischer Substanzen, deren im Lichte erfolgende Zersetzungen auf die Nervenendigungen einwirken, zu erklären.

Das mag auch richtig sein, solange es sich um die Erklärung des physiologischen Vorganges der Farbenempfindung an sonst gesunden Augen handelt, bei denen man die Vorgänge der Nervenleitung und der centralen Wahrnehmung der letzteren als normal voraussetzen darf.

Anders liegt aber die Sache, wenn die Physiologen anfangen, die Function des farbenblinden Auges mit dem Maasse des physiologischen Kriteriums zu messen, welches ausschliesslich nur für die normale Netzhaut Giltigkeit hat. Indem diese Untersuchungen sich ausschliesslich mit der Netzhautfunction beschäftigen, etwaige Störungen der Aufnahme, der Leitung und der centralen Wahrnehmung ausser Acht lassen, wird die Untersuchung, so streng wissenschaftlich und genau sie sein mag, doch zu einer einseitigen, die um so grössere Fehlerquellen enthalten muss, je mehr das untersuchte Auge nach Sehschärfe, Lichtsinn etc. vom Normalzustande abweicht.

Nun sind aber viele Fälle von Dichromasie mit pathologischen Veränderungen am Auge verknüpft und alle Fälle von totaler Farbenblindheit ohne Ausnahme, welche von Physiologen untersucht und verwerthet worden sind, litten, wie erwähnt, an

¹⁾ Wolffberg. Totale Farbenblindheit. Wochenschrift für Therapie und Hygiene des Auges. Jahrgang 2, No. 15.

hochgradiger Sehschwäche, Blendung etc. Zweifellos handelt es sich hier also um kranke Augen. Wenn aber solche Defecte der Function der Retina neben der Farbenblindheit vorhanden sind, so liegt es doch nahe, anzunehmen, dass die Nervenorgane, welche die Aufnahme des Lichtes besorgen, nicht mehr normal sind, dass sie anders als unter physiologischen Verhältnissen functioniren und auch bei gänzlich normalem photochemischen Process in ganz normalen Sehs-substanzen doch pathologisch, d. h. anders reagiren. Wenn wir dann ferner berücksichtigen, was auch Ebbinghaus¹⁾ hervorhebt, dass durch Alteration die Leitung in den Sehnervenfasern, auf dem Wege von der Retina zum Sehcentrum, die normal durch die Netzhaut specifisch aufgenommene Erregung wandelbar ist und dass endlich auch in Folge von Centralkrankheiten der Farbenempfindungsprocess gestört sein kann, so ist der Versuch, jede Farbenblindheit, wie das seither geschehen ist, aus Störungen in dem Verhalten von hypothetischen Sehs-substanzen in der Netzhaut zu erklären, von vornherein als aussichtslos zu betrachten.

Unter diesen Umständen ist es noch sehr verwunderlich, dass bei solcher pathologischer Grundlage, die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Forscher bis zu einem gewissen Grade übereinstimmen konnten. Immerhin sind aber erhebliche Unterschiede in den Ergebnissen der Resultate erklärlich und können meines Erachtens mit absoluter Sicherheit weder für noch gegen die physiologischen Theorien der Farbenempfindung verworthen werden. Sie haben, auch wenn sie stimmen, für die letzteren nur relativen Werth.

Vielleicht liegt in dem Gesagten auch die Erklärung dafür, dass die Untersuchung der absolut farbenblinden Augen der Frau Prof. R. Resultate ergeben hat, die gänzlich abweichen von dem, was man bisher an total Farbenblinden mit kranken Augen gefunden hat. Wenn der Leser die von Pflueger²⁾ aus seiner Arbeit zusammengefassten Schlüsse beachtet, so ergibt sich, dass sie für unseren Fall absoluter Farbenblindheit bis auf Punkt 1, 9, 12 und 13 durchaus nicht zutreffen und die Erklärung für die Abweichungen kann nur durch die Annahme geliefert werden, dass in den Fällen Pflüger's, wie in dem von Hering, v. Kries, v. Hippel und Uhthoff die Prüfungsergebnisse durch krankhafte Störungen der Netzhautfunktion fehlerhaft beeinflusst worden sind.

Bei der absolut farbenblinden Frau Prof. R. ist jede Krankheit der Augen ausgeschlossen. Sie hat, abgesehen von der Farbenempfindung, ganz normale Sehschärfe, normalen Lichtsinn, normales Gesichtsfeld. Die Augen verhalten sich bei grosser Helligkeit wie in der Dunkelheit, nicht schlechter als ganz gesunde. Man kann daher sehen, dass hier ein Zustand reiner absoluter Farbenblindheit vorliegt, indem den sonst ganz normalen Augen der Farbensinn völlig fehlt.

¹⁾ Ebbinghaus (l. c.)

²⁾ Pflueger, l. c. pag. 201.

Bekanntlich ist auch in vielen Fällen bei angeborener relativer Farbenblindheit die sonstige Function der Augen ganz normal; nur das verfügbare subjective Farbensystem ist dichromatisch; Sehschärfe, Lichtsinn, Gesichtsfeld etc. normal. Es ist also in dieser Beziehung eine gewisse Analogie zwischen den Dichromaten und unserer absolut Farbenblinden vorhanden, der entsprechend man die absolute Farbenblindheit als weitere Ausbildung desselben Farbensinndefektes auffassen könnte, welcher bei den Dichromaten gegeben ist. Man würde dann von relativer und absoluter Farbenblindheit sprechen können, als von zwei der Art nach gleichen, nur graduell verschiedenen Störungen der Empfindung. Mit dieser Auffassung im Einklange ist die Erblichkeit beider Zustände. Für die gewöhnliche relative Farbenblindheit ist eine erbliche Disposition längst bekannt; für die absolute ist sie meines Wissens zuerst von Pflueger¹⁾ eruiert worden. Auch in unserem Falle ist eine erbliche Disposition festgestellt, während aber bei dem Vater und der Tante unserer Farbenblinden nach der Anamnese wohl auf eine Farbensinnstörung geschlossen werden konnte, ohne deren Natur feststellen zu können, ist der Sohn Herr Dr. R., den ich selbst vor einigen Jahren untersucht habe, Dichromat (Rothblind). Durch dieses eigenthümliche, bis jetzt bei keinem anderen Falle festgestellte Erblichkeitsverhältniss zwischen absoluter und relativer Farbenblindheit wird die gleichartige Natur des Zustandes der Empfindung für beide Fälle scharf bekundet.

Dementsprechend müsste man die absolute Farbenblindheit für einen der relativen Farbenblindheit analogen, nur voll entwickelten abnormen Zustand halten. Bei dem ersteren wäre die Farbenempfindung reduzirt, bei dem zweiten fehlte sie ganz.

Da der erste Zustand, wie gegenwärtig wohl allgemein unbestritten angenommen wird, an sonst völlig gesunden Augen vorkommt, so würde auch das Vorkommen der absoluten Farbenblindheit bei sonst ganz normaler Function des Auges nichts auffallendes haben, — d. h. die Erklärung würde für den einen Fall nicht schwieriger und nicht leichter sein, als für den andern. In beiden Fällen aber würde die Annahme gewisse Berechtigung haben, dass der mangelnde Farbensinn auf eine besondere, d. h. abnorme centrale Anlage zurückzuführen sei. Es würde sich dieser Annahme zufolge nicht um einen eigentlichen Sinnesdefekt, sondern vielmehr um eine anders geartete zentrale Wahrnehmung handeln, bei welcher, in Folge besonderer Beschaffenheit der Zentralorgane im Sehcentrum, das Licht verschiedener Wellenlänge, obwohl es peripher in der Netzhaut entsprechend den geläufigen physiologischen Vorstellungen, als verschiedener Erregungszustand vom nervösen Apparate aufgenommen und geleitet wird, im Centralorgan doch nur als verhältnissmässig reducirter qualitativer oder als einfarbig farbloser Eindruck zur Empfindung gelangt.

¹⁾ Pflueger (l. c. p. 200).

Es würden also bei einer solchen Vorstellung den mannigfaltigen peripheren Erregungsprozessen in der Netzhaut weniger centrale Empfindungsvarietäten wie im normalen Zustande entsprechen.

Dass central bedingte Farbenblindheit wirklich vorkommt, ist durch die klinische Beobachtung bestimmter Centralerkrankungen (ich erinnere nur an die hemianoptischen Farbensinnstörungen) völlig ausser Zweifel gestellt.

Der angeborene Empfindungszustand der Dichromaten wird auch von namhaften Klinikern für centralbedingt und unabhängig von der Netzhautfunktion angesehen und wenn wir die vorerwähnte Analogie der Achromaten mit den Dichromaten berücksichtigen, wird man die Möglichkeit eines rein centralen, allerdings abnormen Empfindungszustandes für die absolute Farbenblindheit nicht ausschliessen können. Obwohl nun der vorstehend beschriebene Fall der einzige bis jetzt berichtete ist, der diese Bedingung völliger Analogie erfüllt, d. h. sonst normale Function der Augen aufweist, so glaube ich doch nicht, dass man ihn als den einzig möglichen Typus absoluter Farbenblindheit hinstellen darf. Ich glaube vielmehr, dass der gleiche Zustand des Mangels aller Farbenempfindungen auch bei anderer Vertheilung der Helligkeitswerthe im Spectrum, als sie unser Fall darbietet, denkbar ist. Was unseren Fall von allen bisher beobachteten Fällen unterscheidet, ist zunächst die fast absolute Unempfindlichkeit für gelbes Licht. Das intensivste Gelb bei D, wo das normale Auge die hellste Stelle des Spectums sieht, ist für Frau Prof. R. ein tief dunkler Streifen, der nach rechts und links nach Roth und Grün immer heller wird.

Bei den bisher untersuchten Fällen totaler Farbenblindheit ist etwas ähnliches nicht beobachtet worden; doch erwähnt Pflüger¹⁾ an zwei Stellen seiner citirten Arbeit auch für seinen Fall einer bedeutenden Unterempfindlichkeit für Gelb. Doch ist eine solche Empfindungslosigkeit für gelbes Licht, wie in unserem Falle, durch welche das Spectrum eine Art von Unterbrechung erleidet, bisher nie beobachtet.

Die 2te Abweichung unseres Falles von allen bisher beobachteten liegt in der Verlängerung beider Spectralenden. In allen bisher bekannt gewordenen Fällen, insbesondere den von Hippel, von Hering, Uhthoff, Pflüger beobachteten, war eine erhebliche Verkürzung des rothen Spectralendes vorhanden.

Auch in meinen vor Jahren beschriebenen zwei Fällen totaler Farbenblindheit²⁾ ist das Spectrum verkürzt gefunden worden; aber an beiden Enden. Es scheint also bei dem Fehlen jeglichen Farbensinnes das Auge gegenüber den Lichtreizen der verschiedenen Wellenlängen des Spectrums nicht immer in völlig gleichem Verhältnisse zu reagiren, sondern es scheinen in der

¹⁾ Pflueger, l. c. p. 180 u. p. 182.

²⁾ Raehlmann: (Ueber den Daltonismus und die Jung'sche Farbentheorie v. Graefes Archiv für Ophthalmologie, Bd. 22. f. p. 48 u. f.)

Empfindlichkeit total farbenblinder Augen gegenüber farbigen Lichtern verschiedene Abweichungen vorzukommen.

Etwas ähnliches beobachten wir bei den Dichromaten. Nach meinen Erfahrungen muss ich von Kries¹⁾ völlig beistimmen, welcher unter Roth- und Grünblinden (Protanopen und Deuteranopen) unterscheidet; und beide Zustände als verschiedene Reductionsformen des normalen Farbensystems auffasst; denn beide verhalten sich gegen das Spectrum gänzlich verschieden. Ich habe im Laufe der Zeit eine grosse Reihe von Dichromaten am Spectrum untersucht und die zwei Kategorien immer bestätigt gefunden, welche ich schon vor 25 Jahren in Graefes Archiv, Bd. 22. 1, beschrieben habe; ich kann nach zahlreichen Beobachtungen die zum Theil in der Dissertation von Waldhauer (Dorpat 1883) niedergelegt sind, nur bestätigen, dass die zwei Formen von relativ Farbenblinden (Dichromaten) sich nach vier Richtungen hin streng unterscheiden. 1. Durch die Verkürzung resp. Verlängerung des Spectrums, 2. durch die Lage der hellsten Stelle im Spectrum und 3. durch die Lage der Trennungslinie der beiden Farben, welche im Spectrum gesehen werden, 4. durch die Lage der neutralen Stellen (vergl. § XIVa).

§ XII. Die normale Farbenempfindung und die sogen. Farbenschwäche.

Bevor ich hierauf näher eingehe, möchte ich der bereits von mir²⁾ angeführten Thatsache Erwähnung thun, dass bei sogenannten farben-schwachen Personen die räumliche Ausdehnung der Farben im Spectrum anders ist, als beim Normalauge. Unter krankhaften Verhältnissen, bei beginnender Störung des Farbensinnes, (wie in bestimmten Stadien der Sehnervenatrophie) breitet sich der spectrale Complex Gelb auf Kosten des Grün und des Roth immer mehr aus, bis schliesslich links von der Linie F nur eine einzige qualitativ gleichartige Empfindung vorhanden ist.

§ XII a. Relative Ausdehnung der spectralen Farbenfelder bei verschiedener Beleuchtung.

Die lineare Ausdehnung der einzelnen Farbenfelder im Spectrum d. h., der Complex für die einzelnen Hauptfarben, ist schwer festzustellen und übrigens bei Veränderung der Beleuchtung verschieden. Um eine gewisse Uebersicht über diese Verhältnisse der Empfindung zu erhalten, hat Dr. Waldhauer³⁾ auf meine Veranlassung eine grosse Reihe von Untersuchungen an Normalaugen angestellt, welche das Folgende ergaben. Durch eine Vorrichtung am Colimator-Rohr konnte ein äusserst schmales, verschiebliches Flammenbildchen auf das Spectrum gebracht werden.

¹⁾ v. Kries, Ueber Farbensysteme (Zeitschr. f. Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane, Bd. XIII, p. 274 u. f.)

²⁾ Raehlmann l. c. pag. 55.

³⁾ Waldhauer, Inauguralabhandlung Dorpat, 1883 p. 12.

Der Grad der Verschiebung konnte aussen am Apparat an einer Scala abgelesen werden.

Es wurden nun 35 normalsehende Commilitonen mit diesem Apparat untersucht und zwar so, dass täglich von jeden zwei Beobachtungsreihen gemacht wurden, die eine bei ganz schmalen Spalt, wo die Fraunhoferschen Linien deutlich sichtbar waren, die andere bei vollständig erweitertem Spalt. Bei jeder Sitzung wurde durch dieses Flammenbildchen der Beginn des Roth, des Gelb, des Grün, des Blau, des Violett, und das Ende des Violett bestimmt, sowohl bei schwacher als auch bei starker Beleuchtung, d. h. bei engem und breitem Spalt. Damit dabei nicht Ermüdungserscheinungen die Ergebnisse trübten, wurden von jedem Einzelnen nur einmal am Tage jene beiden Beobachtungsreihen gemacht. So gewann man einen Ueberblick über die Verhältnisse am normalen Auge, mit denen man dann später die ebenso untersuchten farbenblinden Augen verglich und manches Abweichende fand.

Das Mittel, gezogen aus je 175 Beobachtungen für jeden Punkt ergab folgende Resultate:

Bei schwacher Beleuchtung.					
Auf Roth.	Auf Gelb.	Auf Grün.	Auf Blau.	Auf Violett.	Ende.
30,38	32,61	33,34	37,81	40,66	46,11
2,33		0,73	4,47	2,85	5,45
Bei starker Beleuchtung.					
27,52	31,33	31,97	35,7	43,03	47,42
3,81		0,64	3,73	7,33	4,39

Die unter jeder Reihe stehenden kleinen Zahlen geben die Länge der einzelnen Farben an.

Um aber zu ersehen, welchen Stellen des Spectrum obige Zahlen entsprechen, wurden noch die Fraunhoferschen Linien angegeben, mit der betreffenden Stelle, an welcher sie bei Anwendung dieser Scala stehen.

	a 30	b 36
	B 30,75	F 38
	C 32,50	g 42,75
	D 33	H 47
	E 35,25	

Aus denselben Messungen der Farbengrenzen, die (l. c.) in Tabellenform geordnet sind, ergab sich zunächst, dass die Enden des Spectrums auch für normale Augen nicht gleich weit reichen und dass geringe Verkürzungen resp. Verlängerungen der Spectralenden innerhalb einer gewissen physiologischen Breite vorkommen, so dass von zwei Personen, welche alle Farben, soweit die subtilste Prüfung das zu eruiiren gestattet, gleich gut sehen, der eine einen wenn auch kleinen Theil des Ultraroth sehen kann, den der andere nicht wahrnimmt.

Namentlich kommen auch am violetten Ende des Spectrums Verkürzungen resp. Verlängerungen vor, ohne dass damit eine

Alteration der Farbenempfindung für die übrigen Töne des Spectrums verbunden zu sein braucht.

Knies,¹⁾ dem meine alten Untersuchungen entgangen zu sein scheinen, hat solche Verkürzung des violetten Spectralendes von ungewöhnlicher Grösse beobachtet, ohne dass die Empfindung der übrigen Farben gestört war. Dieser Autor fasst indes solche Fälle als Violettblindheit auf und findet sie im Widerspruch mit allen zur Zeit geltenden Theorien. Aus § XII geht ferner deutlich hervor, dass die lineare Ausdehnung der Farben im Spectrum bei verschiedener Intensität der Beleuchtung sich ändert, dass z. B. die Region des Gelb bei schwacher Beleuchtung bedeutend grösser ist, als bei starker. Bestimmte Wellenlängen links und rechts von D, welche bei schwacher Beleuchtung einen gelben Eindruck machen, werden bei starkem Licht auch vom normalen Auge roth, resp. grün gesehen, d. h. Bestimmte grüne und rothe Lichter erscheinen bei Herabsetzung ihrer Intensität, bevor sie (im ganz lichtschwachen Spectrum) farblos werden, in gelber Farbe.

Das stimmt mit dem Verhalten der normalen Netzhautperipherie überein, indem in den Regionen, in welchen nach § XI die spezifische Schwelle für Roth und Grün beträchtlich gesunken ist, auch die Farben Roth und Grün als Gelb gesehen werden. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die centralen Netzhauttheile bei schwachem Licht mehr gelbsichtig, bei starkem Licht mehr blausichtig sind. In der That lässt sich aus § XII entnehmen, dass die Grenze zwischen Blau und Grün bei schwachem Licht merklich nach rechts nach dem kurzwelligen Ende, bei starker Beleuchtung stark nach links nach dem langwelligen Ende hinübrückt.

Das Wichtigste, was wir diesen Messungen der spectralen Farbenfelder an Normalaugen zu entnehmen haben, ist, dass auch für Normalaugen innerhalb der Grenzen vollständig normaler Farbenempfindung bestimmte Abweichungen in der Empfindlichkeit gegen spectrales Licht vorkommen.

§ XIII. Relative Farbenblindheit.

Wenn wir also bei Farbenblinden bei lichtschwachem und lichtstarkem Spectrum Untersuchungen anstellen, so können wir nur diejenigen Abweichungen vom Controlauge für die Erklärung des abnormen Empfindungsvorganges verwerthen, welche über die Durchschnittsdifferenzen, wie sie an gesunden Augen sich finden, hinausreichen. Es giebt nun viele Personen, welche die Farben nicht gut unterscheiden, namentlich häufig nicht nur Violett und Blau sondern auch benachbarte Töne von Blau und

¹⁾ Knies, Prof. D. M., Ueber eine häufige bisher nicht beachtete Form von angeborener Violettblindheit und über Farbenanomalien überhaupt. Archiv für Augenheilkunde Bd. 37. p. 234 u. f.

Grün verwechseln. Bei solchen farbenschwachen Personen findet man dann die Ausbreitung der spectralen Farbentöne erheblich abweichend vom unter XII angegebenen normalen Durchschnitt. Auch bei beginnender Sehnervenatrophie wird meistens, wie ich früher¹⁾ gefunden habe, wenn die Störungen der Farberempfindung beginnen, der Complex des spectralen Gelb bedeutend verbreitert gefunden auf Kosten zunächst des Grün und dann des Roth, welche letzteren schliesslich ganz verschwinden. Nach meinen Beobachtungen beginnen die Störungen der Farberempfindung dem Spectrum gegenüber gewöhnlich mit einem Weisslichwerden des Grün. Blau und Violett werden dann nicht mehr unterschieden. Die Farben des Spectrums werden dann als Roth, Gelb, Weiss oder Grau und Blau bezeichnet; später wird dann Grün und Gelb verwechselt. Zur Zeit, wo die Sehschärfe noch etwa $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{7}$ der Norm beträgt, findet man dann häufig das Spectrum bei starker Beleuchtung schon zweifarbig, während bei schwacher (mittlerer) Beleuchtung noch drei Farben, Roth, Gelb und Blau unterschieden werden; später bei weiterer Entwicklung der Atrophie wird das Spectrum bei jeder Beleuchtung dichromatisch gesehen und schliesslich entwickelt sich aus diesem Zustande die absolute Farbenblindheit. In jüngster Zeit ist Knies²⁾ auf Grund völlig analoger Messungen der spectralen Farbegrenzen, ohne meine Vorarbeiten zu kennen, zu denselben Resultaten gelangt. Es lässt sich also hier die Empfindung des Netzhautcentrums bei beginnender Sehnervenatrophie vergleichen mit der Funktion des normalen Auges bei herabgesetzter Beleuchtung (ich meine hier nicht das sogenannte farblose Spectrum, sondern eine niedere Beleuchtungsstufe, bei welcher die Farben noch erkannt werden) und auch mit der Funktion der normalen Netzhautperipherie.

§ XIIIa. Dichromasie.

Die relativ Farbenblinden, welche ich im Laufe der zwei Jahrzehnte, seit meiner Mittheilung in von Graefes, Archiv für Ophthalm. Bd. XIX 3 und XXII 1, untersucht habe, zerfallen nun, wie erwähnt, in zwei Gruppen, welche den Roth- und Grünblinden (Protanopen und Deutanopen v. Kries) entsprechen. Genau untersucht habe ich 10 Fälle, in allen war das Spectrum zweifarbig, die kurzwellige Seite (Donders kalte Farben) wurde von der langwelligen Seite (den warmen Farben) scharf differencirt. Es machte sich aber schon rücksichtlich der Lage der Trennungslinie zwischen den zwei Spectralfarben ein Unterschied bei diesen Dichromaten geltend, indem bei einer Gruppe die Trennungslinie links von der normalen Grenze zwischen Blau und Grün gefunden

¹⁾ Raehlmann, Ueber den Farbensinn bei Sehnervenerkrankungen (v. Graefes Archiv Bd. XXI p. 38).

²⁾ Knies, Prof. D. M. Das Chromoscop, ein bequemes Instrument zur Untersuchung des Farbenvermögens der macula lutea und deren Anomalien. (Archiv für Augenheilkunde Bd. 37 p. 232.)

wurde, während bei einer anderen Gruppe diese Trennungslinie bedeutend nach rechts gerückt war. Es rechneten also die ersteren einen Theil des Grün zum Blau, die letzteren einen Theil des Blau zum Grün.

Für die erstere Gruppe, welche einen Theil des Grün als Blau sah, lag das Maximum der Helligkeit des Spectrums im Gelb; aber etwas abweichend vom Normalauge, im Orange zwischen D und der Lithiumlinie, nahe bei D. Bei dieser Gruppe war das Spectrum am rothen Ende nicht verkürzt, in einigen Fällen zeigte sich dieses rothe Ende bei schwachem Licht eher verlängert, in anderem bei starkem Licht leicht verkürzt; aber diese Abweichungen fielen in den Bereich der normalen Schwankungen (vergl. oben). Bei zwei Dichromaten dieser Gruppe aber war das kurzwellige Ende des Spectrums bei jeder Beleuchtung, bei allen bei schwacher Beleuchtung erheblich verkürzt. Einige zu dieser Gruppe gehörende Dichromaten gaben an, dass sie an Stelle des Grün etwa in der Mitte zwischen Tl-Linie und F ein helles „Grau“ sahen.

Eine zweite Gruppe von Dichromaten unterschied sich von der ersteren schon scharf durch eine starke Verkürzung des langwelligen linken Spectralendes. Fast das ganze Roth bis nahe an C fehlte auch bei starker Beleuchtung vollständig. Bei diesen Dichromaten mit verkürztem linken Ende fand ich nun sowohl die hellste Stelle, als auch die Grenze zwischen den zwei ihnen sichtbaren Farben (Gelb resp. Roth und Blau) bedeutend nach rechts, nach dem kurzwelligen Ende, verschoben und zwar sowohl bei schwacher, als bei starker Beleuchtung. Es wurde also von dieser Gruppe der Dichromaten (v. Kries Protanopen) ein grosser Theil des Blau grün resp. gelb gesehen, und die hellste Stelle des Spectrums lag für diese Gruppe im Hell-grün zwischen D und Thalliumlinie. Bei diesen selben Dichromaten zeigte sich das violette Spectralende beträchtlich verlängert.

§ XIV. Untersuchung zweier Dichromaten am objectiven Spectrum.

Zwei Dichromaten der ersten Gruppe habe ich kürzlich am objectiven Spectrum untersucht und dabei die Vertheilung der Helligkeit der Spectralfarben gefunden, welche in Fig. 5 abgebildet ist. Die zwei Dichromaten haben auf dem weissen Papier, auf welchem ein Spectrum von derselben Länge, wie es in § I zur Untersuchung der total Farbenblinden Frau Prof. R. gedient hat, entworfen war, 1. die hellste Stelle, 2. die Trennungslinie der beiden ihnen sichtbaren Farben und 3. die Grenzen des Spectrums aufgezeichnet und zwar bei starker und bei schwacher Beleuchtung.

Beide Dichromaten, Herr Dr. med. R. und Herr Oberlehrer P., kennen das Spectrum sehr gut und sind an scharfe

Beobachtung gewöhnt. In Fig. 5 sind die von Herrn Dr. R. registrierten Stellen durch eine ausgezogene Linie, die von Herrn Oberlehrer P. registrierten, durch eine unterbrochene (gestrichelte) Linie markirt. Dort, wo für beide Herren die Marken zusammenfallen, ist die Linie halb unterbrochen, halb ausgezogen gezeichnet. Die Fig. 5 stellt, wie Fig. 1, eine photographische Verkleinerung

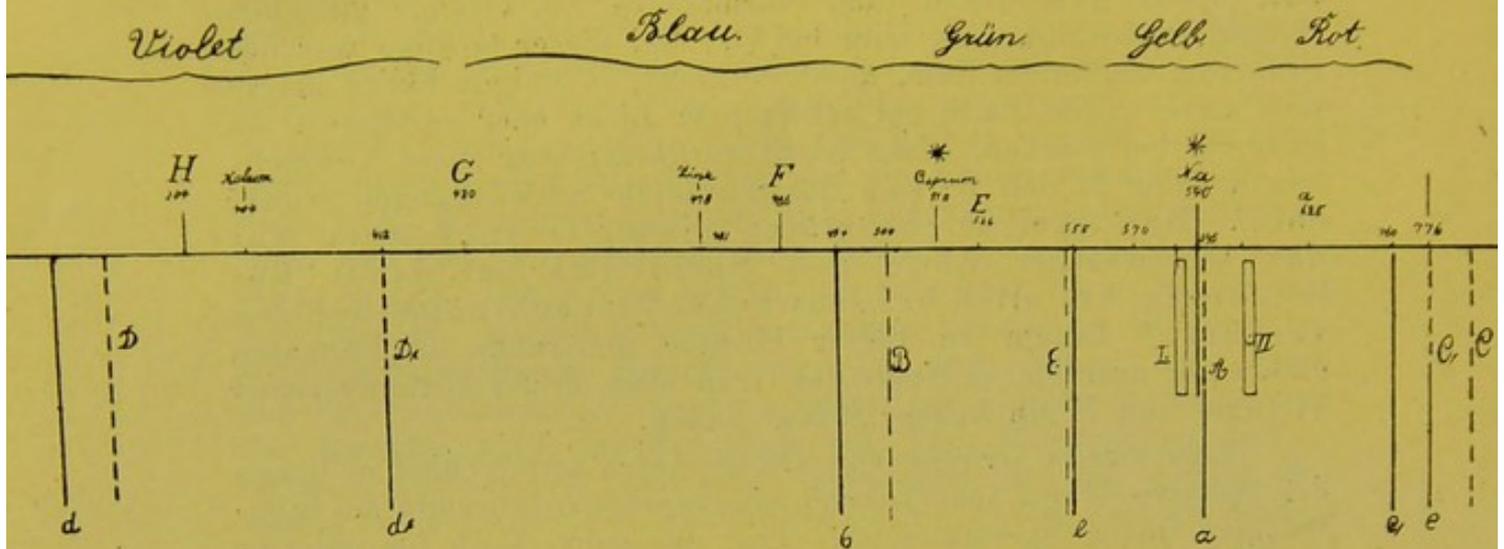


Fig. 5.

der Originaltafel vor. Die Marken des Herrn Dr. R. sind durch die kleinen Buchstaben a—e, die des Herrn Oberlehrer P. durch die grossen Buchstaben A—E angezeigt.

Das Maximum der Helligkeit liegt für beide Herren im Orange bei a resp. A, (λ 595) neben der Natriumlinie. Das langwellige Spectralende liegt für Herrn Dr. R. bei starker Beleuchtung (mittelweitem Spalt) bei e bei schwacher Beleuchtung bei c_1 für Herrn Oberlehrer P. entsprechend bei C resp. C_1 . Für beide Herren ist das rothe Spectralende demnach nicht verkürzt; die Unterschiede zwischen Beiden gehören den normalen Schwankungen (vergl. § XII) an.

Das kurzwellige Ende des Spectrums ist für beide Herren bei starker Beleuchtung nicht verkürzt; es reicht noch über d resp. D hinaus. Bei schwacher Intensität der Beleuchtung zeigt sich aber dieses Ende gegenüber dem Normalauge bedeutend verkürzt. Bei einer Intensität, bei welcher für die Controllaugen noch alle Spectralfarben deutlich erkennbar waren, lag die Grenze bei d, resp. D, (λ 412). Bei derselben Beleuchtung rückte die Trennungslinie der zwei den Dichromaten sichtbaren Farben, welche bei starkem Licht von Herrn Dr. R. nach b (λ 494), von Herrn Oberlehrer P. nach B (λ 500) vermerkt wurde, nach e bezüglich nach E (nach λ 555)!

Bei einer schwachen Beleuchtung, bei welcher aber von den Controllaugen alle Farben noch genau unterschieden werden konnten, wurde also von unseren beiden Dichromaten fast das

ganze Grün zum Blau gerechnet oder mit anderen Worten: es hat sich die kalte Farbe der Dichromaten auf Kosten der warmen erheblich ausgedehnt.

Bei den beiden Herren ist also bei schwacher Beleuchtung das violette Spectralende verkürzt und die Trennungslinie ihrer zwei Farben nach dem langwelligen Ende verschoben; Beide charakterisiren sich dadurch als Vertreter der vorerwähnten ersten Klasse der Dichromaten, als Grünblinde (Deuteranopen).

Da für beide Dichromaten das Helligkeitsmaximum bei der Natriumlinie gelegen ist, so müssen, da die Helligkeit des Spectrums von dieser Stelle nach beiden Seiten abnimmt, seitlich von Na zwei Stellen im Spectrum existiren, welche den Dichromaten genau denselben Eindruck machen. Wenn der Dichromat in der langwelligen (warmen) Spectralhälfte nur Helligkeitsunterschiede, keine Farben sieht, wird also rechts und links von der Na-Linie eine Stelle im Spectrum existiren müssen, welche die gleiche Helligkeit besitzt. Beide Stellen müssen daher von dem Dichromaten nicht unterschieden werden können.

Bei meinen früheren Untersuchungen habe ich zu gleichem Zwecke im Spectralapparate im Ocularrohre, am Orte des Spectrums, eine Schiebervorrichtung angebracht, mittelst welcher eine Farbe des Spectrums, oder deren zwei beliebige, dem beobachtenden Auge sichtbar gemacht werden können, während die übrigen Farben abgeblendet sind.

Die Schiebervorrichtung besteht aus zwei Blenden*) deren jede einen schmalen vertical gerichteten Spalt besitzt. Jede Blende ist für sich beweglich — beide können übereinander geschoben werden, so dass die Spalten sich, je nach Stellung der beiden Blenden, einander nähern, resp. von einander entfernen und ausserdem beide zusammen auf verschiedene Theile des Spectrums eingestellt werden können. Auf diese Weise kann ich verschiedene Stellen des Spectrums von bestimmter Wellenlänge isoliren und zwei verschiedene isolirte Stellen mit einander vergleichen lassen.

Diese Untersuchungsmethode war mir (l. c.) von Wichtigkeit, um bei Farbenschwäche zwei Spectralfarben auf ihre qualitative, oder bei Dichromasie auf ihre quantitative Gleichheit prüfen zu lassen. So liessen sich z. B. bei Sehnervenatrophie mit Störung des Farbensinnes auf genaue Weise die Verwechslungsfarben eruiren. (Man vergl. l. c. pag. 45, 49 u. f.).

Bei der Untersuchung unserer Dichromaten am objectiven Spectrum habe ich dieselbe Methode zur Isolirung der zwei zu prüfenden Farben angewandt, indem ich zwei viereckige, mit je einem Spalt versehene Pappflächen, die mit den Rändern übereinander geschoben wurden, benutzte, um das Spectrum abzublenden. Beide Spalten sind mit weissem Seidenpapier beklebt.

Die Pappflächen sind auf dem horizontalen Arme eines Stativs in einer Rinne verschieblich, so dass die Spalten genähert und voneinander entfernt werden können. Sind die beiden Spalten so weit voneinander entfernt, dass die Pappflächen sich mit ihren, den Spalten benachbarten Flächenseiten nicht mehr decken, so wird ein dritter breiter Pappstreifen zwischengeschoben, so dass das Spectrum für den hinter dem Stativ befindlichen Beobachter abgeblendet bleibt.

*) Anm. Die Vorrichtung findet sich v. Graefes Archiv: Bd. XXI 2, p. 33, beschrieben.

Diese aus zwei übereinander verschieblichen Pappflächen bestehende Schirmvorrichtung wird am Orte des Papiers der Fig. 5 aufgestellt und den zwei hinter dem Schirm befindlichen Dichromaten die Aufgabe gestellt, die Spalten innerhalb der langwelligen Spectralhälfte so lange zu verschieben, bis zwei völlig identische Stellen eingestellt seien.

§ XIVa. Die neutralen Stellen im Spectrum der Dichromaten.

Beide Dichromaten stellten nun völlig übereinstimmend dieselben Stellen des Spectrums rechts und links von der Na-Linie ein, welche ihnen den gleichen Eindruck machten, während alle anderen Stellen (an Helligkeit resp. „Farbe“) absolut ungleich befunden wurden. Diese beiden Stellen sind auf Fig. 5 bei I und II bis zu einem gewissen Grade willkürlich eingetragen. Die Wellenlänge der eingestellten Theile konnte nämlich nicht genau bestimmt werden, da die Art des Experimentes eine, wenn auch geringe Ortsveränderung des Spectrums nothwendig machte, bei welcher ein Vergleich mit den Metall-Linien in Fig. 5 nicht mehr zulässig schien. Der Spalt I erschien sämtlichen Controllaugen intensiv gelbgrün, der Spalt II hellroth.

Diese zwei den Dichromaten Dr. R. und Oberlehrer P. absolut gleich erscheinenden Theile des Spectrums nenne ich die neutralen Stellen; sie sind für alle Dichromaten nicht dieselben; denn bei jenen mit verkürztem rothen Spectralende, den Rothblinden, liegen sie, wie aus meinen früheren Untersuchungen hervorgeht, mehr nach dem kurzwelligen Spectralende zu und betreffen ein tieferes Grün und ein reines Gelb.

Bei dieser Prüfung erhalten wir also für beide Kathegorien von Dichromaten am Spectrum selbst zwei verschiedene Farbengleichungen, welche zwischen ihnen einen scharfen Unterschied herstellen.

Die neutralen Stellen des Spectrums haben für Roth und Grünblinde eine verschiedene Lage.

Ein Blick auf Fig. 5 zeigt, dass die neutralen Stellen nicht in gleichem Abstände rechts und links vom Helligkeitsmaximum liegen, sondern der Spalt I steht dem letzteren relativ nahe im Gelbgrün, während der andere Spalt II bedeutend weiter entfernt im Roth sich befindet.

Daraus lässt sich entnehmen, dass bei mittlerer Beleuchtung die neutralen Stellen nicht einfache Functionen der Helligkeit sein können, denn sonst müssten zu beiden Seiten des Helligkeitsmaximums zahlreiche, der absoluten Helligkeit nach gleichwerthige Stellen existiren, was, wie oben erwähnt, nicht der Fall ist.

Es muss daher für den Dichromaten jede der ihm am Spectrum sichtbaren zwei Farben, ihrem Sättigungsgrade und dem Helligkeitswerthe nach an verschiedenen Stellen der be-

treffenden Spectralhälfte verschiedenen Eindruck machen, nur an den neutralen Stellen ist Sättigung und Helligkeit vollkommen gleich. Daher scheinen mir die neutralen Stellen für die Beurtheilung des subjectiven Farbensystems des Dichromaten grosse Wichtigkeit zu besitzen, namentlich auch bezüglich der Frage, ob bei Dichromasie zwei Formen (Roth- und Grünblindheit) vorkommen.

Von Douders¹⁾ und von Kries²⁾ ist zur Differenzirung der zwei Gruppen von Dichromaten auf die Thatsache verwiesen, dass beide sehr ungleiche Mengen von Li-Roth mit einer gegebenen Menge Na-Gelb für gleich halten.

In den Tabellen von Douders verlangen die Rothblinden zur Gleichung mit 10 Theilen Natriumlicht etwa 4—5 mal mehr Li-Roth als die Grünblinden. In den Tabellen von von Kries ist der Unterschied eher noch etwas grösser.

Ich stimme mit dem letzteren Autor darin überein, dass dieser Unterschied nicht bedingt sein kann durch Verschiedenheit im Pigmentreichthum etc.

Uebrigens brauchen auch bei den Dichromaten derselben Gruppe die Gleichungen nicht immer gleich zu sein, es können vielmehr, je nach dem Grade der Verkürzung des rothen Spectralendes die grössten Schwankungen vorkommen.

In ausgesprochenen Fällen von Verkürzung wird Lithium-Roth überhaupt nicht gesehen und dann ist die Gleichung ganz unmöglich; wie z. B. in einem 1873 von mir beobachteten Falle (Archiv für Ophthalmologie Bd. XIX. 3. p. 90) bei welchem das langwellige Spectralende auch bei starker Beleuchtung erst mit der Linie C. begann.

Die angeführten Thatsachen bekunden aber, dass die Dichromaten sich in zwei Gruppen sondern lassen, von denen die mit verkürztem langwelligen Spectralende den Rothblinden (Helmholtz) oder den Protanopen (von Kries), die ohne Verkürzung des spectralen Roth den Grünblinden (Helmholtz) oder den Deutanopen (von Kries) entsprechen.

Beide Gruppen unterscheiden sich wesentlich:

1. durch die Empfindlichkeit gegenüber den Lichtern der Spectralenden,
2. durch die Lage des Helligkeitsmaximums im Spectrum,
3. durch die Lage der Trennungslinie zwischen den ihnen sichtbaren zwei Farben.

Beide Stellen, das Helligkeitsmaximum und die Trennungslinie sind bei den zwei Gruppen entgegengesetzt verschoben, bei den Rothblinden nach rechts bei den Grünblinden nach links (im subjectiven Spectrum).

4. durch die Lage der neutralen Stellen.

¹⁾ Douders, Farbengleichungen. Archiv für Physiologie. 1894. p. 528.

²⁾ von Kries, Ueber Farbensysteme. l. c. p. 259.

Zwischen den sogenannten Farbenschwachen d. h. den Zuständen der Empfindung, bei welchen die Unterscheidung benachbarter Töne im Spectrum schwer ist, und dem Empfindungszustande der Dichromaten kommen unzweifelhaft Uebergänge vor; und ebenso werden auch zwischen den Dichromaten und den absolut Farbenblinden Uebergangsformen existiren.

Dahin dürfte z. B. der Zustand der Farbenempfindung zu rechnen sein, den ein Dichromat darbietet, wenn sein an sich nur zweifarbiges System unter der Wirkung des Santonins noch weiter reducirt wird.

D. XV. Die Aenderung des dichromatischen Systems, in ein monochromatisches durch Santoninwirkung.

Bekanntlich wird ein eigenthümlicher Zustand relativer Farbenblindheit bei Santoninwirkung beobachtet. Hinsichtlich des genauen Charakters dieser Empfindungsstörung gehen die Meinungen der Autoren auseinander. Die Meisten fassen den Zustand als Violettblindheit auf. Schon E. Rose¹⁾ hat nachgewiesen, dass derselbe während der Dauer der Wirkung des Mittels sehr veränderlich ist; und auch König²⁾ findet, dass selbst bei höchster Santoninwirkung das Auge nicht völlig dichromatisch wird.

Zunächst tritt, worüber alle Beobachter einig sind, Violettsehen und später Gelbsehen auf.

König vergleicht den letzteren Zustand mit den Sehen durch ein gelbes resp. gelbgrünes Glas, welches die violetten Lichtstrahlen resorbirt und die blauen abschwächt.

Knies³⁾ hat nachgewiesen, dass der Vergleich in sofern nicht zutrifft, als bei dem Sehen durch ein gelbes Glas „die Adaptionzeit im Dunkeln sehr erheblich verlängert und die Reizschwelle sehr vergrößert wird“ während ein „Santoninauge“ den normalen Lichtsinn behält.

Knies hat durch Selbstbeobachtungen festgestellt (l. c. pag. 253), dass auch auf der Höhe der Santoninwirkung Lichtsinn und Adaption ungestört bleibt. Um den vielfach benutzten Einwand, dass bei Santoninwirkung im Auge durch Gelbfärbung eine Absorption des violetten und blauen Lichtes stattfindet, zu begegnen hat K. Frosch- und Hundeaugen, bei voller Santoninwirkung im Dunkeln gehalten und an den nach drei Stunden herausgenommenen Netzhäuten „intensive Purpurfärbung“ beobachtet.

Die Aenderung der Empfindung der Netzhaut, welche das Santonin hervorbringt, legt es nahe, die Wirkung des Mittels

¹⁾ Ed. Rose: Ueber stehende Farbentäuschungen: O. Graefe's Archiv für Ophthalmologie Bd. VII. 2. p. 90 und ferner: Virchow's Archiv Bd. 16, 19 und 20.

²⁾ A. König: Centralblatt für praktische Augenheilkunde 1888.

³⁾ Knies, Prof. Dr. M. Ueber die Farbenstörung durch Santonin bei normalem und anormalem Farbenvermögen. Archiv für Augenheilkunde Bd. 37. 3 p. 252.

bei Dichromaten zu beobachten. Der erste Versuch dieser Art ist von mir vor 25 Jahren angestellt worden, soviel ich weiss, ist es auch der einzige geblieben.

Ich ¹⁾ gab einem Dichromaten mit stark verkürztem rothen Spectralende (Protanopen) 1,0 santonsauren Natrons.²⁾ Nach 2¹/₂ Stunden sah er rothe und grüne Gegenstände weiss. Im Spectrum, in welchem er sonst nur zwei Farben unterscheidet, sieht er jetzt zunächst zwischen E und F, also den Complex des Grün, in einer von der übrigen warmen Spectralhälfte abweichenden Farbe, die er Grau-weiss nennt. Von F an sieht er nach dem kurzwelligen Ende zu, unverändert Blau bis zum normalen Spectralende.

Drei Stunden nach dem Einnehmen des Santonins ist auch der warme Theil des Spectrums links von E. (gelb) grau-weiss geworden. Eine Verkürzung am violetten Ende des Spectrums konnte nicht constatirt werden. Vielmehr erschien Blau sehr intensiv und die Grenze desselben etwas nach links, d. h. in das Grün verschoben. Bei herabgesetzter Beleuchtung trat eine starke Verkürzung des linken langwelligen Spectralendes auf, wobei das ganze spectrale Gelb verschwand, während Blau bis zum Ende des Spectrums noch gesehen wurde.

Das Nähere über diese Untersuchung muss l. c. eingesehen werden.

Ich habe damals aus meinen Untersuchungsergebnissen den Schluss gezogen, dass der Wirkung des Santonins eine Modification nicht allein der Violettempfindung, sondern auch der Grünempfindung zu Grunde liegt. Dabei wurde für eine bestimmte Phase der Santoninwirkung eine Empfindlichkeitszunahme für Violett und eine Abnahme der Empfindlichkeit für Grün constatirt. Diese Erscheinungen würden noch am ehesten mit dem am Normalauge bei Santoninwirkung beobachteten Stadium des Violettsehens zu vergleichen sein, dagegen wurde ein dem Gelbsehen analoger Zustand bei meinem Dichromaten überhaupt nicht beobachtet.

In der obenerwähnten Arbeit von Knies, dem meine alte Beobachtung über Santoninwirkung bei Dichromaten unbekannt geblieben ist, wird über Santoninwirkung bei normalem und anormalem Farbenvermögen berichtet. In beiden Fällen war

¹⁾ Raehlmann, Beiträge zur Lehre vom Daltonismus und seiner Bedeutung für die Joung'sche Farbentheorie. Archiv für Ophthalm. Bd. XIX. 3. p. 102 u. f.

²⁾ In Folge eines bedauerlichen Druckfehlers ist l. c. der Dichromat bei den Santoninexperimenten fortwährend Herr F. genannt. Statt F. muss überall P gelesen werden, indem der Dichromat, welcher sich dem Santoninexperiment unterzog, identisch ist mit dem Herrn P. über dessen Farbensinn l. c. pag. 90 berichtet ist. Da ein Herr F. unter meinen Dichromaten überhaupt nicht vorhanden war, wird der Leser auf den Irrthum wohl aufmerksam geworden sein. Immerhin ist leider der Vergleich namentlich hinsichtlich der Farbengleichungen zwischen dem Empfindungszustand des Dichromaten vor und während der Santoninwirkung dadurch erschwert worden.

reichlich eine Stunde nach Einnahme des Natr. „santonie“ das Spectrum für das normale Auge auf beiden Seiten erheblich verlängert, engte sich aber später beim Gelbsehen auf beiden Seiten rasch ein. Bei Herrn M. mit „anormalem Farbenvermögen“ trat nach $1\frac{1}{4}$ Stunden Blausehen auf. Auch bei ihm war das Spectrum am kurzwelligen Ende erheblich erweitert. „Die später eintretende Einengung auf beiden Seiten des Spectrums war auch bei Herrn M. zu finden.“

Ob zugleich mit dieser Verkürzung der Spectralenden Gelbsehen bei dem Herrn M. aufgetreten ist, lässt sich der Arbeit nicht entnehmen.

Jedenfalls stimmt die Knies'sche Beobachtung mit der meinen darin überein, dass zu einer gewissen Zeit dem unter Santoninwirkung stehenden Auge das kurzwellige Ende des Spectrums nicht verkürzt ist, was der Fall sein müsste, wenn Violettblindheit die Folge der Santoninwirkung wäre.

Auch ist die Verkürzung des langwelligen Endes des Spectrums, welche für meinen Dichromaten bei herabgesetzter Beleuchtung gegeben war, in Uebereinstimmung mit der Knies'schen Beobachtung, jedoch konnte ich bis 5 Stunden nach dem Beginn des Experimentes eine Verkürzung am violetten Spectralende nicht nachweisen.

Der von mir untersuchte Dichromat P. war vollkommen rothblind; das langwellige Spectralende begann für ihn erst mit der Linie C. Herr P. besitzt zwei Grundempfindungen, mittelst deren er die beiden Spectralhälften, Donders warme und kalte Farben unterscheidet. Unsere Untersuchungen zeigen nun, dass dieses Zweifarbensystem durch Santoninwirkung weiter reducirt wird, indem nur die kurzwellige, kalte Spectralhälfte ihren Farbenton behält, während die warme, langwellige Hälfte ihren Ton ändert und grauweiss, d. h. farblos wird; überdies bei herabgesetzter Beleuchtung ganz verschwindet. Es bleibt demnach für Herrn P. im Spectrum nur eine farbige Empfindung übrig: Blau.

Wenn wir diese Erscheinungen theoretisch beurtheilen, resp. mit Rücksicht auf die verschiedenen Theorien der Farbeempfindung erklären wollen, so ergiebt sich für die Theorie der Gegenfarben die oben schon betonte Schwierigkeit auch hier, den Ausfall, resp. die Abschwächung der Empfindung Gelb und die Erhöhung der Empfindung für Blau zu erklären.

Die Yung-Helmholtz'sche Theorie dagegen scheint mir durch die bei Santoninwirkung beobachtete Reduction des Zweifarbensystems eines Rothblinden auf eine einzige farbige Grundempfindung erheblich gestützt zu werden.

In welcher Weise die Beeinflussung der percipirenden Elemente gemäss dieser Theorie die Umänderung der einen (langwelligen) Farbe des dichromatischen Spectrums in eine grauweisse, d. h. farblose Empfindung hervorbringt, ist l. c. p. 105 näher erörtert worden.

Jedenfalls handelt es sich bei der Santoninwirkung um eine Veränderung der Erregbarkeit der nervösen Endapparate, bei welcher indes Aenderungen des Macularpigmentes, überhaupt Färbungen der Augenmedien, nach den vorerwähnten Thierexperimenten (Knies) ausgeschlossen werden können.

Dass die Erscheinungen andererseits von centralen, d. h. corticalen Störungen mit abhängig sein müssen, geht daraus hervor, dass bei Santoninvergiftung, nach Ed. Rose (l. c.), neben dem Violett- resp. Gelbsehen auch Geruchs- und Geschmacks-hallucinationen auftreten. Dafür sprechen auch die Selbstbeobachtungen von Knies, der nach dem Einnehmen grösserer Dosen Santonins „an der gesammten Hautoberfläche, besonders derjenigen der Extremitäten, nach anfänglichem Wärmegefühl und „Kribbeln“ sehr ausgesprochenes und längere Zeit andauerndes „Taubheitsgefühl“ beobachtete.

Die Störungen des Farbensehens lassen sich indes wohl nicht als reine Hallucinationen im psychopathologischen Sinne auffassen; dazu haben dieselben, besonders was die Empfindlichkeit gegen spectrale Lichter angeht, etwas zu constantes und typisches, wie es den reinen psychischen Sinnesdelirien sonst nicht eigen ist.

Eine genaue Analyse der in der Litteratur vorhandenen Beobachtungen über Santoninwirkung drängt vielmehr zu der Auffassung, dass in Folge der Einwirkung des Santonins auf die Centralorgane eine Veränderung der Erregbarkeit der peripheren Nervenendigungen gesetzt wird, wodurch die letzteren für die Aufnahme der Lichtreize verschiedener Wellenlänge weniger resp. anders empfindlich werden.

Diese Veränderung hätte man sich ähnlich zu denken dem Verhalten der sensiblen Endorgane der Haut, welche nach Knies (l. c.) in der Erregbarkeit gegen Berührung verändert resp. herabgesetzt sind.

Was die sog. Farbenschwäche betrifft, so gibt es bekanntlich viele Personen mit sonst ganz gesunden Augen, denen es schwer wird, bestimmte Objectfarben auseinander zu halten, und namentlich leicht blau und violett, dann auch bestimmte Töne von Grün und Blau verwechseln.

Viele solche Personen habe ich am Spectrum untersucht und gefunden¹⁾, dass dieselben zwar alle Farben desselben genau unterscheiden können, dass aber die spectrale Ausbreitung derselben, besonders bei starker Beleuchtung, erheblich von den in § XI angegebenen normalen Grenzen abweicht.

Es müssen demnach die subjectiven Intensitäten farbiger Lichter in den Augen solcher, an sich nicht farbenblinden Personen, wie ich 1875 (l. c. p. 55) ausgeführt habe, trotzdem, dass alle Spectralfarben gesehen werden, bedeutend von dem Typus eines normalen Farbensystems abweichen. Eine Annahme,

¹⁾ Von Graefes Archiv für Ophthalmologie Bd. XXII 1. p. 56.

welche durch die neueren Untersuchungen Königs²⁾ und Dieterici's²⁾ ihre Bestätigung findet.

Letztere Autoren nehmen, wie früher Lord Rayleigh und Donders³⁾ unter den trichomatischen Farbensystemen beträchtliche Verschiedenheiten an.

Genauere Untersuchungen über solchen geschwächten Farbensinn hat jüngst Nagel⁴⁾ ausgeführt, aus denen hervorgeht, dass Personen, welche am Spectrum alle Farben unterscheiden, nichtsdestoweniger sich bei der Prüfung mit Pigmenten, Wollproben etc. wie Farbenblinde (Dichromaten) verhalten können.

Dass solche Verschiedenheit durch ein besonderes Absorptionsverhalten des Macular pigmentes (Hering) oder durch ungleiche Lichtabsorption in den Augenmedien bedingt sein könnten, halte ich deshalb für ausgeschlossen, weil ich bei solchen Personen, wie erwähnt, Verschiebung der Grenzen der Spectralfarben und ausserdem nicht allein Verkürzung, sondern auch häufig Verlängerung der Spectralenden, und zwar auch des violetten gefunden habe, in der Function der Augen aber, in Betreff ihrer Sehschärfe und namentlich ihres Lichtsinnes keine Störung vorlag.

Wenn man der Dreifarbentheorie huldigt, wird man daher für solche Fälle andere Grundempfindungen, als sie für das normale Auge gelten, anzunehmen haben.

Ausgesprochene Fälle von Farbenschwäche bilden, gleich analogen Zuständen bei Sehnervenatrophie, die oben erwähnt wurden, den Uebergang zwischen den Normal-Augen und den relativ Farbenblinden, zwischen den verschiedenen trichomatischen und dichromatischen Farbensystemen.

Letztere gehen, bei weiterer Reduction der Empfindungsqualitäten, in das monochromatische System der absoluten Farbenblindheit über.

Der von mir vorstehend beschriebene ist der einzige bisher beobachtete Fall dieser Anomalie, welcher beweist, dass vollständige Achromasie ganz analog der Dichromasie in sonst ganz gesunden Augen vorkommen kann, denen in ihrer Function nichts fehlt, als nur die Farbenempfindung.

²⁾ Arthur König und Conrad Dieterici: Die Grundempfindungen in normalen und anormalen Farbensystemen und ihre Intensitätsvertheilung im Spectrum.

Archiv für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. IV p. 280 und ff.

³⁾ Donders Du Bois-Reymonds Archiv für Physiologie. Jahrgang 1884.

⁴⁾ Nagel, Dr. Willibald. A. Beiträge zur Diagnostik, Symptomatologie und Statistik der angeborenen Farbenblindheit.

Archiv für Augenheilkunde Bd. 38 p. 64.

Verlag von J. F. BERGMANN, Wiesbaden.

Soeben erschienen:

DIE
NEUROLOGIE DES AUGES.

EIN HANDBUCH
FÜR
NERVEN- UND AUGENÄRZTE

VON
DR. H. WILBRAND UND **DR. A. SAENGER**
AUGENARZT NERVENARZT
IN HAMBURG.



Fig. 18.
v. Graefe'sches Symptom.

ERSTER BAND, I. ABTHEILUNG. MIT 63 TEXTABBILDUNGEN.

Preis Mk. 6,—.

Die den **ersten** Band abschliessende **zweite** Abtheilung erscheint Ostern 1899.

Der **zweite** Band wird die „Pupillen“ und der **dritte** Band „Retina, Sehnerv, Hemianopsie etc. und funktionell nervöse Störungen“, der **vierte** die „Augenmuskelstörungen“ behandeln. Die Herren Verfasser hoffen, nach dem Stand der Vorarbeiten, die folgenden Bände ebenfalls im Laufe der nächsten drei Jahre bestimmt zu vollenden.

Vorwort, Inhaltsverzeichniss und Proben der Abbildungen siehe die nächsten Seiten.

VORWORT.

Mit der „Neurologie des Auges“ beabsichtigen wir eine Darstellung der physiologischen und pathologischen Verhältnisse der einzelnen Gebilde des Auges zu geben, soweit sie sich auf die wechselseitigen Beziehungen zwischen Auge und Nervensystem erstrecken. Hat doch seit einer Reihe von Jahren eine rege Forschung gerade auf diesem Grenzgebiete der Medizin eine grosse Fülle von Thatsachen und Gesichtspunkten aufgedeckt. Die als natürliche Folge entstandene und immer noch zunehmende Spezialisirung ist wissenschaftlich zwar von hohem Werthe, legt aber die Gefahr nahe, dass selbst so eng verknüpfte Fächer die Fühlung miteinander verlieren möchten. Wir waren darum bestrebt, unter Benutzung der gesammten uns erreichbaren Litteratur, alle auf die einzelnen Organe des Auges bezüglichen neurologischen Erfahrungen zu sammeln und sie in einer Weise zu ordnen, dass der Leser sich leicht im ganzen Umfange über die physiologische, pathologische und diagnostische Bedeutung eines ihn gerade interessirenden Krankheits-symptoms zu orientiren vermag.

Neben dieser Konzession an die rein praktischen Bedürfnisse des Lesers erschien uns aber die gewählte Gliederung der Darstellung des Materials schon aus dem Grunde nothwendig, weil eben nur so die Bedeutung bestimmter Symptome hervorgehoben und vom allgemeinen und speziellen Gesichtspunkte aus untersucht und dargestellt werden konnte. Hierin beruht auch wesentlich der grundlegende Unterschied zwischen den schon vorhandenen verdienstlichen Werken von Förster, Knies, Schmidt-Rimpler u. a. und unserem Buche. Nebenbei hofften wir auch durch die gewählte Gliederung des Stoffes fördernd auf die Weiterentwicklung unserer Wissenschaft insoferne einwirken zu können, weil dem Leser mit dem leicht zu gewinnenden Gesamtüberblick über die Entstehung und klinische Bedeutung einer vorliegenden Krankheitserscheinung sich auch zu gleicher Zeit die Stellen von selbst ergeben, an welchen die weitere Forschung wirksam einzusetzen haben wird.

Die Anregung zu dieser Arbeit entsprang hauptsächlich unserer Thätigkeit an einer unserer grossen Staatskrankenanstalten, dem Alten Allgemeinen Krankenhause zu St. Georg, in welchem ein inniger ophthalmologischer Verkehr mit allen anderen Stationen besteht, sowie aus unserem jahrelangen Zusammenarbeiten auf dem Gebiete der Ophthalmologie und Neurologie.

Den Herren Direktoren der beiden Hamburger Staatskrankenhäuser, Herrn Prof. Dr. Lenhartz und Herrn Prof. Dr. Rumpf, sowie den Herren Oberärzten Dr. Engel-Reimers, Dr. Wiesinger und Dr. Jollasse sind wir für die Bereitwilligkeit zum grössten Danke verpflichtet, mit welcher dieselben das klinische und anatomische Material unseren Zwecken überlassen haben.

Hamburg, Oktober 1898.

Die Verfasser.

Auszug aus dem Inhaltsverzeichniss der ersten Abtheilung.

Kapitel I.

	Seite
Lage und Form der Augenlider	1—17
Umgrenzung und Furchen der Lider (§ 1)	1
Halobildung, Haut der Lider und Faltenentwicklung, Blepharochalasis, Degenerationszeichen (§ 2)	5
Die Höhe des Oberlides (§ 3)	5
Die sensiblen Nerven der Lider (§ 4)	6
Zweck der Lider, der Cilien und der Augenbrauen (§ 5)	6
Canities neurotica und Ausfallen der Wimpern durch nervöse Einflüsse	8
Die Stellung der Augenbraue bei Affekten	9
Hydropathien, periodische Oedeme und Hämorrhagien der Lider	10
Das akute cirkumskripte periodische Hautödem an den Lidern und Ekchymosen an denselben. Herpes der Lider und spontane Gangrän (§ 7)	12
Misshandlung der Lider bei Geisteskranken (§ 12)	16

Kapitel II.

Form und Weite der Lidspalte unter physiologischen und pathologischen Bedingungen	17—26
Die weite Lidspalte der Kinder (§ 13)	17
Abhängigkeit der Weite der Lidspalte von folgenden Einflüssen:	
a) der Tonus der Lidmuskulatur im Verhältniss zur Schwere der Lider (§ 14)	18
b) die Spannung der an den Bulbus sich inserirenden Muskeln (§ 15)	19
c) die relative Füllung der Orbita, der Musculus orbitalis Mülleri (§ 16)	20
d) Reizung und Lähmung des Sympathicus (§ 17), Muscul. palpebralis super. et inferior.	21
e) reflektorische Einwirkungen auf die Weite der Lidspalte (§ 18)	25
f) Einfluss der Grösse des Bulbus auf die Weite der Lidspalte (§ 19)	25
g) angeborene Fehler der Lider (§ 20)	25
Die Lidspalte im Tode (§ 21)	26

Kapitel III.

	Seite
Die Lidreflexe und das anatomische Verhalten des Musculus orbicularis palpebrarum	26-37
Lidreflexe vom Nervus opticus (§ 23)	27
Lidreflexe vom Trigemini (§ 24), das Stellwagsche Zeichen	29
Der Lidreflex bei Facialislähmung (§ 25)	31
Anatomische Verhältnisse des Musculus-orbicularis (§ 26) und die Mechanik des Lidschlags	32
Andere von der Conjunctiva und Cornea ausgelöste Reflexe (§ 27)	36

Kapitel IV.

Die Mitbewegungen zwischen den Lidern und dem Bulbus	37-67
a) Mitbewegungen zwischen dem Levator palpebrae und den Hebern und Senkern des Bulbus unter normalen Bedingungen (§ 28)	37
Pathologische Lockerung dieses Verhältnisses	41
Mitbewegungen des Oberlids bei kompletter Facialislähmung (§ 30)	42
Das von Graefe'sche Zeichen (§ 31)	43
b) Mitbewegungen zwischen dem musculus orbicularis und den Hebern des Bulbus (§ 32)	53
Das Rosenbach'sche Phänomen (§ 33)	55
c) zwangsweise Lidbewegungen bei seitlichen Bewegungen des Augapfels (§ 34)	56
d) Association von Lidbewegungen mit Veränderungen der Pupillenweite (§ 35)	59
e) Mitbewegungen des Oberlides bei Oeffnen des Mundes und bei Kaubewegungen (§ 36)	60
f) Mitbewegungen zwischen Lid und Nasenmuskulatur (§ 40)	61
g) Facialislähmung und Lidphänomen bei aktiver und bei unwillkürlicher Innervation verschiedener Gesichtsmuskeln	61

Kapitel V.

Der Krampf des Musculus levator palpebrae	67-71
--	-------

Kapitel VI.

Die Lähmung des Musculus Levator palpebrae superioris. Die Ptosis	71-306
Allgemeines über Ptosis (§ 43)	71
a) Die kongenitale Ptosis	78
α) Die einfache kongenitale Ptosis (§ 46)	78
β) Die kongenital-hereditäre Ptosis (§ 47)	82
Anatomische Befunde bei der kongenitalen Ptosis (§ 48)	84
Diagnose der kongenitalen Ptosis (§ 49)	91
b) Die kortikale Ptosis (§ 50)	96
c) Die isolirte doppelseitige Ptosis (§ 51)	104
d) Die Ptosis bei den Nuklearlähmungen infolge chronischer Krankheitszustände	109
Allgemeines über Nuklearlähmungen (§ 52)	109
Die Beziehungen der Kernlähmung des Musculus levator palpebrae superioris zum Augenfacialis (M. orbicul. palpebr. und frontalis) (§ 53)	114
α) Die Ptosis bei der chronischen, progressiven, aber isolirt bleibenden Ophthalmoplegia exterior (§ 54)	117
Die Diagnose dieser Krankheit (§ 55)	120

	Seite
Tabelle über die bis jetzt in der Litteratur bekannten Fälle dieser Krankheit	116
β) Die Ptosis bei Tabes und Taboparalyse (§ 57)	134
1. Die isolirte Ptosis bei diesen Krankheitszuständen (§ 58)	135
Vorkommen der Ptosis mit Abducenslähmung bei der Tabes (§ 59)	137
Die Ptosis als Initialsymptom (§ 60)	138
Die Differentialdiagnose zwischen cerebrosponialer Syphilis und Tabes incipiens (§ 61)	138
2. Die isolirte komplette, einseitige Oculomotoriuslähmung bei Tabes (§ 63)	141
Differentielle Diagnose zwischen isolirter kompletter Oculomotoriuslähmung bei Tabes und Lues (§ 64)	143
Das intermittirende Auftreten der Oculomotoriuslähmung bei Tabes (§ 65)	144
Anatomischer Befund bei der isolirten kompletten Oculomotoriuslähmung bei Tabes (§ 66)	144
3. Die Ptosis bei der tabischen Ophthalmoplegia exterior (§ 67)	145
Das vorübergehende Auftreten von Ptosis bei der tabischen Ophthalmoplegie	148
Differentialdiagnose bei Ophthalmoplegia exterior zwischen cerebrosponialer Lues und Tabes (68)	149
Differentialdiagnose bei Ophthalmoplegia exterior zwischen der isolirt bleibenden chron. Ophth. exter. und dem Initialstadium der Tabes	152
Anatomischer Befund bei den Fällen von tabischer und taboparalytischer Ophthalmoplegia exterior (§ 69)	153
Die Ptosis sympathica bei Tabes (§ 70)	156
Tabelle der Fälle von Ophth. ext. bei Tabes ohne Sektionsbefund	158
Tabelle der Fälle von Ophth. ext. bei Tabes mit Sektionsbefund	168
Tabelle der Fälle von Ophth. bei Tabes mit Paralyse und Psychosen mit Sektionsbefund	179
Die Ptosis bei der progressiven Paralyse (§ 73)	188
Tabelle der Fälle von Ophthalmoplegie bei progressiver Paralyse	191
γ) Die Ptosis bei der multiplen Sklerose (§ 74)	194
Differentialdiagnose zwischen andern Nervenkrankheiten (§ 75)	196
Pathol.-anatomischer Befund bei Ptosis bei mult. Sklerose (§ 76)	199
δ) Die Ptosis bei der Syringomyelie (§ 77)	200
Differentiell-diagnostische Bemerkungen (§ 78)	202
ε) Die Ptosis bei der chronischen und subchronischen Ophthalmoplegie, kombinirt mit Bulbärkern- und Vorderhorn-erkrankungen (§ 79)	203
I. Gruppe: Kombination der Ophthalmoplegie mit Bulbärkernaffektionen.	
a) Anfängliche Erkrankung der Augenmuskelkerne und späteres Uebergreifen der Affektion auf die rückwärts gelegenen Bulbärkerne (§ 80)	206
b) Späteres Hinzutreten der Augenmuskellähmungen zu den vorhandenen Bulbärsymptomen (§ 81)	208
II. Gruppe: Ophthalmoplegie kombinirt mit Bulbär- und Vorderhornaffektionen	209
a) Anfänglich Ophthalmoplegie, dann Auftreten von Bulbär- und Spinalerkrankungen (§ 82)	209
b) Anfänglich spinale, dann bulbäre Symptome und schliesslich Ophthalmoplegie (§ 83)	211
III. Gruppe: Kombination von Ophthalmoplegie mit Spinalaffektion, ohne dass es zur Entwicklung von Bulbärerscheinungen gekommen wäre	212

	Seite
a) zuerst Entwicklung von Ophthalmoplegie, dann Vorderhornerkrankung (§ 84)	212
b) zuerst Lähmungserscheinungen am Rumpf und den Extremitäten, später Hinzutreten von Ophthalmoplegie (§ 85)	212
Uebersicht über das Vorkommen von Ptosis bei diesen Zuständen (§ 86)	214
Anatomische Befunde über Fälle von chronischer Ophthalmoplegie, kombinirt mit Bulbärkern- und Vorderhornerkrankungen (§ 87)	215
Differentiell-diagnostische Bemerkungen betreffs dieser Krankheitsbilder (§ 88)	217
e) Die Ptosis bei der asthenischen Bulbärparalyse (§ 89)	219
Differentiell-diagnostische Bemerkungen zu dieser Krankheit (§ 90)	221
Anatomischer Befund bei derselben (§ 91)	226
Forme fruste der asthenischen Bulbärparalyse (Asthenische Ophthalmoplegie) (§ 92)	226
Tabelle über das Verhalten der Lider und der Bulbusmuskulatur bei den bis jetzt bekannten Fällen von asthenischer Bulbärparalyse	232
f) Die Ptosis bei den Nuklearlähmungen infolge subakuter oder akuter Krankheitszustände (§ 93)	236
1 Die Infektionen	237-263
α) Die Ptosis bei der postdiphtheritischen Augenmuskellähmung (§ 94)	236
Ueber den Sitz und die Natur des pathol.-anat. Prozesses bei dieser Krankheit (§ 95)	237
Tabelle über die Fälle von postdiphtheritischen Augenmuskellähmungen und Ptosis	240
β) Die Ptosis bei Influenza (§ 96)	248
Tabelle über die Fälle von Ptosis und Augenmuskellähmungen nach Influenza	250
γ) Die Ptosis nach Masern (§ 97)	254
δ) Die Ptosis bei dem Erysipel (§ 98)	256
ε) Die Ptosis bei der Meningitis cerebrospinalis epidemica (§ 99)	256
ζ) Die Ptosis bei Typhus (§ 100)	257
η) Die Ptosis bei der Pneumonie (§ 101)	258
θ) Die Ptosis bei dem Rheumatismus acutus (§ 102)	259
ι) Die Gerlier'sche Krankheit. Le vertige ptosique. Kubisagari. (§ 103)	261
2. Die Ptosis bei den Intoxikationen (§ 104)	263-292
α) Die Poliencephalitis haemorrhagica superior (Wernicke) (§ 105).	264-278
Tabelle über die in der Litteratur vorhandenen Fälle von Poliencephal. sup. haemorrh.	271
β) Die Ptosis bei der chronischen Bleivergiftung (§ 108)	278
Tabelle über die Fälle von chronischer Bleivergiftung mit Augenmuskelstörungen	280
γ) Die Ptosis beim Botulismus (§ 109)	278
Tabelle über die Fälle von Augenmuskelstörungen bei Botulismus	284
δ) Die Ptosis bei verschiedenen anderen Vergiftungen	291
3. Die Ptosis bei der akut entstandenen Ophthalmoplegie ohne auffindbares ätiologisches Moment (§ 110)	292
4. Die Ptosis bei der akuten Poliencephalomyelitis (§ 111)	297

Die **zweite Abtheilung** des ersten Bandes wird folgende Kapitel behandeln.

- g) Die Ptosis bei der Syphilis.
- h) Die Ptosis bei Erweichungsherden.
 - α) im Hirnschenkel,
 - β) im Kern- und Wurzelgebiet des N. oculomotorius. Embolie. Sinusthrombose.
- i) Die Ptosis bei Gehirnhämorrhagien.
 - α) Blutung an der Basis
 - β) Blutung in den Hirnschenkel.
 - δ) Blutung in die Kernregion und deren Umgebung.
 - ϵ) Blutung in den III. und IV. Ventrikel.
 - ζ) Fälle ohne Sektionsbefund.
- k) Die Ptosis bei Gehirntumoren.
- l) Die Ptosis bei basalen Affektionen.
 - α) bei Meningitis cerebrospinalis.
 - β) bei Meningitis tuberculosa.
 - γ) bei Aneurysmen.
- m) Die Ptosis nach Schädeltraumen.
- n) Die Ptosis bei der Polymyositis.
- o) Die Ptosis bei der multiplen Neuritis.
 - Die Ptosis bei funktionellen Nervenstörungen.
 - 1. Die Ptosis bei Hysterie.
 - 2. Die periodische Oculomotoriuslähmung.
 - 3. Der Schlaf.

VII. Kapitel Die Ptosis sympathica.

VIII. Kapitel. Der Krampf des Musc. orbicularis (Nervus facialis).

IX. Kapitel. Die Lähmung des M. orbicularis. Die Neurologie der Bindehaut. Die Neurologie der Hornhaut (Trigeminus. Kerat. neuroparal.). Die Thränenresektion.

Illustrationsproben.



Fig. 19.

F. K. Retraktion des rechten Oberlids. Wahrscheinlich forme fruste des Morb. Basedowii. Blick gerade aus.

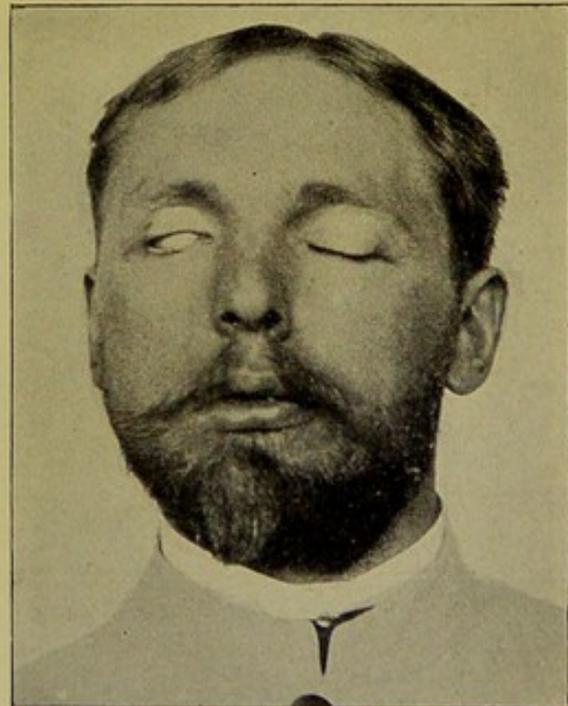


Fig. 25.

K. N. Rechtsseitige komplette Facialislähmung. Flucht der Cornea nach oben bei versuchtem Lidschluss.

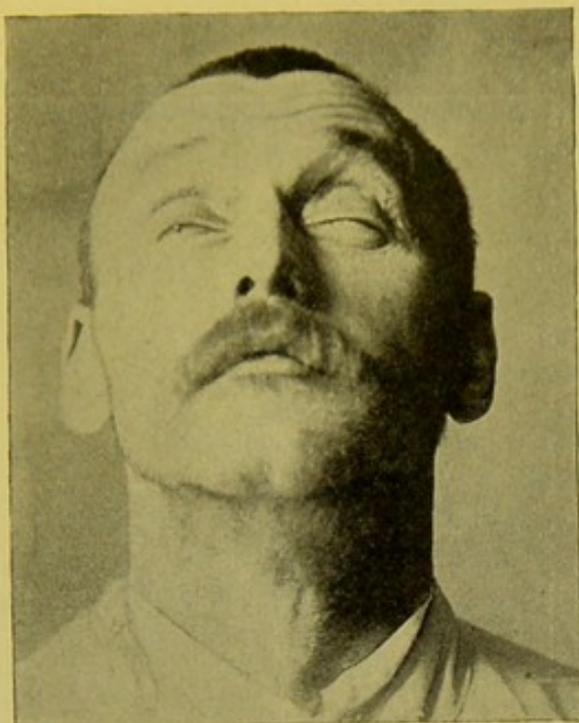


Fig. 31.

N. M. Doppelseitige Ptosis mit Oculomot. und Trochlearislähmung bei Tabes. Patient beugt den Kopf nach rückwärts, um die Pupille unterhalb des gelähmten Oberlids in die Lidspalte zu bringen.

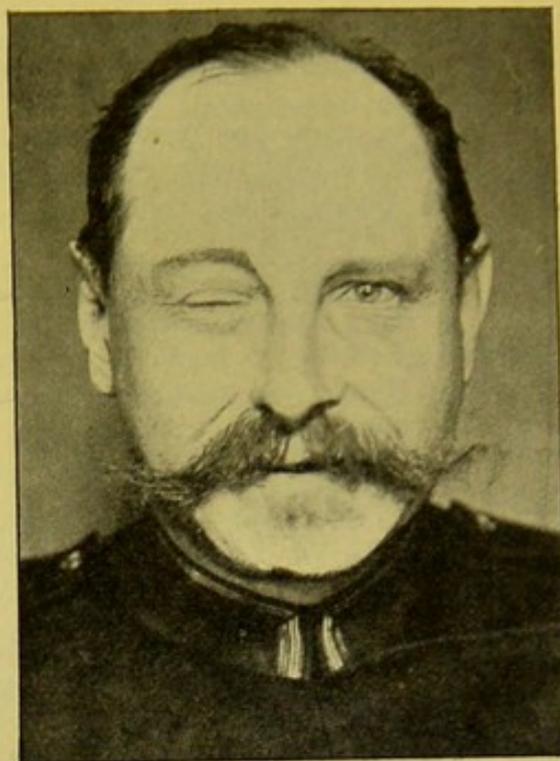


Fig. 28.

H. N. Rechtsseitige totale periphere Facialislähmung. Unwillkürliche Kontraktion der Lider dieses Auges beim Versuch, zu lachen.

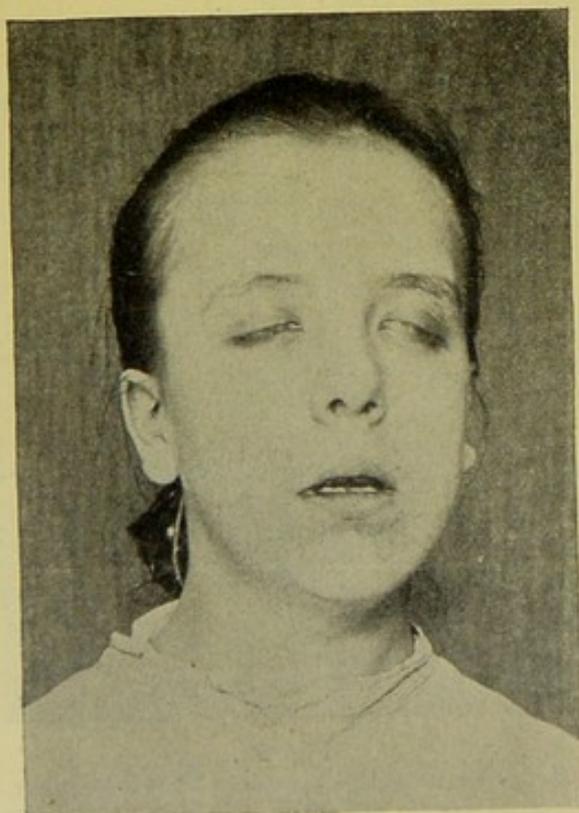


Fig. 16.

L. E. Doppelseitige, periphere, komplette Facialislähmung. Versuchter Lidschluss bei stärkstem Willensimpulse.

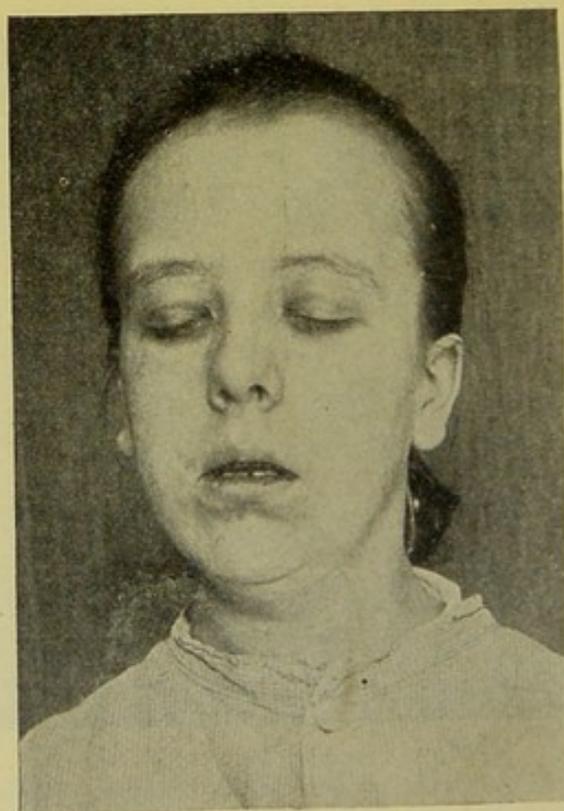


Fig. 17.

L. E. Doppelseitige, periphere, komplette Facialislähmung. Mitbewegung des Oberlides bei Senkung der Blickebene.