

## Weitere Untersuchungen über totale Farbenblindheit.

Von  
Prof. C. HESS.

Im Laufe der letzten Monate hatte ich wieder Gelegenheit, an mehreren von Geburt total Farbenblinden eine Reihe von Untersuchungen vorzunehmen, deren Ergebnisse ich im Folgenden kurz mittheile.

### I.

Bei dem gegenwärtigen Stande der Frage nach dem Sehen der total Farbenblinden scheinen wesentlich 4 Punkte für die Beantwortung strittiger Fragen von Interesse: 1. Findet sich entsprechend dem fovealen Netzhautbezirke des total Farbenblinden eine blinde Stelle? 2. Wie verhält sich, wenn eine solche blinde Stelle fehlt, das foveale Sehen des total Farbenblinden? 3. Wie verhält sich der Ablauf der Erregung nach kurzdauernder Reizung des Sehorgans? 4. Wie verhält sich die Nachdauer der Reize beim total Farbenblinden?

ad 1. Die Frage nach dem Vorhandensein oder Fehlen eines fovealen blinden Bezirkes hat die Untersucher in den letzten Jahren besonders beschäftigt. Da viele total Farbenblinde nur schlecht im Stande sind, fest zu fixiren, so erscheinen die gebräuchlichen Untersuchungsmethoden zu dem fraglichen Zwecke mindestens unzuverlässig. Ich habe daher schon vor einigen Jahren<sup>1</sup> eine einfache Methode angegeben, die uns von dem Nystagmus des Untersuchten unabhängig macht. Sie besteht im Wesentlichen in der Anwendung momentaner Belichtung. Bei einer intelligenten Farbenblinden konnte ich diese Methode sogar benutzen, um mittels der Nachbilder nach Momentanbelichtung den Nachweis zu liefern, daß die Betreffende eine foveale blinde Stelle von merklicher Ausdehnung nicht be-

---

<sup>1</sup> *Arch. f. Ophth.* 51 (2), 225 f.

safs. Doch genügt zu der fraglichen Untersuchung, wie leicht ersichtlich, bei passender Versuchsanordnung auch die Momentanbelichtung an sich (ohne Rücksicht auf die Nachbilder). Bei den neuen Versuchen wurde meist in der folgenden Weise vorgegangen: In einer grossen mattschwarzen Fläche sind zahlreiche kreisrunde Löcher von 8 mm Durchmesser derart ausgeschlagen, daß die einander zugekehrten Ränder der Löcher 10 mm von einander abstehen (bei einigen Versuchen wurden Löcher von 4 mm Durchmesser und 5 mm gegenseitigem Abstände benutzt). Die Löcher sind in regelmässigen waagerechten und senkrechten Reihen angeordnet, mit weißem Seidenpapier hinterlegt und im Dunkelmzimmer vor einer regulirbaren Lichtquelle derart aufgehängt, daß sie angenähert gleich hell erscheinen. Die Beobachtung erfolgt ohne jeden Fixirpunkt in verschiedenen Abständen mittels eines lichtdicht vor das Auge gehaltenen Momentverschlusses.

Der Normale sieht im Momente der Belichtung alle Löcher als runde Scheiben (oder, wenn das Auge zufällig während derselben eine Bewegung machte, als kurze helle Striche) in ihrer regelmässigen gegenseitigen Anordnung. Werden bei vielen aufeinanderfolgenden Versuchen eines oder mehrere der Löcher durch schwarze Blättchen in wechselnder Anordnung verdeckt, so ist Zahl und gegenseitige Lage der ausfallenden hellen Stellen jedesmal mit Sicherheit anzugeben.

Bei Vorhandensein einer dem fovealen Bezirke entsprechenden blinden Stelle müßte eine mehr oder weniger grosse Zahl von hellen Flecken ausfallen. Nehmen wir z. B. nur den kleinsten von v. KRIES für den Durchmesser des stäbchenfreien Bezirkes angenommenen Werth, wonach dieser, auf einen Abstand von 1 m projecirt, einem Durchmesser von 35 mm entspräche, so müßten bei einem (von mir thatsächlich benutzten) Abstände von 2 m bzw. 3,3 m durchschnittlich 12, bzw. 20 der hellen Scheiben vollständig unsichtbar sein, wenn diese 8 mm Durchmesser und 10 mm gegenseitigen Abstand haben.

Während mit den früher (und auch vielfach noch jetzt) benutzten Untersuchungs-Methoden günstigsten Falles ein centraler Ausfall nicht nachgewiesen werden kann, gestattet das hier angegebene Verfahren bei richtiger Verwendung in den betreffenden Fällen den Nachweis, daß ein centraler Ausfall nicht vorhanden ist.

Wollte Jemand einwenden, daß sehr kleine Netzhautdefecte auch bei dieser Versuchsanordnung der Beobachtung entgehen könnten, so zeigt die folgende Berechnung, daß es sich hier nur um so außerordentlich kleine Bezirke handeln würde, wie sie für unsere Frage gar nicht in Betracht kommen: Für eine bestimmte Blickrichtung müßte bei einem Abstände von 3 m der Netzhautdefect, der in einem einzelnen Versuche allenfalls der Beobachtung entgehen könnte, unter den günstigsten Voraussetzungen nur einen Durchmesser von weniger als 0,1 mm haben; da die Versuche aber stets viele Male und jedesmal bei anderer Blickrichtung wiederholt wurden, so müßte thatsächlich auch ein noch viel kleinerer Defect aufgedeckt werden. Der Durchmesser des Theiles aber, wo nur Zapfen vorhanden sind, beträgt (KOSTER) 0,5 mm, jener, wo die Zapfen vorherrschen, 0,8 mm. Es zeigt sich also, daß unsere Methode auch solche Defecte nachzuweisen gestattet, die nur einem sehr kleinen Bruchtheile des Durchmessers der Fovea entsprechen würden, während andererseits richtige Angaben bei häufiger Wiederholung des Versuches das Vorhandensein eines hier irgend in Betracht kommenden Defectes ausschließen lassen.

ad 2. War das Fehlen einer fovealen blinden Stelle mit der ersten Methode nachgewiesen, so wurde das foveale Sehen des total Farbenblinden in der folgenden Weise untersucht: Nach Dunkeladaptation von ca.  $\frac{1}{4}$  Stunde wurden 7 kleine runde Flächen von ca. 4 mm Durchmesser und 15 mm gegenseitigem Abstände sichtbar gemacht, von welchen 6 in Form eines regelmäßigen Sechseckes um ein siebentes, central gelegenes angeordnet waren; ihre Helligkeit konnte nach Bedürfnis regulirt und insbesondere auch sehr gering gemacht werden. Bei einem Theile der Versuche wurde der schwarze Carton, aus dem die Löcher ausgeschlagen waren, in der Thür eines Dunkelzimmers angebracht und vom Nebenzimmer aus mittels eines gegen das Licht drehbaren weißen Schirmes gleichmäßig von rückwärts belichtet. Bei anderen Versuchen war der Carton mit den Löchern vor einer Milchglasplatte befestigt, die von rückwärts durch eine regulirbare Mattglasglühlampe beleuchtet wurde. Meist war noch eine rothe Scheibe an passender Stelle eingefügt, um den Einfluß des Maculapigmentes auszuschalten. Zur Erleichterung der Beobachtung im indirecten Sehen wurde ein kleiner mit Leuchtfarbe bestrichener Punkt an geeigneter Stelle excentrisch angebracht.

ad 3. Zur Untersuchung des Ablaufes der Erregung nach momentaner Reizung wurde ein in lichtdichter Hülse eingeschlossenes Glühlämpchen von ca. 4 Volt benutzt, dessen durch Convexlinse parallel gemachte Strahlen ein rundes Milchglas-



scheibchen von ca. 2 cm Durchmesser von rückwärts beleuchteten; die Lichtstärke war durch Rheostaten variirbar. Das Lämpchen wurde im Dunkelzimmer mit mäßiger Geschwindigkeit vor den Augen vorübergeführt und war vor Beginn und nach Schluß der Bewegung ausgeschaltet, so daß der Beobachter sich dann im völlig dunklen Raume befand. Mit der gleichen Vorrichtung wurde die Untersuchung über die Nachdauer der Reizung vorgenommen.

---

Fall I. Frau L. 52 Jahre alt. Typische angeborene totale Farbenblindheit. Beträchtliche Lichtscheu. Die v. HIPPEL'schen Pigmentgleichungen stimmen angenähert auch für diese Patientin. Beiderseits hypermetropischer Astigmatismus. Refraction im horizontalen Meridian = 6 D. im verticalen = 8 D. Im rechten Auge findet sich auf der temporalen Seite der Papille ein unregelmäßig begrenzter, ca. 6—8 Papillendurchmesser großer hell gelbröthlicher Herd, der von Pigment eingesäumt ist. Das Auge hat eine Sehschärfe von ca.  $\frac{1}{20}$  und beträchtlichen Nystagmus.

Am linken Auge ist auch bei maximal erweiterter Pupille und Untersuchung im aufrechten Bilde in der Foveagegend nicht die geringste krankhafte Veränderung zu sehen. Sehschärfe mit + 6 D. =  $\frac{6}{60}$ — $\frac{6}{36}$ . Bei etwas herabgesetzter Beleuchtung ist das Sehen ein wenig besser, als bei heller. Aber schon bei solcher Herabsetzung der Beleuchtung, bei welcher der Normale noch eine Sehschärfe von  $\frac{6}{8}$ — $\frac{6}{10}$  hat, nimmt diese bei der Patientin wieder deutlich ab. Alle Beobachtungen wurden nur mit diesem besseren Auge vorgenommen. Es zeigte keinen merkbaren Nystagmus.

Die Untersuchung des fovealen Gebietes in der oben geschilderten Weise ergab, daß eine blinde Stelle nicht vorhanden ist. Die Patientin gab bei Auslösen des Momentverschlusses stets richtig an, ob alle hellen Flecke sichtbar oder ob einer oder mehrere derselben verdeckt waren und erkannte auch stets die gegenseitige Lage der verdeckten Flecke. Bei Bewegung des Glühlämpchens gelang es ohne viele Mühe, ihr die beiden hellen Nachbild-Phasen sichtbar zu machen, die der Normale unter solchen Umständen wahrnimmt<sup>1</sup>, und zwar sah sie diese nach

---

<sup>1</sup> Von mir [*Arch. f. Ophth.* 51 (2), 229] als Phase 3 und 5 des Nachbild-



ihrer Beschreibung anscheinend ebenso wie wir (selbstverständlich bis auf die Farbe). Insbesondere dauerten beide bei ihr sicher nicht länger als bei uns.

Eine centrale Minderempfindlichkeit der Fovea im dunkeladaptirten Auge war mittels des oben beschriebenen Verfahrens leicht und sicher nachzuweisen; im helladaptirten war eine solche nicht vorhanden.

Fall II. Herr E. 51 Jahre alt, Bruder der vorigen. Skiaskopisch: Hypermetropie rechts von ca. 7 Dioptrieen, links von 2,5 *D*. Sehschärfe bei heller Beleuchtung rechts mit  $+6$  *D* cyl.  $+0,5$  *D* Axe horizontal =  $\frac{6}{60}$  fast, links mit  $+2,5$  *D* =  $\frac{6}{60}$  fast. Bei etwas herabgesetzter Beleuchtung giebt Herr E. an, die Buchstaben deutlicher zu sehen, doch steigt die Sehschärfe nicht über  $\frac{6}{60}$ . Nystagmus ist nur zeitweise und auch dann nur minimal vorhanden. Der Patient kann jedenfalls längere Zeit ohne Nystagmus fixiren. Die Lichtscheu ist beträchtlich. Ophthalmoskopisch (Untersuchung bei erweiterter Pupille im aufrechten Bilde) findet sich am rechten Auge in der Maculagegend eine ca. papillengroße, unregelmäßige, gelblichrothe Stelle, die gegen die Umgebung nicht scharf abgegrenzt ist. Zum Theile in ihr, zum Theile an ihrem Rande sieht man einige kleinste, hell glänzende Pünktchen. Am linken Auge sind ungefähr in der Maculagegend gleichfalls 4—5 solcher kleinster glänzender Pünktchen sichtbar, doch ist eine hellere Partie (wie die am anderen Auge), hier nicht vorhanden. Zu unseren Untersuchungen wurde vorwiegend dieses Auge benutzt.

Bei Prüfung mit Momentbelichtung gab Herr E. sofort und stets richtig an, ob alle Scheibchen sichtbar oder ob eines oder mehrere verdeckt waren. Die Prüfung auf centrale Minderempfindlichkeit ergab, daß eine solche im dunkeladaptirten Auge sehr ausgesprochen, im helladaptirten dagegen nicht vorhanden war. Die Phasen 3 und 5 des Nachbildverlaufes sah auch dieser total Farbenblinde bald und offenbar im Wesentlichen nicht anders als wir; sicher dauerten sie, ebenso wie die primäre Erregung, bei ihm nicht länger als bei uns.

Wurde ein hell leuchtendes, kleines Glühlämpchen im Dunkelmzimmer einigemale rasch an den Augen vorübergeführt, so

---

verlaufes nach momentaner Belichtung beschrieben; vgl. auch S. 116 des vorliegenden Aufsatzes.

nahmen Herr E. und seine Schwester nach Unterbrechung des Stromes die bekannten hellen Nachbildlinien wahr. Für Frau L. waren sie meist ebenso lang oder etwas kürzer sichtbar als für uns, für Herrn E. anscheinend noch kürzer als für seine Schwester. Weiter konnte ich bei Herrn E. und bei seiner Schwester noch einige Versuche über die Nachdauer der Erregung nach längerer Ermüdung des Sehorganes anstellen, da beide im Stande waren, ohne Nystagmus genügend zu fixiren. Mit dem Projectionsapparate wurde auf dunklem Grunde ein großes helles Kreuz entworfen, dessen Schenkel eine Länge von ca. 1 Meter und eine Breite von 20 cm hatten und dessen Mitte durch einen schwarzen Punkt kenntlich gemacht war. Nach Fixiren dieses durch 30 Secunden (aus ca. 4 Meter Entfernung) wurde an Stelle des Kreuzes eine große gleichmäßig helle Fläche mit centralem Fixirpunkte sichtbar. Beide total Farbenblinde sahen nun ein dunkles Kreuz auf hellem Grunde, das bei wiederholten Versuchen für sie keinenfalls länger, meist ein wenig kürzer sichtbar schien als für uns.

Fall III. Frl. V. 60 Jahre alt. Typische totale Farbenblindheit, mäßige Lichtscheu, die v. HIPPEL'schen Gleichungen stimmen angenähert auch für diese Dame. Leicht hypermetropischer Astigmatismus. Die ophthalmoskopische Untersuchung ergab bei gewöhnlicher Pupille nichts Abnormes am Augenhintergrunde. Homotropinisirung wurde nicht gestattet.

Minderung der Beleuchtung hatte keine merkliche Besserung der Sehschärfe zur Folge. Die Untersuchung auf eine foveale blinde Stelle im helladaptirten, auf centrale Minderempfindlichkeit im dunkeladaptirten Auge sowie die Untersuchung auf Nachbilder nach kurzdauernder Reizung hatte im Wesentlichen das gleiche Ergebniss wie bei Fall I und II.

(Diese Untersuchung wurde gemeinsam mit Herrn Geh.-Rath HERING vorgenommen.)

Fall IV. Herr Geh.-Rath HERING hatte die Freundlichkeit, die schon früher von uns untersuchte, jetzt 35-jährige total farbenblinde Frl. F. mit der oben beschriebenen Methode der momentanen Belichtung auf das Vorhandensein einer centralen blinden Stelle zu untersuchen. Das Verfahren ergab, in Uebereinstimmung mit dem früher von uns auf anderem Wege Ermittelten, daß eine centrale blinde Stelle auch bei dieser Dame nicht vorhanden war. Bei Untersuchung mit bewegtem, schwach



leuchtendem Glühlämpchen schien sie das nachlaufende Bild (Phase 3) ganz gut zu sehen. Bezüglich der Phase 5 hatten wir schon früher festgestellt, daß sie „das Nachbild, entsprechend der vom Lichte durchmessenen Bahn, in Form eines leuchtenden Schweifes sah, der (bei öfter wiederholten Versuchen) für sie angenähert ebenso lange bestehen blieb, wie für ein normales Auge unter gleichen Bedingungen“.

Das Vorhandensein einer centralen Minderempfindlichkeit bei Dunkeladaptation, das wir gleichfalls schon früher nachgewiesen hatten, wurde mit der geschilderten Methode nochmals festgestellt.

Fall V. J. R. 12 Jahre alt.

In der Familie sollen mehrfach Sehstörungen aufgetreten sein, über die sich indes nichts Genaueres ermitteln liefs. Der Vater des Patienten hat die Tochter seiner Cousine zur Frau.

Sehschärfe beiderseits =  $\frac{6}{60}$ ; einfach myopischer Astigmatismus von ca. 2,5 D, dessen Correction die Sehschärfe nicht nennenswerth bessert. Nystagmus beider Augen und Lichtscheu sind hier stärker ausgesprochen als in den anderen von mir bisher untersuchten Fällen. Patient giebt an, bei herabgesetzter Beleuchtung besser zu sehen; objectiv war eine solche Besserung aber nicht nachweisbar. Die Untersuchung auf etwaiges Vorhandensein einer fovealen blinden Stelle mit der oben angegebenen Methode hatte das gleiche Ergebnifs, wie bei den vorher angeführten Fällen. Phase 3 des Nachbildverlaufes nach momentaner Reizung des Sehorgans wurde schon nach wenigen Versuchen wahrgenommen und erschien dem Patienten offenbar ganz ähnlich, wie uns. Insbesondere war die Dauer der Sichtbarkeit der Phasen 1 und 3 auch bei ihm sicher nicht merklich gröfser als bei uns.

Weitere Versuche wurden mit der kleinen, helleren Glühlampe angestellt, die einigemale rasch vor den Augen hin und her bewegt wurde. Der Patient sah, ebenso wie wir, nach Schluß der Reizung helle Nachbildlinien, die ihm (bei oft wiederholten Versuchen), meist angenähert ebenso lang wie uns, sicher nicht länger, sichtbar waren. Die Untersuchung auf etwaige centrale Minderempfindlichkeit des dunkeladaptirten Auges konnte wegen des Nystagmus nicht vorgenommen werden. Auch die ophthalmoskopische Untersuchung liefs sich deshalb trotz vieler Bemühungen (am homotropinisirten Auge) nicht mit gewünschter



Genauigkeit durchführen. Größere Veränderungen fehlten. Der Hintergrund erschien stark marmorirt, zuweilen schienen kleine helle Herdchen in der Netzhaut sichtbar; doch liefs sich nicht feststellen, ob sie dem fovealen Gebiete entsprachen.

## II.

Wenn wir untersuchen wollen, inwieweit die im Vorstehenden mitgetheilten Ergebnisse für unsere Auffassung von der totalen Farbenblindheit von Werth sein können, so mögen zunächst einige Bemerkungen über die v. KRIES'schen Erklärungsversuche schon um deswillen hier Platz finden, weil diese immer noch auch unter Ophthalmologen Anhänger zu haben scheinen.

Die bekannte Lichtscheu der total Farbenblinden hatte v. KRIES aus seiner Hypothese zu erklären gesucht mit den Worten: „Diese Deutung (sc. der »Monochromaten« als »Stäbchen-seher«) wird sich, von manchem anderen abgesehen, auch dadurch empfehlen, daß sie eine einfache Erklärung für die herabgesetzte Sehschärfe und die Lichtscheu jener total Farbenblinden giebt.“ Andererseits hatte aber v. KRIES angegeben, daß der Stäbchenapparat vermutlich „keine sehr intensiven Lichtempfindungen zu liefern vermag“ und daß im hellen Lichte „ihre (sc. der Stäbchen) Effecte gegenüber denjenigen der Zapfen dann mehr zurücktreten“.

Ferner nimmt v. KRIES an (was lange vor ihm schon von KÜHNE, PARINAUD und Anderen eingehend erörtert worden war), der Stäbchenapparat sei „vor Allem durch seine hochgradige Adaptationsfähigkeit ausgezeichnet, welche mit großer Wahrscheinlichkeit auf den wechselnden Sehpurpurgelalt der Stäbchen zurückgeführt werden kann“. Die beiden zuerst angeführten Annahmen stehen, wie wir zeigten,<sup>1</sup> mit den Thatsachen in Widerspruch: Die v. KRIES'sche Hypothese könnte unmöglich die „Lichtscheu“ der total Farbenblinden erklären; vielmehr müßte nach ihr gerade das Gegentheil von Lichtscheu erwartet werden.

v. KRIES schreibt nun<sup>2</sup>: „Auch das endlich ist eine von HERING und HESS mir zugeschriebene, von mir aber niemals

---

<sup>1</sup> HESS u. HERING. Untersuchungen an total Farbenblinden. *Pflüger's Arch.* 71, S. 105.

<sup>2</sup> *Diese Zeitschrift* 25.

ausgesprochene Meinung, daß der total Farbenblinde in hellerer Beleuchtung wegen Einbuße an Sehpurpur nur dunkles Grau empfinden könne.“ Diese Behauptung von v. KRIES ist irrig. Die fragliche Stelle unserer Arbeit lautet: „Nach der v. KRIES'schen Hypothese wäre ja das schlechtere Sehen der total Farbenblinden bei stärkerer Beleuchtung darauf zurückzuführen, daß dabei der Sehpurpur ihrer Stäbchen zu stark abnimmt, daher sie dann nicht einmal mehr mäßig helles Grau, sondern nur dunkles Grau trotz starker Beleuchtung empfinden könnten.“ Wir haben nicht v. KRIES die fragliche Meinung zugeschrieben, sondern lediglich einen nach unserer Ansicht nothwendigen Schluß aus der v. KRIES'schen Hypothese gezogen. Nun sucht v. KRIES der Nothwendigkeit dieses Schlusses durch den Satz zu begegnen: „Ob die Adaptation für den Empfindungseffect die Wechsel der Beleuchtung ganz oder theilweise compensire oder übercompensire (wie H. und H. ohne jeden Grund postuliren), darüber habe ich nie eine Meinung ausgesprochen.“

Es ist schlechterdings unverständlich, wie v. KRIES diesen Satz schreiben konnte, angesichts der Thatsache, daß er von den Stäbchen einerseits ganz allgemein sagt, daß sie auch bei starker Reizung nicht die Empfindung großer Helligkeit, sondern nur die eines mäßig hellen Grau zu liefern vermögen und andererseits ausdrücklich hervorhebt, daß wir uns die Stäbchen im helladaptirten Auge „von sehr viel geringerer Erregbarkeit als im purpureichen Zustande vorstellen müssen“.<sup>1</sup>

Wenn die Stäbchen überhaupt — also auch wenn sie purpureich sind — nur die Empfindung eines mäßig hellen Grau selbst „bei starker Reizung“ zu liefern vermögen und wenn ihre Erregbarkeit im helladaptirten, also purpurarmen Auge „sehr viel geringer“ ist, so könnte doch offenbar auch im günstigsten Falle nur die Empfindung eines dunklen Grau resultiren. Ich überlasse dem Leser das Urtheil über die v. KRIES'sche Bemerkung, daß wir diesen Schluß „ohne jeden Grund“ postulirt hätten.

---

<sup>1</sup> *Arch. f. Ophth.* 42 (3), 132: „Und die Frage (sc. des Purpurgelhalts) betrifft keineswegs bloß die der Fovea am meisten benachbarten Stäbchen, sondern auch die peripheren im helladaptirten Auge, welche wir uns sicherlich auch functionsfähig, nur eben von sehr viel geringerer Erregbarkeit als im purpureichen Zustande vorstellen müssen.“

Unsere Erörterungen über den fraglichen Punkt hatten in erster Linie die Lichtscheu der total Farbenblinden zum Gegenstande. Nach der v. KRIES'schen Hypothese müßte, wie wir dort zeigten, in viel höherem Grade als der total Farbenblinde der Normale an Lichtscheu leiden, da ja im hellen Lichte „die Reizungseffecte der Zapfen in einem großen Uebergewichte“ sein sollen.

Diesen Punkt unserer Erörterung hat v. KRIES in seiner Entgegnung unberührt gelassen. Er erwähnt die Lichtscheu der total Farbenblinden mit keinem Worte mehr, versucht dagegen deren schlechtes Sehen bei heller Beleuchtung durch zwei Hypothesen, eine ganz neue und eine schon früher von ihm geäußerte, zu erklären. Er schreibt: „M. E. beruht das schlechte Sehen der total Farbenblinden in hellem Lichte auf der hochgradigen localen Adaptation und dem sehr langen Nachdauern der Reize“.

Es ist zu untersuchen, inwieweit diese beiden Hypothesen den bisher beobachteten Thatsachen entsprechen. Den Begriff der „localen Adaptation“ entlehnt v. KRIES den HERING'schen Anschauungen; HERING<sup>1</sup> hat denselben mit folgenden Worten charakterisirt: „So oft aneinandergrenzende Theile des somatischen Sehfeldes in unverändert anhaltender Weise verschieden stark oder verschieden farbig belichtet werden, ändern sich unter dem Einflusse des Lichtes und infolge der Wechselwirkung der Sehfeldstellen die Erregbarkeiten der letzteren derart, daß sehr bald die Verschiedenheit der Belichtung durch eine sich in entgegengesetztem Sinne entwickelnde Verschiedenheit der Erregbarkeiten ausgeglichen wird, und nun beide Sehfeldstellen gleich hell bzw. gleich farbig erscheinen.“ (Diese locale Adaptation HERING's erklärt z. B. die Thatsache, daß wir für gewöhnlich von der Macula und dem Gefäßschatten der Netzhaut nichts wahrnehmen.) So erfreulich es ist, wenn v. KRIES sich auch hier den HERING'schen Anschauungen nähert, so ist doch auf die folgenden Schwierigkeiten und Widersprüche in dem erwähnten Erklärungsversuche hinzuweisen. v. KRIES schreibt<sup>2</sup>: „Aus der leichten Ermüdbarkeit der Stäbchen, der großen Bedeutung dessen, was HERING locale Adaptation nennt, erklärt

<sup>1</sup> HERING. Ueber den Einfluß der Macula lutea auf spectrale Farbgleichungen. *Pflüger's Arch.* 54, S. 278.

<sup>2</sup> *Centralbl. f. Physiol.* 1894, S. 697.



sich ferner, was wir namentlich bei Beobachtung dunkler Objecte auf hellem Grunde sehr auffällig fanden, daß der mit seinen Stäbchen sehende Trichromat um kleine Gegenstände zu erkennen, das Auge fortwährend hin und her bewegen muß. Es ist wohl keine zu kühne Vermuthung, daß in dem gleichen Umstande auch der von den meisten Monochromaten angegebene Nystagmus seine Erklärung findet“.

Die Fassung der ersten Hälfte dieses Satzes kann dem Leser leicht ein unzutreffendes Bild von der HERING'schen Anschauung geben, insofern es den Anschein haben muß, als sei nach HERING die locale Adaptation etwa gleichbedeutend mit Ermüdbarkeit der Stäbchen. Dies ist aber unrichtig; denn einmal hat HERING sich niemals über Bedeutung der Stäbchen oder Zapfen für die locale Adaptation geäußert, ferner aber, und dies ist noch wesentlicher, hat er ja gezeigt, daß locale Adaptation nicht gleichbedeutend mit Ermüdung ist, daß dieselbe keineswegs einseitig als ein Ermüdungsvorgang aufgefaßt werden darf.

Aber selbst wenn die locale Adaptation in dem von v. KRIES gewollten Sinne die Ursache des schlechten Sehens der „Trichromaten“ bei stark herabgesetzter Beleuchtung wäre, so wäre es doch unzulässig, in gleicher Weise das schlechte Sehen der „Monochromaten“ bei heller Beleuchtung zu erklären. Denn diese Annahme wäre ja nur unter der unzutreffenden Voraussetzung statthaft, daß die locale Adaptation innerhalb enorm weiter Grenzen unabhängig wäre von der Intensität der Beleuchtung. Wenn ein normales Auge während der Dämmerung oder überhaupt bei schwacher Beleuchtung z. B. ein dunkles Object auf hellem Grunde „nur mit seinen Stäbchen sieht“, so sind einerseits die absoluten Intensitätsunterschiede, andererseits die subjectiven Helligkeiten und ihre Unterschiede ganz andere, als wenn ein total Farbenblinder das gleiche Object bei starker Beleuchtung betrachtet. Es ist nicht angängig, so ohne Weiteres aus den Verhältnissen bei sehr schwacher Beleuchtung Schlüsse auf gleiches Verhalten der localen Adaptation bei starker Beleuchtung zu ziehen.

Es möge hier hervorgehoben werden, daß v. KRIES für den Nystagmus der total Farbenblinden eine ganz andere Erklärung heranzieht, als sein Schüler NAGEL. Letzterer schreibt [*Arch. f. Augenheilk.* 44 (2), 160]: „Wichtig für unsere Frage ist die Thatsache, daß in fast allen bekannt gewordenen Fällen totaler Farbenblindheit Nystagmus entweder dauernd bestand oder doch vorübergehend auftrat; auch Strabismus ist häufig erwähnt. Diese

Dinge erklären sich sehr einfach, wenn man Ausfall der Foveafunction annimmt.“<sup>1</sup>

Während also v. KRIES selbst den Nystagmus aus der localen Adaptation zu erklären sucht, greift sein Schüler NAGEL wieder auf die alte KÖNIG'sche Erklärung zurück, welche ja schon darum hinfällig ist, weil in den uncomplicirten Fällen von totaler Farbenblindheit ein solcher centraler Ausfall gar nicht vorhanden ist, wie wir bisher an 7 genauer untersuchten Fällen nachweisen konnten.

Eine ganz neue Hypothese stellt die v. KRIES'sche Behauptung dar, daß das schlechte Sehen der total Farbenblinden in hellem Lichte auf „dem sehr langen Nachdauern der Reize“ beruhe.<sup>2</sup> Diese Fassung muß bei dem mit der Sache weniger Vertrauten die Meinung erwecken, daß es sich bei dem „sehr langen Nachdauern der Reize“ um eine feststehende Thatsache handle. Es ist daher zu betonen, daß bisher nicht eine einzige Thatsache bekannt geworden ist, die beim total Farbenblinden ein längeres Nachdauern der Reize als beim Normalen auch nur wahrscheinlich machte; wohl aber spricht eine Reihe von leicht festzustellenden Thatsachen aufs Bestimmteste gegen diese Annahme. So haben wir bei mehrfachen Untersuchungen an verschiedenen total Farbenblinden festgestellt, daß nach momentaner Reizung mit Lichtern von sehr verschiedener Lichtstärke nicht nur der Typus des Abklingens der Nachbilder, sondern auch die Dauer ihrer Sichtbarkeit bestimmt nicht größer ist, wie bei uns. Bei mehreren der neuerdings von mir Untersuchten habe ich mein besonderes Augenmerk auf diesen Punkt gerichtet und den Nachweis führen können, daß weder bei momentaner, noch bei längerdauernder Reizung, weder bei geringen, noch bei höheren Lichtstärken dieses von v. KRIES behauptete „sehr lange Nachdauern der Reize“ existirt.

Die v. KRIES'sche Behauptung von der sehr langen Nachdauer der Reize ist somit schon thatsächlich unrichtig. Es hätte aber des Nachweises dieser Unrichtigkeit gar nicht bedurft, um die Unvereinbarkeit seiner Annahme mit den Thatsachen darzuthun: Da die Stäbchen des Normalen in gleicher Weise functioniren sollen, wie die des total Farbenblinden, so wäre zunächst zu erwarten, daß auch für den Normalen bei hellem Lichte ein sehr langes Nachdauern der Reize bestünde; nun sagt aber v. KRIES: „Für den Normalen ist dies nicht der Fall, weil die Reizungseffecte der Zapfen in einem großen Ueber-

<sup>1</sup> Im Original nicht gesperrt gedruckt.

<sup>2</sup> *Diese Zeitschr.* 19, S. 181.



gewichte sind.“ v. KRIES muß also hier annehmen: 1. Daß der im großen Uebergewichte vorhandene Reizungseffect der Zapfen viel kürzer dauert als der schwächere Reizungseffect der Stäbchen und 2. daß er trotz seiner kürzeren Dauer im Stande ist, das „lange Nachdauern“ des Reizungseffectes der Stäbchen auf irgend welche Weise zu hemmen.<sup>1</sup>

Beides sind nothwendige Consequenzen der v. KRIES'schen Anschauungen; daß wir uns nicht weiter mit ihnen beschäftigen, bedarf wohl keiner Begründung. Uebrigens ist es v. KRIES anscheinend gar nicht klar geworden, daß seine beiden Erklärungsversuche für das schlechte Sehen der total Farbenblinden, „die hochgradige locale Adaptation“ und das „sehr lange Nachdauern der Reize“ sich gegenseitig direct ausschliessen: Wo hochgradige locale Adaptation besteht, dauern die Reize nicht lange nach, und bei sehr langer Nachdauer der Reize kann nicht von hochgradiger localer Adaptation die Rede sein.

Eine besondere Besprechung erfordert die Frage nach dem fovealen Sehen der total Farbenblinden.

Bekanntlich hatte v. KRIES früher nur die Hypothese erörtert, daß beim total Farbenblinden „lediglich Mangel oder Functionsunfähigkeit des Zapfenapparates vorliegt, während die sonstigen Verhältnisse, insbesondere die räumliche Vertheilung der Stäbchen mit der Norm übereinstimmen“. Nachdem die Unhaltbarkeit dieser Hypothese von uns nachgewiesen worden war, erklärte v. KRIES, es sei für ihn wahrscheinlich, „daß in gewissen Fällen von angeborener totaler Farbenblindheit überall statt der Zapfen Stäbchen gebildet werden und daß also u. A. ein der normalen Fovea entsprechender blinder Bezirk, ein Scotom, nicht existirt“. Thatsächlich hatten wir schon vor v. KRIES auch diese Möglichkeit eingehend erörtert und gezeigt, daß bei den von uns untersuchten total Farbenblinden ganz so wie beim Normalen, entsprechend der Stelle des directen Sehens sich ein Netzhautbezirk findet, der im dunkeladaptirten Auge für schwache Lichtreize relativ weniger erregbar ist, als die umgebenden Netzhautpartien, so daß genügend lichtschwache Objecte bei centralem Fixiren ganz unsichtbar werden. „Da nun“, so sagten wir, „die gleiche Erscheinung offenbar in ganz analoger Weise auch bei den total Farbenblinden auftritt, so

<sup>1</sup> Und doch soll wieder der monochromatische Apparat vom farben-tüchtigen Hellapparate „unabhängig“ sein. [*Arch. f. Ophth.* 42 (3).]



sind wir wohl berechtigt, es wahrscheinlich zu finden, daß der analogen Function eine analoge anatomische Anordnung der lichtempfindlichen Elemente entsprechen dürfte.“

Hiergegen wendet sich nun v. KRIES mit den Worten:

„Nicht minder unzutreffend ist es, wenn die Verfasser einen Widerspruch gegen meine Annahmen daraus herleiten wollen, daß auch das total farbenblinde Auge, dunkeladaptirt, central geringere Lichtempfindlichkeit besitze. Weil nach mir, wie sie sagen, die centrale Minderempfindlichkeit »lediglich dadurch bedingt sein soll, daß die Netzhaut an dieser Stelle nur Zapfen enthält«, schreiben sie mir die Meinung zu, daß alle überhaupt stäbchenhaltige Theile gleiche Empfindlichkeit besitzen müßten. Ich wüßte nicht, welche Stelle meiner Arbeiten berechtigen könnte, mir diese Annahme, die alle Möglichkeiten verschiedener Leitungsverhältnisse, verschiedenen Purpurreichthums u. s. w. schlechtweg ignorirte, auch nur als Vermuthung, geschweige als nothwendiges Requisit der Stäbchentheorie zuzuschreiben“.

Zunächst möge hier angeführt werden, daß v. KRIES für das normale Auge ausdrücklich hervorgehoben hat, daß nach seiner Meinung alle hier in Betracht kommenden stäbchenhaltigen Theile gleiche Empfindlichkeit besitzen. Denn er schreibt (*diese Zeitschrift* 15 S. 258): Im dunkeladaptirten Zustande „findet sich, wie man einfach sagen kann, keine merkbare Differenz zwischen den paracentralen Theilen und den mehr excentrischen“. Und weiter: Es „darf wohl der Satz als genügend gesichert gelten, daß im dunkeladaptirten Zustande die verschiedenen Theile der Netzhaut alle übereinstimmend, auch die Peripherie also mit einem Helligkeitsverhältniß sieht, welches der bekannten Vertheilung der Dämmerungswerthe entspricht.“ Hiernach mußte der unbefangene Leser doch wohl vermuthen, daß, wenn überall statt der Zapfen Stäbchen gebildet werden sollen, diesen Stäbchen auch die charakteristischen Merkmale der übrigen Stäbchen zugeschrieben werden würden. Die Annahme, daß sie wesentlich anders functioniren sollten, wie alle Stäbchen auf der ganzen übrigen Netzhaut, war doch zu fernliegend! Um nun die Hypothese, daß beim total Farbenblinden überall statt der Zapfen Stäbchen gebildet seien, zu retten, macht v. KRIES zwei neue Hypothesen, von welchem die eine schon deshalb außer Betracht bleiben kann, weil sie mit gut constatirten Thatsachen in Widerspruch steht. Denn wenn die

centrale Minderempfindlichkeit des dunkeladaptirten total farbenblinden Auges durch Verschiedenheit der Leitungsverhältnisse bedingt wäre, so müßte sie sich im helladaptirten Auge in ähnlicher Weise zeigen, wie im dunkeladaptirten; dies trifft aber nicht zu, wie wir an mehreren uncomplicirten Fällen zeigen konnten: Im helladaptirten Auge der total Farbenblinden fehlt, ebenso wie beim Farbentüchtigen, im Allgemeinen (bei uncomplicirten Fällen) die centrale Minderempfindlichkeit, die im dunkeladaptirten so deutlich hervortritt.

Nicht glücklicher ist die zweite v. KRIES'sche Hypothese, wonach der foveale Bezirk des total Farbenblinden zwar Stäbchen enthalten soll, aber solche mit geringerem Purpurgehalte. Die v. KRIES'sche Schule betont einerseits ausdrücklich die Möglichkeit, daß hier an Stelle der ausfallenden typischen Netzhautzapfen percipirende Elemente „vom physiologischen Charakter der Stäbchen“<sup>1</sup> getreten sein könnten, muß aber andererseits für die in Rede stehende Hypothese annehmen, daß diese Stäbchen bezüglich ihrer Purpurbildung sich annähert so verhalten, wie die fovealen Zapfen des Farbentüchtigen. v. KRIES giebt also für diese Stäbchen das nach ihm Wesentliche im physiologischen Charakter der Stäbchen überhaupt auf, nämlich ihre „besonders hohe“ Adaptationsfähigkeit, die ja eben „mit großer Wahrscheinlichkeit“ auf die Sehpurpurbildung bezogen wird. Was bleibt denn vom „physiologischen Charakter“ der Stäbchen an den fraglichen Gebilden übrig, wenn sie sich betreffs der Sehpurpurbildung nicht wesentlich anders verhalten, wie die fovealen Zapfen des Gesunden?

Schon für das normale Auge nimmt v. KRIES das Vorkommen total farbenblinder Zapfen auf der Netzhautperipherie an. Läge es da nicht viel näher, die fragliche Minderempfindlichkeit der Fovea des total Farbenblinden durch die Annahme von Zapfen zu erklären, bei welchen die Fähigkeit der Vermittelung farbiger Empfindung nicht zur Entwicklung gekommen ist? Mir scheint es wenigstens viel näherliegend, eine solche Annahme zu machen, als den von der v. KRIES'schen Schule bisher so nachdrücklich betonten Unterschied zwischen Zapfen und Stäbchen bezüglich Sehpurpurbildung und Adaptation so vollständig zu verwischen, wie es durch die in Rede stehende Hülfshypothese geschieht.

<sup>1</sup> NAGEL. *Arch. f. Augenheilk.* 44 (2), 156.



Was die Bedeutung der an total Farbenblinden gewonnenen Untersuchungsergebnisse für die HERING'sche Theorie im Allgemeinen betrifft, so genüge hier der Hinweis, daß HERING, bevor ein Fall von totaler Farbenblindheit genauer untersucht war, „im Voraus zu jeder beliebigen farbigen Fläche diejenige weißse, graue oder schwarze Fläche herstellen konnte, welche dem Farbenblinden nach Art und Helligkeit gleich der farbigen erscheinen mußte“, und daß das Ergebnis — das bekanntlich seitdem an vielen Fällen übereinstimmend bestätigt worden ist, — alledem, was nach der Theorie erwartet worden war, in fast überraschender Weise entsprach. Die fraglichen Untersuchungen an den total Farbenblinden stellen somit betreffs der Annahme besonderer Weißvalenzen der farbigen Lichter eine glänzende Bestätigung der HERING'schen Theorie dar; es ist fernerhin bisher in der ganzen Lehre von der totalen Farbenblindheit noch keine Thatsache bekannt geworden, die mit den HERING'schen Anschauungen nicht in Einklang stünde.

Man könnte fragen, wie nach dem hier Mitgetheilten einige in der letzten Zeit beschriebene Fälle von totaler Farbenblindheit aufzufassen seien, bei welchen ein centraler Defect mehr oder weniger sicher nachgewiesen ist. Daß bei einer so schweren Störung der normalen Function, wie sie die totale Farbenblindheit darstellt, gelegentlich auch ohne stärkere ophthalmoskopisch nachweisbare Veränderungen centrale Defecte vorkommen mögen, ist gewiß nicht wunderbar, und ich habe deshalb schon bei einer früheren Gelegenheit betont, daß ich sein Vorkommen in manchen Fällen in keiner Weise bezweifle, ihm aber aus naheliegenden Gründen eine große Bedeutung für das Verständnis der totalen Farbenblindheit nicht zuerkennen könne. Daß bei so schweren ophthalmoskopischen Veränderungen wie z. B. in dem von NAGEL kürzlich mitgetheilten Falle, kein mit den einschlägigen Verhältnissen Vertrauter aus dem Vorhandensein eines Gesichtsfelddefectes irgendwelche Schlüsse in betreff der Theorie der totalen Farbenblindheit ziehen wird, bedarf keines Beweises.

In welcher Weise unter Umständen die an total Farbenblinden erhobenen Befunde theoretisch verwerthet werden, möge ein Beispiel zeigen:

NAGEL berichtet von einem Patienten, über dessen Alter er nichts angibt und über dessen Refraction er nur erwähnt, daß er — 10 *D* getragen habe und mit — 7,0 *D*  $\frac{3}{25}$  Sehschärfe hatte; ob eine objective Refraktionsbestimmung überhaupt vorgenommen wurde, ist nicht angegeben. Bei Untersuchung im umgekehrten Bilde war „in der Maculagegend ein runder



ziemlich scharf begrenzter papillengroßer röthlichgelber Fleck mit einigen ganz kleinen Pigmentfleckchen darin“ sichtbar. „Wenn der Patient aufgefordert wurde, direct in die gespiegelte Lichtquelle zu sehen, stellt sich nicht, wie normal, die Fovea ein, sondern eine paracentrale Partie, von der Fovea nur der temporale Rand.“ NAGEL schließt daraus, daß ein von ihm gefundenes paracentrales Scotom „sehr wahrscheinlich“ der Fovea entsprochen habe! NAGEL's Angaben sind auch insofern ungenügend, als nicht angegeben wird, ob bei enger oder künstlich erweiterter Pupille untersucht wurde und warum bei so wichtigem Befunde kein Wort über die Untersuchung im aufrechten Bilde gesagt ist, die ja bekanntlich allein eine einigermaßen genaue Beobachtung der Fovea gestattet. Ferner fehlt jede Angabe über die Lage der Pupille zur Gesichtslinie, die für die fragliche Untersuchung unerläßlich war. Vor allem aber weiß jeder Anfänger, daß die scheinbare Lage der Foveagegend etc. zum Pupillenrande in erster Linie von der Stellung der vor das Auge gehaltenen Lupe abhängt. Durch kleine Lupenbewegungen können wir bekanntlich selbst bei weiter Pupille (noch viel eher natürlich bei enger) die Foveagegend beliebig dem einen oder anderen Pupillenrande nähern. Nicht einmal das ist NAGEL bekannt, denn sonst könnte er unmöglich sagen, seine Annahme von der Blindheit der Fovea werde durch die fragliche Beobachtung „sehr wahrscheinlich“.

Eine weitere eigenthümliche Stütze für seine Annahme, daß das gefundene „Scotom“ nicht auf die schweren ophthalmoskopischen Veränderungen, sondern auf die Fovea zu beziehen sei, leitet NAGEL daraus her, daß dieses Scotom wesentlich kleiner war, als die sichtbare Fundusanomalie! Diese letztere entsprach einem Winkel von etwa  $6^{\circ}$ , das Scotom aber hatte nur eine Winkelgröße von höchstens  $2^{\circ}$ . Wenn das Scotom größer gewesen wäre, als die Fundusanomalie, so könnte allenfalls eine derartige Schlußfolgerung eine gewisse Berechtigung haben; unverständlich aber muß es für jeden mit diesen Dingen einigermaßen Vertrauten sein, wie die geringere Größe des Defects „gegen eine Ableitung des Scotoms aus der sichtbaren Fundusanomalie sprechen“ soll. NAGEL fährt fort: „Ungefähr so groß (nur wenig kleiner) aber ist durchschnittlich (individuelle Schwankungen in erheblichem Betrage kommen ja bekanntlich vor) der centrale Theil des Foveagebietes, der in physiologischer wie histologischer Hinsicht eine Sonderstellung einnimmt, nämlich der Stäbchen und des Sehpurpurs entbehrt.“ Diese Angaben NAGEL's weichen wesentlich ab von jenen, die v. KRIES selbst über den stäbchenfreien Bezirk macht. Letzterer schreibt: „Nach der functionellen Beobachtung würde ich darnach dem stäbchenfreien Bezirke eine Ausdehnung von etwa  $4^{\circ}$ , nach jeder Seite je  $2^{\circ}$  vom Centrum zuschreiben.“ v. KRIES nimmt also den fovealen stäbchenfreien Bezirk um mehr als doppelt so groß an als NAGEL. Ueber individuelle Schwankungen in so erheblichem Betrage ist entgegen der Behauptung NAGEL's gar nichts bekannt. Daß solche so enorme Beträge erreichen können, ist nicht wahrscheinlich.

Die vorstehenden Bemerkungen haben lediglich den Zweck, zu zeigen, mit wie großer Vorsicht manche, z. Th. auf Grund ganz ungenügender Untersuchungen gemachte Angaben über foveale Gesichtsfeldausfälle beim total Farbenblinden aufzunehmen sind.

Jedenfalls geht aus den bisher vorliegenden Thatsachen soviel hervor, daß Fälle von totaler Farbenblindheit, die nicht durch einen centralen Ausfall complicirt sind, durchaus nicht selten vorkommen. Es bedarf keiner besonderen Begründung, daß die Untersuchung solcher uncomplicirter Fälle für eine Reihe principiell wichtiger Fragen einwandfreiere Ergebnisse liefern wird, als die anderer, insbesondere auch solcher mit ausgesprochenen, krankhaften ophthalmoskopischen Veränderungen. —

Eine eingehendere Besprechung erfordert noch der Ablauf des Erregungsvorganges nach kurzdauernder Reizung des Sehorgans beim total Farbenblinden. Reizt man die Netzhaut momentan mit einem mäßig starken Lichte, z. B. einem bewegten, schwach glühenden Milchglasglühlämpchen, so kann man, wie ich früher gezeigt habe, sechs Phasen des Abklingens der Erregung wahrnehmen, von welchen die erste (der primären Erregung entsprechende), die dritte und die fünfte deutlich heller sind als die Umgebung; jede dieser 3 hellen Phasen ist von einer dunklen gefolgt (d. s. die Phasen 2, 4 u. 6). Ein momentaner Lichtreiz giebt also drei deutlich von einander gesonderte helle Empfindungen. v. KRIES und seine Schule haben nun bei ihren Untersuchungen in Folge der von mir mehrfach besprochenen Fehler ihrer Versuchsanordnung die ganzen langdauernden Phasen 4, 5 u. 6 vollständig übersehen (obschon sie bei richtiger Methode auch vom Laien leicht wahrgenommen werden). Daher spricht die v. KRIES'sche Schule auch jetzt noch unzutreffend stets von einer „Duplicität des Erregungseffectes“. Nun hatte ich schon in einer früheren Abhandlung gezeigt, daß bei dem total Farbenblinden der Erregungsvorgang im Wesentlichen (bis auf die Farbe) in gleicher Weise abläuft, wie beim Normalen, so daß auch er bei momentaner Reizung drei helle Empfindungen wahrnimmt. v. KRIES hatte ursprünglich sogar in Abrede gestellt, daß der total Farbenblinde die Phase 3 wahrnehme. Nachdem ich die Irrigkeit dieser Behauptung dargethan hatte, konnte NAGEL sich von dem Auftreten wenigstens der Phase 3 in der von mir geschilderten Weise überzeugen. Dagegen vertheidigt er auch heute noch die Angaben von v. KRIES über die „Duplicität des Erregungseffectes“, woraus hervorgeht, daß er trotz meiner wiederholten Hinweise auf die Fehler der v. KRIES'schen Versuchsanordnung es nicht für nöthig gehalten hat, diese auszuschalten. Auch



bei den neuerdings von uns darauf untersuchten total Farbenblinden konnte man sich leicht überzeugen, daß sie auch die langdauernde Phase 5 offenbar in ganz ähnlicher Weise und annähernd gleicher Dauer wie der Normale sehen. Man müßte consequenterweise also auch hier mindestens von einer „Triplicität des Erregungseffectes“ sprechen.

Ein weiterer Irrthum der v. KRIES'schen Schule ist es, wenn sie das fragliche Nachbild (Phase 3) durch eine „Doppelerregung im Stäbchenapparate“ erklären will; denn ich habe eingehend gezeigt, daß diese Phase im Allgemeinen nicht wesentlich anders als auf den extrafovealen auch auf den stäbchenfreien, centralen Netzhautpartien wahrzunehmen ist. —

Das Ergebniss der vorstehenden Untersuchungen läßt sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Die hier erörterten, von v. KRIES zur Erklärung der totalen Farbenblindheit aufgestellten Hypothesen stehen sämmtlich mit den Thatfachen in Widerspruch. Denn:

2. Bei uncomplicirten Fällen von totaler Farbenblindheit ist ein centraler Gesichtsfeldausfall nicht vorhanden.

3. Bei diesen total Farbenblinden ist im dunkeladaptirten Auge eine centrale Minderempfindlichkeit in ganz ähnlicher Weise, wie beim Normalen nachweisbar, nicht aber im helladaptirten Auge.

4. Es besteht beim total Farbenblinden kein längeres Nachdauern der Reize wie es v. KRIES behauptet.

5. Das schlechte Sehen der total Farbenblinden bei heller Beleuchtung kann nicht, wie v. KRIES behauptet, aus der „hochgradigen localen Adaptation und dem sehr langen Nachdauern der Reize“ erklärt werden.

6. Die bekannte Lichtscheu der total Farbenblinden steht in Widerspruch mit den v. KRIES'schen Hypothesen.

7. Der Ablauf der Erregung nach momentaner Reizung des Sehorgans ist beim total Farbenblinden im Wesentlichen (bis auf die Farbe) der gleiche wie beim Farbentüchtigen; insbesondere sind bei momentaner Reizung mit mäßiger Lichtstärke nicht zwei helle Phasen wahrnehmbar (wie die v. KRIES'sche Schule behauptet), sondern deren drei.

(Eingegangen am 7. Mai 1902.)