

Bemerkungen über angeborene totale Farbenblindheit.

Von
ARTHUR KÖNIG.

(Mit 1 Fig.)

Wer die zahlreichen auf angeborene totale Farbenblindheit bezüglichen Abhandlungen der letzten fünf Jahre verfolgt hat, wird es erklärlich finden, daß ich darunter die vor Kurzem erschienene Veröffentlichung von Hrn. W. UHTHOFF¹ mit besonderer Genugthuung begrüße; bestätigt sie doch — ganz unabhängig von meinen eigenen Versuchen — in weitestem Umfange die von mir über diese Anomalie des Farbensinnes gemachten Beobachtungen und daraus gezogenen Schlußfolgerungen.

Die nachstehenden Bemerkungen sollen nur zum näheren Nachweis dieser Uebereinstimmung dienen und dabei zugleich noch vor der längst von mir beabsichtigten größeren Arbeit über die vorliegenden und andere nahverwandte Fragen, — in der ich auch die ganze ziemlich umfangreiche einschlägige Literatur zu berücksichtigen gedenke —, schon jetzt einige Punkte klarstellen, die, wie die Erfahrung mich inzwischen gelehrt hat, in meinen früheren Darlegungen, nicht deutlich genug hervortreten.

1.

Alle auf angeborene totale Farbenblindheit bezügliche Abhandlungen der letzten Jahre — soweit sie wenigstens über den Rahmen bloß beschreibender Mittheilungen hinausgehen — nehmen Stellung zu der von mir² über das Wesen jener Anomalie im Jahre 1894 aufgestellten Erklärung, der dann bald

¹ W. UHTHOFF. Auf S. 326 des vorliegenden Bandes *dieser Zeitschrift*.

² A. KÖNIG, Ueber den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung für das Sehen. *Sitzungsber. der Berliner Akademie der Wissenschaften*, 21. Juni 1894.

darauf auch Hr. J. von KRIES¹ beigetreten ist. Ich zeigte damals, daß die Reizvalenzen, welche die verschiedenen monochromatischen Lichter des Spectrums für Total-Farbenblinde besitzen, den Absorptionscoefficienten derselben Lichter für den ausschließlich in den Stäbchen vorkommenden Sehpurpur genau proportional verlaufen. Ich schloß daraus, daß bei totaler angeborener Farbenblindheit die Zersetzung des Sehpurpurs der die Lichtempfindung ausschließlich bedingende periphere Proceß sei und daß demgemäß die Zapfen hier entweder fehlen oder wenigstens sich in einem functionsunfähigen Zustande befinden. Da nun nach allen bisherigen Untersuchungen in der Fovea centralis niemals Stäbchen, sondern nur Zapfen gefunden worden sind, so mußten nach meiner Auffassung die Total-Farbenblinden in der Fovea überhaupt keine lichtempfindenden Organe besitzen, und es konnte daher eine Probe auf die Richtigkeit meiner Ansicht durch eine nähere Prüfung des Sehens in der Fovea bei Total-Farbenblinden gemacht werden. War meine Anschauung richtig, so mußte sich ergeben, daß die Fovea hier blind sei, oder mit anderen Worten, daß bei totaler Farbenblindheit ein centrales Skotom bestehe. Diese selben Schlußfolgerungen habe ich an dem genannten Orte, wenn auch mit etwas knapperen Worten und durch andere Betrachtungen unterbrochen, ausgeführt, und ich war damals schon in der Lage dieselben sofort bei einem sehr intelligenten Total-Farbenblinden prüfen zu können. Zu diesem Zwecke legte ich auf schwarzen Sammet-Carton in ziemlich nahen Abständen und stets wechselnder Anordnung zwei bis vier kleine, höchstens $\frac{1}{10}$ Quadratmillimeter in der Fläche enthaltende, also beinahe punktförmige Schnitzel aus weißem Papier, die ich mit einer berußten langen Nadel auf der Unterlage hin und her schieben konnte. Wenn ich nun den Total-Farbenblinden ersuchte, mit seinem einen functionsfähigen Auge (das andere war in Folge von Hornhauttrübungen für alle Versuche unbrauchbar) auf die Stelle hinzublicken, wo jene weißen Schnitzelchen lagen, so gelang es fast regelmäßig, eines derselben mit der Nadel so zu verschieben, daß er dasselbe für einige Augenblicke nicht sah,

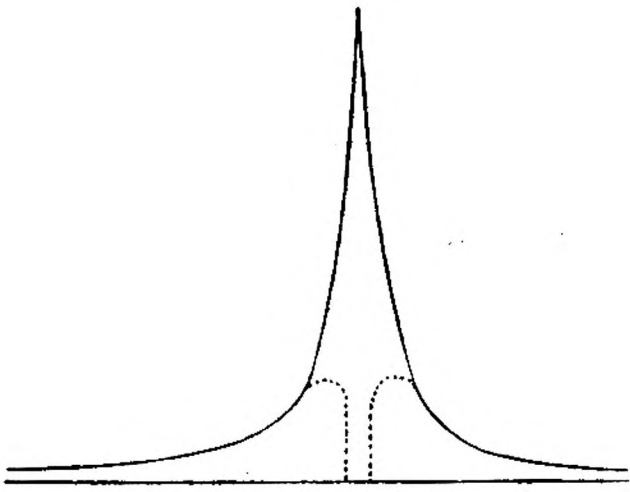
¹ J. von KRIES, Ueber den Einfluß der Adaptation auf Licht- und Farbenempfindung und über die Function der Stäbchen. *Berichte der Naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. B.* Bd. IX, S. 61—70.

wohl aber die dicht dabei liegenden anderen Schnitzelchen. Da der Patient zuerst gar nicht wufste, worum es sich handelte und worauf ich hinaus wollte, so konnte von einer Beeinflussung keine Rede sein. Später gelang es ihm auch seinen Blick so über den Carton schweifen zu lassen, daß er, wie auch die Schnitzel nahe bei einander gruppirt waren, eine Blickrichtung fand, wo (mindestens) eins derselben für ihn unsichtbar war. Das Bild des betreffenden Schnitzelchens war dann eben auf die Stelle der Fovea gefallen und dadurch verschwunden. Ich muß noch bemerken, daß diese Prüfung bei allen Intensitäten gelang: von einer so geringen Intensität an, daß ich selbst die Punkte erst nach einiger Adaptation wahrnehmen konnte, bis zur Beleuchtung in vollem Sonnenschein. In letzterem Falle mußte nur darauf geachtet werden, daß im Gesichtsfeld des Total-Farbenblinden außer den Schnitzelchen nur der genannte als Unterlage dienende schwarze Carton vom directen Sonnenlichte getroffen wurde. Waren noch andere hellbeleuchtete Gegenstände sichtbar, so trat solche Blendung ein, daß jede genauere Beobachtung unmöglich war.

Das Resultat dieser Beobachtung, den Nachweis eines centralen Skotoms, habe ich damals schon veröffentlicht und hole in dem Vorstehenden nur die genauere Beschreibung der von mir benutzten Methode nach.

In meiner erwähnten Veröffentlichung habe ich aber auch schon die Erklärung für die stets mit totaler Farbenblindheit verbundene auffallend geringe Sehschärfe mit folgenden Worten gegeben: „Indem die Fovea hier völlig blind ist, fällt die Stelle der sonstigen höchsten Sehschärfe fort und diese erreicht bereits am Rande der Fovea ihr Maximum, welches sich nicht sehr von dem hier unter normalen Verhältnissen bestehenden Grade der Sehschärfe unterscheidet.“ In meinen seit dem Erscheinen jener Mittheilung (1894) gehaltenen Universitäts-Vorlesungen habe ich, so oft die angeborene totale Farbenblindheit behandelt wurde, auch diese Erklärung der geringen Sehschärfe vorgetragen und durch Anzeichnen der umstehenden schematischen Figur zu veranschaulichen gesucht. Die in der Mitte, in der Fovea, zu einem Maximum hoch empor-schnellende Curve stellt die normale Vertheilung der Sehschärfe auf einem Netzhautmeridian dar. Wenn nun bei totaler Farbenblindheit die Fovea völlig blind ist, fällt gerade die Spitze fort, die

Curve sinkt in ihrem mittleren Bereich auf Null und es ergibt sich die gestrichelte Curve für die Vertheilung der Sehschärfe auf dem mittleren Theile eines Netzhautmeridians; während auf den peripheren Theilen desselben die Sehschärfe nicht von der normalen abweicht. Ein Blick auf Fig. 1 von Hrn. W. UETHOFF zeigt die überraschende Uebereinstimmung meiner schematischen Figur mit der von ihm experimentell gefundenen.



Jetzt hat Hr. W. UETHOFF dieses centrale Skotom auf ganz anderem Wege gefunden. Seine Benutzung eines ringförmigen Fixationszeichens zum Nachweis desselben ist ein ungemein glücklicher Griff, der nicht nur weitere Anwendung in analogen pathologischen Fällen verdient, sondern dessen erfolgreiche Verwendung in dem vorliegenden Falle totaler Farbenblindheit auch ein Beweis für die Richtigkeit meiner gesamten Auffassung ist.

Weshalb andere Beobachter das centrale Skotom nicht bei ihren Total-Farbenblinden gefunden haben, ist schwer zu sagen. Wahrscheinlich ist, daß der vorhandene Nystagmus den Nachweis verhinderte, nicht völlig ausgeschlossen aber auch, daß auf dem Foveagebiete an Stelle verkümmelter, nicht functionsfähiger Zapfen bei einem Theil der Total-Farbenblinden Stäbchen vorhanden sind. So unwahrscheinlich mir die letztere Annahme auch erscheint, so dürfte sie doch eine der möglichen Erklärungen dafür liefern, daß das von Hrn. W. UETHOFF gefundene Skotom kein absolutes war. Es wäre bei dem von ihm untersuchten Total-Farbenblinden dann nur anzunehmen, daß sein Foveagebiet nur sehr dünn mit Stäbchen besetzt ist,¹ während man z. B. bei dem von Hrn. J. VON KRIES untersuchten Fall eine dichtere Besetzung voraussetzen hätte. — Doch das sind alles nur Vermuthungen, über die erst die mikroskopische Untersuchung der Netzhäute von Total-Farbenblinden Aufschluß

¹ Das Vorhandensein von etwa 50 Stäbchen auf dem ganzen $1\frac{1}{2}$ Grad Gesichtswinkel im Durchmesser umfassenden Foveagebiet würde genügen, um die dort gefundene Sehschärfe zu erklären.

geben kann. Hier genügt es auf die Vereinbarkeit meiner Anschauungen mit den Ergebnissen der UHTHOFF'schen Beobachtung hinzuweisen.

2.

In meiner oben erwähnten Abhandlung gab ich ferner eine Erklärung für den bei Total-Farbenblinden fast stets vorhandenen Nystagmus. Indem nämlich bei ihnen nach meiner damaligen Ansicht die Fovea völlig blind ist — jetzt will ich nicht bestreiten, daß auch Fälle vorkommen, wo nur sehr geringe Sehschärfe der Fovea besteht —, haben sie keinen Punkt des deutlichsten Sehens, sondern eine kreisförmige Linie, den Rand der Fovea, auf der gleichmäÙig die relativ beste Sehschärfe vorhanden ist. Es wird bald dieser, bald jener Punkt dieses Randes zum Fixiren benutzt und das Auge macht daher stets kleine Bewegungen. Ich erinnerte daran, daß auch ARLT die Entstehungsursache des Nystagmus ganz allgemein darin sah, daß im Interesse bessern Sehens nach einander verschiedene Stellen des schwachsichtigen Auges dem Objecte gegenübergestellt werden.¹

Hr. W. UHTHOFF schildert nun den Nystagmus seines Total-Farbenblinden mit folgenden Worten: „Es macht den Eindruck, als habe Patient keine ganz bestimmte circumscripte centrale Netzhautpartie, die durch eine so gute Sehschärfe vor den angrenzenden Netzhautpartien sich auszeichne, wie unter normalen Verhältnissen die Fovea centralis von den benachbarten Theilen der Macula lutea. Der Untersuchte scheint beim Fixiren bald die eine bald die andere Stelle seiner Macula lutea einzustellen, gleichsam suchend und auswählend zwischen benachbarten centralen Netzhautpartien, die die ungefähr gleiche Sehschärfe haben.“ Hr. UHTHOFF fügt dann ausdrücklich hinzu, daß die Schwankungen der Gesichtslinie bei den Nystagmus-Bewegungen des Auges annähernd dem Durchmesser des relativen Skotoms gleich waren. Damit ist meines Erachtens der Nachweis dafür gegeben, daß der Total-Farbenblinde abwechselnd mit den verschiedenen Randpartien seines relativen (oder totalen) Skotoms

¹ An dem angeführten Orte füge ich dann noch hinzu: „Sollte nicht wenigstens der Nystagmus der Kohlenbergarbeiter in ähnlicher Weise entstehen? Sie arbeiten stets in solcher Dunkelheit, daß ihre Fovea blind sein wird und ihre größte Sehschärfe in den Rand derselben fällt.“

fixirt, daß also meine Erklärung für das Zustandekommen des Nystagmus die richtige war. Auch die von Hrn. UHTHOFF gefundene und oben schon erwähnte Brauchbarkeit eines ringförmigen Fixationszeichens spricht dafür.

Ferner ist noch im Sinne meiner Erklärung die Bemerkung von Hrn. W. UHTHOFF beachtenswerth, daß der Nystagmus „bei ruhigem Blick grade aus ohne bestimmtes Fixiren eines Objectes so gut wie ganz verschwinden kann“. Es kommen beim Hinstarren ins Leere nach meiner Ansicht die verschiedenen gleichguten Stellen der kreisförmigen Linie des relativ schärfsten Sehens untereinander nicht in Wettstreit und die Veranlassung zu den kleinen Augenbewegungen fällt fort. Daß diese Bewegungen unter den genannten Umständen nicht immer, sondern nur manchmal verschwinden, liegt daran, daß sie zu einer Gewohnheit geworden sind, die nur schwer und selten völlig abgelegt werden kann.

3.

Vor einigen Jahren habe ich¹ zur Prüfung der von Hrn. E. HERING aufgestellten Ansichten von der Weißsvalenz der verschiedenen monochromatischen Lichter quantitative Bestimmungen an complementären Spectralfarben vorgenommen. Bei den hierbei ausgeführten Versuchen wurde jedesmal dasselbe Weiß aus möglichst verschiedenen Paaren spectraler Complementärfarben gemischt. Die bei hoher Intensität mit helladaptirtem Auge erhaltenen Farbengleichungen wurden dann bei möglichst niedriger Intensität mit dunkeladaptirtem Auge geprüft und da sie sich nicht mehr als richtig erweisen, wurde bestimmt, um welchen Betrag sie unrichtig geworden waren. Wegen der Einzelheiten des befolgten Verfahrens verweise ich auf meine damaligen Mittheilungen. Bei ihrer Durchsicht wird dem Leser sofort klar sein, daß aus den dort angegebenen Zahlen auch das Resultat ganz analoger Versuche abgeleitet werden kann, wo auf der einen Seite der Farbengleichung sich nicht unzerlegtes Weiß und auf der anderen Seite ein zweicomponentiges Gemisch befindet, sondern wo beide Seiten aus solchen zweicomponentigen Weiß-Gemischen bestehen. Da nun, was uns zuerst Hr.

¹ A. KÖNIG, Quantitative Bestimmungen an complementären Spectralfarben. *Sitzungsberichte der Berliner Akad. der Wissensch.* vom 30. Juli 1896.

E. HERING gezeigt hat, die Reizvalenzen des Lichtes bei totaler Farbenblindheit mit denjenigen für völlig dunkeladaptirte normale Augen übereinstimmen, so hätte ich bei jenen Versuchen auch ein total farbenblindes Auge an Stelle meines dunkeladaptirten Auges treten lassen können. Hr. W. UHTHOFF hat nun¹ gemeinsam mit Hrn. H. EBBINGHAUS von den vielen eben erwähnten implicite in jenen meinen Beobachtungen enthaltenen und in ihren Resultaten aus den letzteren abzuleitenden Versuchen einen thatsächlich ausgeführt, indem er zwei Weißmischungen, die eine aus Roth und Blaugrün, die andere aus Blau und Gelb herstellte, für das normale Auge auf gleiche Helligkeit brachte und diese Gleichung dann von dem Total-Farbenblinden betrachten ließ. Es war für ihn das erstere Feld viel zu hell und zwar mußte seine Intensität auf ungefähr $\frac{1}{5}$ verringert werden, um völlige Gleichheit mit dem anderen Felde zu erzielen. Rechnet man nun aus meinen Zahlen diesen Reductionscoefficient aus², so ergibt sich derselbe ungefähr gleich $\frac{1}{4}$. In Rücksicht darauf, daß hier Beobachtungen verschiedener Beobachter an verschiedenen Apparaten mit einander in Beziehung gesetzt werden, ist diese Uebereinstimmung als eine vortreffliche zu bezeichnen — um so mehr als bei dem UHTHOFF-EBBINGHAUS'schen Versuch die Wellenlängen der benützten Lichter nicht angegeben werden, ich also bei der Berechnung meines Factors $\frac{1}{4}$ auf ungefähre Schätzung der benutzten Wellenlängen angewiesen bin.

Man kann also nicht bestreiten, daß auch dieser UHTHOFF-EBBINGHAUS'sche Versuch sich in meine damaligen Resultate einordnen läßt und daß er somit auch seinerseits meine damalige Beweisführung gegen die Richtigkeit der HERING'schen Theorie der Weißvalenz kräftig unterstützt.

4.

Meine vor zwei Jahren angestellten vergleichenden Untersuchungen³ der Sehschärfe an normalen und total farbenblinden

¹ l. c. S. 338.

² Man braucht zu diesem Zwecke nur einen der drei ersten Werthe (oder ihren Mittelwerth) von c aus Spalte 8 der in meiner Abhandlung enthaltenen Tabelle durch den letzten Werth von c zu dividiren.

³ A. KÖNIG, Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. *Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften vom 30. Mai 1897.*

Augen hat Hr. W. UTHOFF wiederholt, sich dabei aber auf weißes Licht beschränkt. Ein Blick auf unsere beiderseitigen graphischen Darstellungen zeigt eine überraschende Uebereinstimmung unserer Ergebnisse. Neben diesem allgemeinen Hinweis möchte ich hier noch ein paar einzelne Punkte hervorheben.

In den Curven und der Tabelle (S. 335) von Hrn. UTHOFF besteht für denjenigen Intensitätsbereich, wo die Sehschärfe des Normalen und des Total-Farbenblinden übereinstimmen, eine absolute Coincidenz, indem der Betrag der Sehschärfe für sämtliche benutzten Helligkeiten bis auf alle (drei) angegebenen Decimalstellen derselbe ist. Das kann für Jeden der mit der Art solcher Bestimmungen vertraut ist, nur dadurch erklärt werden, daß Hr. UTHOFF selbst mit seinem normalen Auge die bei dem Total-Farbenblinden gefundene Sehschärfe nachgeprüft, richtig befunden und dann denselben Werth in beide Spalten der Tabelle eingetragen hat. Dieses ist nun zwar theoretisch kein ganz einwandfreies Verfahren, das aber bei einem so zuverlässigen Beobachter wie Hrn. UTHOFF zu keinen unrichtigen Ergebnissen führen kann. Besser wäre es immerhin gewesen, wie ich das auch gethan habe, gesonderte Beobachtungsreihen für jedes Auge, das normale und das total farbenblinde, zu machen und dann erst die gewonnenen Zahlen zu vergleichen. Hätte Hr. UTHOFF außerdem, wie ich, die benutzten Intensitäten noch näher zusammenliegend gewählt und auch die Bestimmungen bei einzelnen Intensitäten wiederholt, so würde unter Benutzung der Logarithmen der Beleuchtungswerthe als Abscissenaxe der geradlinige Anstieg der Sehschärfencurve deutlich hervortreten; wie das der Fall ist, wenn man mit meinen, die UTHOFF'schen Bestimmungen der Anzahl nach um das zwei- bis dreifache überschreitenden, Werthen eine solche Einzeichnung vornimmt. Man erhält dann einen in seiner Breite der Beobachtungsunsicherheit entsprechenden, im Allgemeinen gerade verlaufenden Streifen, in dem die eingetragenen Punkte unregelmäßig, wie die Sterne in der Milchstraße, vertheilt sind.

Auch der Ort, wo die Sehschärfencurve des Normalsichtigen und des Total-Farbenblinden auseinander gehen, ist bei Hrn. UTHOFF und mir der gleiche, sofern man nur an die Genauigkeit dieser Uebereinstimmung keine höhere Anforderung stellt, als bei derartigen Bestimmungen berechtigt ist. Aus der meiner damaligen

Abhandlung beigegebenen Figur¹ ist zu entnehmen, daß die Sehschärfen des Normalsichtigen und des Total-Farbenblinden bis zu dem Betrage von etwa 0,13 übereinstimmen. Da nun meine damals für die Sehschärfe benutzte Einheit gleich $\frac{4}{3}$ der SNELLEN'schen Einheit ist, so ergibt sich aus meinen Versuchen für den genannten Punkt der Sehschärfencurve in dem SNELLEN'schen Maasse $S = 0,13 \cdot \frac{3}{4} = 0,097$. Bei Hrn. UTHOFF, dessen Sehschärfeneinheit nur unbedeutend von der SNELLEN'schen abweicht, ist in Tabelle B (S. 335) als größter der zwischen Normalsichtigen und Total-Farbenblinden gleichen Werthe $S = 0,092$ angegeben. Diese Abweichung ist so gering, daß eine bessere Uebereinstimmung nicht erwartet werden kann. — Ob gleiche Werthe der zu dieser Sehschärfe erforderlichen Beleuchtungsintensität in Hrn. UTHOFF's und meinen Versuchsreihen nöthig waren, läßt sich nicht sicher entscheiden, da wir verschiedene, schwer auf einander reducirbare Lichteinheiten benutzten und hier außerdem noch die Weißheit des Papiers der Sehschärfentafel, sowie die mehr oder minder gute Schwärzung der Wände des Dunkelzimmers und noch andere Umstände mit in die Rechnung eingehen.

Noch mehr erfreut als über diese Uebereinstimmung des zahlenmäßigen Ergebnisses unserer beiderseitigen vergleichenden Sehschärfenbestimmungen, bin ich über eine Bemerkung, die Hr. UTHOFF zur Charakterisirung der Helligkeitsstufe macht, bei der das Auseinandergehen der Curven der Sehschärfen für das normale und für das total farbenblinde Auge stattfindet. Nach meiner über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität entwickelten Ansicht tritt die stärkere Steigung der die Sehschärfe des normalen Auges darstellenden Curve, also die Abzweigung von der Sehschärfencurve des Total-Farbenblinden da ein, wo die im total farbenblinden Auge nicht vorhandenen oder wenigstens nicht functionsfähigen Zapfen in Thätigkeit treten. Nach der von mir aufgestellten Farbentheorie beginnt aber im normalen Auge eine differenzirte Farben-

¹ Wegen des geringen mir an dem damaligen Publicationsort zur Verfügung stehenden Raumes habe ich dort nur eine schematische Figur geben können.

empfindung erst da, wo die Zapfen zu functioniren beginnen; es muß also die Abzweigung der Sehschärfencurve des normalen Auges von derjenigen des total farbenblinden auch da vor sich gehen, wo die Farbendifferenzirung beginnt. Hr. UHTHOFF sagt nun (S. 347): „Das Auseinandergehen der Curven findet ungefähr bei der Beleuchtung statt, wo das normale Auge beginnt, Pigmentfarben als farbig wahrzunehmen, wie uns in dieser Hinsicht vorgenommene vergleichende Bestimmungen an unserem eigenen normalen Auge zeigten.“ Eine bessere Uebereinstimmung mit meinen Ansichten, als sie in dieser Beobachtung vorliegt, ist nicht möglich. Ich will nicht unterlassen ausdrücklich hinzuzufügen, daß aber auch Hr. J. v. KRIES diese UHTHOFF'sche Angabe als Bestätigung der von ihm in Modification meiner Theorie aufgestellten Anschauung anzusehen berechtigt ist, so daß also zwischen unseren beiderseitigen Farbentheorien dadurch keine Entscheidung herbeigeführt ist.
