18. *Ueber die Sichtbarkeit der Röntgenstrahlen für vollständig Farbenblinde; von E. Dorn.*

Durch Vermittelung des Hrn. v. Hippel lernte ich den total farbenblinden Hrn. Held kennen und ergriff die Gelegenheit, die Empfindlichkeit seiner Augen für Röntgenstrahlen zu untersuchen.

Das verwendete Inductorium (Schlagweite 40 cm) war dasselbe ältere Instrument von Kohl in Chemnitz, welches auch bei den Untersuchungen von Brandes und mir¹⁾ gedient hatte; die Röntgenröhre (mit Phosphorregulirung) war von Siemens & Halske bezogen und wurde auf 10 cm Schlagweite eingestellt. Uebrigens erwies sich die Röhre bei späteren anderweiten Versuchen nicht gerade als besonders wirksam.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass unter den vorliegenden Versuchsbedingungen in meinem eigenen, normalen Auge eine Lichtempfindung ausgelöst wurde, verdeckte ich das linke Auge des Hrn. H. mit einer Bleiplatte und näherte sein rechtes, für Dunkelheit adaptirtes Auge der Antikathode bis auf 15 cm. Zum Schutz gegen das Licht diente ein über Stirn, Augen und Nase reichendes schwarzes Papier und ein den ganzen Kopf verhüllendes schwarzes Sammettuch.

Hr. H. empfand die Wirkung der Röntgenstrahlen qualitativ ganz ähnlich wie ich selbst. Er beschrieb die Erscheinung als einen nahe elliptischen Lichtring, der an der Schläfenseite breiter und heller war. Das Innere des Ringes war mit einer schwächeren Helligkeit erfüllt, welche ihr Minimum etwa in dem Ellipsenbrennpunkt auf der Nasenseite erreichte.

Die *Stärke* der Empfindung war aber bei Hrn. H. augenscheinlich grösser als bei mir.²⁾

Er bezeichnete das Licht als „grell“ und „fast blendend“, während ich dasselbe nur mässig hell sah.

1) G. Brandes u. E. Dorn, Wied. Ann. **60**, p. 478. 1897.

2) Die meisten Personen mit normalen Augen scheinen nach früheren Erfahrungen nahe gleiche Empfindlichkeit wie ich zu besitzen.

Versuche mit dem linken Auge lieferten ein entsprechendes Ergebniss.

Für die Verwerthung dieser Thatsachen kommt in Betracht, welche Vorstellung man sich von dem Zustandekommen der durch die Röntgenstrahlen erzeugten Empfindung bildet.

Entweder liegt eine unmittelbare Reizung des Sehorgans durch die Röntgenstrahlen vor, oder diese erregen Fluorescenz der Netzhaut, und das Fluorescenzlicht wirkt auf die empfindlichen Theile.

Ich habe schon an anderer Stelle¹⁾ über vergebliche Bemühungen berichtet, eine Fluorescenz der Netzhaut und anderer Theile des Auges unter dem Einfluss von Röntgenstrahlen nachzuweisen; den gleichen negativen Erfolg hatten auch die mit Hrn. H. neuerdings angestellten Versuche, obwohl bei denselben die Netzhaut und Linse eines frischen Schweinsauges sich nur etwa 10 cm von der Antikathode einer sehr wirksamen Röntgenröhre (von Reiniger, Gebbert & Schall, Schlagweite 8 cm) befanden und unter dem Schutze einer Bleiplatte bei Ausschliessung jedes fremden Lichtes nach halbstündiger Dunkeladaptation der Augen betrachtet wurden.

Hierdurch werde ich in meiner schon damals ausgesprochenen Anschauung bestärkt, dass eine unmittelbare Wahrnehmung der Röntgenstrahlen vorliegt; dies als richtig vorausgesetzt, würde folgen, dass das normale Auge die Röntgenstrahlen mit Hülfe einer Fähigkeit (bez. eines Apparates) empfindet, welche auch im monochromatischen Auge noch vorhanden ist.

Ich habe auch Aufschluss darüber zu erlangen gesucht, welche Theile des Auges — direct oder indirect — die Wahrnehmung der Röntgenstrahlen vermitteln.

Wird das Auge von den Röntgenstrahlen voll getroffen, so ist die Helligkeit der Erscheinung an der Peripherie weit aus am grössten.

Wenn dies auch zum Theil dem Umstande zugeschrieben werden kann, dass der Weg durch die Augenmedien hier kürzer und daher die Absorption geringer ist, so folgt doch aus der Seltenheit, bez. dem Fehlen der *Zapfen* an den äusseren

1) l. c. p. 488.

Theilen der Netzhaut sicher, dass die *Stäbchen* für die Röntgenstrahlen empfindlich sind.

Ob diese Eigenschaft auch den *Zapfen* zukommt, suchte ich durch Beobachtungen zu entscheiden, bei denen ausser Hrn. Held Hr. E. Neumann mich unterstützte.

Es giebt in der Netzhaut einen stäbchenfreien, nur Zapfen enthaltenden Bezirk, nämlich die *Macula lutea* in ihrer ganzen Ausdehnung, welche ein liegendes Oval von etwa 2 mm Horizontaldurchmesser bildet.¹⁾ Sie kommt daher dem blinden Fleck an Grösse gleich oder übertrifft ihn sogar etwas.

Würden die Zapfen unempfindlich sein, so müsste ausser dem blinden Fleck noch eine zweite, von Helligkeit freie Stelle auftreten. Indessen durfte man nicht hoffen, dieselbe im vollbestrahlten Auge zu erkennen, wie ja auch der blinde Fleck beim Sehen mit *einem* Auge ebenfalls ausgefüllt erscheint.

Ich versuchte daher zunächst mit einer von Hrn. Röntgen angegebenen Anordnung²⁾ zum Ziele zu gelangen.

Die schon erwähnte wirksame Röhre wurde so aufgestellt, dass die Antikathode vertical stand. Das in üblicher Weise verhüllte Auge wurde nahe in die Ebene der Antikathode, aber so weit nach der Vorderfläche gebracht, dass es noch die volle Wirkung der Röntgenstrahlen empfing, welche bekanntlich unter allen Winkeln bis nahe zum streifenden Austritt in merklich gleicher Stärke ausgesendet werden. So erhielt ich eine schmale kräftige Strahlenquelle.

Unter der Hülle wurde eine Bleiplatte mit einem verticalen Schlitz von 0,4 mm Breite vor dem für Dunkelheit adaptirten Auge verschoben.³⁾ Es erschien, je nach der Spur der Röntgenstrahlen auf der Netzhaut, eine helle Linie von gerader oder krummer Gestalt, oder auch eine geschlossene Curve.

Die peripheren Theile der — übrigens schmalen und scharfen — Linien waren, wie zu erwarten, stets heller als die centralen, aber auch in diesen vermochten wir — insbesondere auch Hr. Held — bei keiner Stellung des Spaltes eine eigentliche Unterbrechung wahrzunehmen. Es erschien

1) Nach freundlicher Mittheilung des Hrn. v. Hippel.

2) W. Röntgen, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin vom 13. Mai 1897; Wied. Ann. **64**, p. 18. 1898.

3) Abstand Antikathode-Auge etwa 23 cm, Schlagweite 8—12 cm.

nur eine kürzere oder längere Strecke sehr lichtschwach, und hier war auch das Intermittiren — selbst bei nur sechs oder vier Unterbrechungen in der Secunde — gar nicht oder kaum bemerkbar.

Der blinde Fleck (Eintrittsstelle des Sehnerven) wurde bei den Versuchen jedenfalls oft überstrichen, wurde aber niemals als Lücke empfunden.

Die „Ausfüllung“ vereitelte also hier den Erfolg; weiter führte die Anwendung einer Platte mit einem kleinen runden Loch. Hr. N. und ich experimentirten mit einem solchen von 2 mm Durchmesser, und es gelang uns hier, den schwachen, aber deutlich sichtbaren Lichtfleck an *einer*, scheinbar nach aussen, thatsächlich nach der Nasenseite gelegenen Stelle zum Verschwinden zu bringen.¹⁾ Wir hatten hierbei offenbar die Eintrittsstelle des Sehnerven getroffen; trotz vielfachen Suchens vermochten wir aber eine zweite Stelle des Verschwindens nicht zu finden. Den gleichen Erfolg hatte Hr. H. mit einer noch kleineren Oeffnung von 1,6 mm Durchmesser; er konnte den Lichtfleck ebenfalls nur an *einer* Stelle zum Verschwinden bringen.²⁾

Da die Macula lutea dem blinden Fleck an Ausdehnung nicht nachsteht, so geht — insbesondere aus dem von Hrn. H. angestellten Versuch — hervor, dass auch die Zapfen von den Röntgenstrahlen erregt werden, wenn auch schwächer als die Stäbchen, wie auch aus der Helligkeitsvertheilung bei voll bestrahltem Auge folgt.

Selbstverständlich ist es an dieser Stelle nicht möglich, auf die interessanten Beobachtungen an total Farbenblinden³⁾ und die Deutung derselben durch verschiedene Forscher aus-

1) Hr. N. hatte den Eindruck, als ob der helle Fleck hinter einen Schirm träte.

2) Die Schlagweite war 8—12 cm, der Abstand Auge-Antikathode 23—30 cm. Als unter sonst gleichen Bedingungen an Stelle des Augenhintergrundes (3 cm hinter der Bleiplatte) ein BaPtCy-Schirm gebracht wurde, entstand von der kleineren Oeffnung ein Bildchen von 1,8 mm Durchmesser.

3) Vgl. z. B. Hering, Arch. f. d. ges. Physiol. **49**. p. 563. 1891; v. Hippel, Festschrift der Facultäten zur 200jähr. Jubelfeier der Univ. Halle 1894; Hess u. Hering, Arch. f. d. ges. Physiol. **71**. p. 105. 1898.

fürhlich einzugehen; nur folgende kurzen Andeutungen mögen hier Platz finden.

Die Peripherie auch des normalen Auges ist total farbenblind.

Das für Dunkelheit adaptirte normale Auge sieht, wenn die Helligkeit eine gewisse Grenze nicht überschreitet, das Spectrum als *farbloses* Band, dessen Helligkeit nach beiden Seiten abnimmt, und die Helligkeitsverhältnisse der verschiedenen Stellen des Spectrums (die weisse Valenz der Spectralfarben nach Hering) sind unter diesen Umständen die nämlichen, welche für das total farbenblinde Auge *allgemein* bestehen.

Nach einer von Max Schultze aufgestellten Hypothese sind die Stäbchen die Träger einer farblosen Helligkeitsempfindung, während er die Zapfen als Organe für die Farbeempfindungen in Anspruch nimmt.

Von anderer Seite ¹⁾ ist die Schultze'sche Hypothese weiter dahin ausgebaut, dass der von den Stäbchen gebildete monochromatische Sehapparat als lichtempfindliche Substanz den Sehpurpur führt, und dass eine schwache Zersetzung desselben eben die farblose Helligkeitsempfindung bedingt.

In Bezug auf diesen letzten Punkt sei zunächst daran erinnert, dass Brandes und ich wie auch Fuchs und Kreidl ²⁾ eine Entfärbung des Sehpurpurs durch Röntgenstrahlen trotz lang dauernder kräftiger Einwirkung *nicht* erhalten konnten. Dieser Befund ist für die Sehpurpurtheorie des farblosen Sehens wenigstens nicht günstig; hervorgehoben sei übrigens, dass Fuchs und Kreidl mit den ganzen Froschnetzhäuten arbeiteten deren Sehpurpur auch bei indirecter Einwirkung der Röntgenstrahlen durch Vermittelung der Fluorescenz hatte gebleicht werden können.

Die oben festgestellte Thatsache, dass das total farbenblinde Auge (ebenso übrigens das normale) auch auf der Macula lutea eine wenn auch schwache Empfindlichkeit für Röntgen-

1) A. König, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 21. Juni. p. 577. 1894; v. Kries, Ber. d. Naturf. Gesellsch. zu Freiburg i. B. 9. Heft 2.

2) Fuchs u. Kreidl, Centralblatt für Physiologie 10. p. 249. 1896.

strahlen besitzt, läuft den Beobachtungen von Hess und Hering und von v. Hippel¹⁾ parallel, nach welchen ein centraler blinder Fleck im total farbenblinden Auge nicht nachweisbar ist, und kann in ähnlicher Weise gegen die Annahme verwerthet werden, dass die totale Farbenblindheit auf das Fehlen oder die Functionsunfähigkeit der Zapfen zurückzuführen ist.²⁾

Halle, 28. October 1898.

1) l. c.

2) Ich benutze die Gelegenheit, einen sinnentstellenden Druckfehler in einer früheren Arbeit zu berichtigen. Diese Annalen Bd. 60. p. 484, Zeile 5 von unten ist statt „nach rechts“ zu lesen: „nach links“.

(Eingegangen 31. October 1898.)