

(Aus der physikalischen Abteilung des physiologischen Instituts zu Berlin.)

## Dichromatische Fovea, trichromatische Peripherie.

Von

WILIBALD NAGEL.

Der Lokomotivführer Sch. hat vor seiner Einstellung in den Bahndienst sowie bei der regulären alle 5 Jahre erfolgenden Nachprüfung die HOLMGRENSche Wollprobe bestanden.<sup>1</sup> Beanstandung bei einer aufsergewöhnlichen Nachprüfung mit STILLINGS Tafeln führte dazu, daß ich um Untersuchung des Sch. ersucht wurde. Bei Untersuchung mit meinem Farbengleichungsapparat, mit meinen Farbentafeln und mit dem HELMHOLTZschen Farbmischapparat erwies er sich als typisch grünblind (Deuteranop). Infolge der völligen Übereinstimmung dieses meines Befundes mit demjenigen des Bahnarztes und eines Bahnaugenarztes wurde Sch. aus dem Fahrdienst entfernt und in anderer Stellung bei der Eisenbahn beschäftigt.

Auf seine Reklamation hin wurden noch von verschiedenen Seiten zu wiederholten Malen mit ihm Versuche angestellt. Seinem eigenen Wunsche entsprechend wurde Sch. von einem anderen Bahnaugenarzt geprüft, der feststellte, daß Sch. die Wollprobe, die DAAESche und STILLINGSche Probe und eine Prüfung mit einer „Signallaterne“ (wohl der EVERSBUSCHschen?) fehlerlos bestand.

Erneute eingehende Untersuchung durch denselben Bahnaugenarzt führte bezüglich der genannten Proben zum gleichen Resultat. Bei Prüfung mit meinen Farbentafeln dagegen soll sich „ein gewisses Manko“ seines Farbensinnes ergeben haben,

<sup>1</sup> Die Sehschärfe des Sch., von verschiedenen Bahnärzten geprüft, wird zu  $\frac{5}{6}$ , von einem Arzt auch als über der Norm liegend angegeben. Ophthalmoskopische Untersuchung ist nicht unternommen worden.

das nicht näher bezeichnet wurde. Die Probe wurde „mit einem Fehler“ „bestanden“.

Auf Wunsch des Ministeriums des Verkehrswesens habe ich alsdann den Sch. nochmals in Gegenwart des betreffenden Bahn-  
augenarztes am Spektralfarben-Mischapparat untersucht, wobei sich wiederum typische Deuteranopie (Grünblindheit) ergab.

Wenn Sch. ein kreisrundes Feld, das unter dem Gesichtswinkel von  $3-4^{\circ}$  erschien und dessen eine Hälfte rein rot ( $680 \mu\mu$ ), dessen andere Hälfte gelbgrün ( $550 \mu\mu$ ) war, betrachtete, erschienen ihm die beiden anderen Hälften gleichgefärbt, und zwar gelb, sobald das Helligkeitsverhältnis der beiden Lichter so gewählt war, daß für mein deuteranopisches Sehorgan die beiden Hälften gleichhell (und natürlich auch gleichfarbig) erschienen. War die eine Hälfte dunkler als die andere, so nannte Sch. die Hälften meist verschieden gefärbt, bald die dunklere grün, die hellere gelb oder rot, bald die dunklere rot, die hellere gelb, ohne daß die Angaben den tatsächlichen Verhältnissen im geringsten entsprochen hätten. Es war ganz das charakteristische Verhalten der Dichromaten.

Wenn das eine Feld mit homogenem Gelb erleuchtet wurde, das andere mit einer Mischung von Rot und Grün ( $670$  und  $540 \mu\mu$ ) und die für den normalen Trichomaten gültige Gleichung eingestellt wurde, erkannte Sch. sie als richtig an. Wurde aber die für den „Grünanomalen“ gültige Gleichung eingestellt (bei der das Gemisch für den Normalen viel zu grün ist), so erkannte er sie ebenfalls an. Das reine Gelb gibt eben für ihn, wie für jeden Deuteranopen sowohl mit dem Rot, wie mit dem Gelb, wie mit jeder beliebigen Mischung dieser beiden Lichter eine vollständige Gleichung.

Hiernach erschiene nun die Sachlage zunächst sehr einfach, die Diagnose der Deuteranopie (Grünblindheit) gesichert. Folgende Umstände aber komplizieren den Fall.

Sch. besteht die Wollprobe so, daß man nicht leicht an Farbenblindheit glauben kann. Freilich bestehen sie ja sehr viele Dichromaten, u. a. auch ich selbst, wenn das verwendete Wollsortiment nicht sehr reichhaltig an Verwechslungsfarben ist. Darum würde ich auch daran nichts allzu Auffallendes finden, daß Sch. bei Untersuchung durch mehrere Bahnärzte bzw. Bahn-  
augenärzte die Probe bestand, da ich die verwendeten Wollsortimente nicht kenne. Das Verhalten des Sch. gegenüber einem

sehr guten, aus Upsala bezogenen, Sortiment war aber doch auffallend. Wir hatten aus einem Sortiment allen grünlichen, gelbgrünen und blaugrünen Wollen herausgenommen und nur die fünf Bündel darin gelassen, die mit dem „meergrünen“ Probebündel HOLMGRENS farbentongleich waren. Sch. fand sie, allerdings sehr langsam, heraus, ohne auch nur eines der zahlreichen grauen und graubraunen Bündel dazu zu legen. Auch als die selben fünf grünen Bündel ausschließlich mit den Verwechslungsfarben untermischt vorgelegt wurden, fand er jene ohne Fehler heraus, ebenso fünf gelbgrüne Bündel, die mit zahlreichen gelbbraunen und rötlichbraunen gemischt waren.

Das Gelingen dieser drei aufeinanderfolgenden Proben konnte kaum mehr ein Zufall sein. Ein bei der Untersuchung anwesender ebenfalls grünblinder Herr stimmte mit mir selbst darin überein, daß diese Auswahl für uns nicht möglich gewesen wäre (ich machte auch bei einem entsprechenden Versuch sofort Fehler).

Weiter kommt in Betracht das auffallende Verhalten des Sch. gegen die STILLINGSchen pseudoisochromatischen Tafeln. Nachdem er früher einmal diese Probe nicht bestanden hatte, kam er eines Tages zu dem betreffenden Bahnarzt, Herrn Dr. VANSELOW, der ihn damit geprüft hatte und teilte ihm mit, er könne die Tafeln jetzt lesen, bei der ersten Prüfung habe ihn nur das Neue überrascht und verwirrt. In der Tat fand Herr Dr. VANSELOW die Angabe bestätigt, und wies mir den Mann zur Nachprüfung zu. Auch bei mir las Sch. die meisten Tafeln von STILLING (10. Aufl.) richtig, wenn auch einzelne mit Zögern. Da er aber einer älteren Auflage gegenüber, die er noch nie gesehen hatte, völlig versagte, und auch bei Prüfung mit meinen Tafeln und am Farbenmischapparat sich wieder als typisch grünblind erwies, glaubte ich zunächst mich der Ansicht des Herrn Dr. VANSELOW anschließen zu müssen, daß Sch. einfach die Tafeln auswendig gelernt hatte. In der Tat hatte er sie sich beschafft und hatte eifrigst ihre Entzifferung geübt. Unerklärlich blieb dabei allerdings, daß Sch. es auch meistens bemerkte, wenn ihm ein Feld der STILLINGSchen Tafeln verkehrt vorgehalten wurde. Er sagte dann, die Zahlen stehen umgekehrt.

Diese Leistungen wären für einen typischen Dichromaten sehr ungewöhnlich, und schienen schlechterdings nicht anders als durch raffiniertes Auswendiglernen erklärbar.

Noch auffallender war das Verhalten des Sch. gegen meine

Farbentafeln, als ihm diese in einem Probedruck für die (noch nicht veröffentlichte) Neuauflage vorgelegt wurden. Ich verzichtete bei dieser Gelegenheit auf die schematische Prüfung, wie sie bei erstmals Untersuchten zu empfehlen ist, da er schon bei zwei früheren Gelegenheiten die für den Deuteranopen charakteristischen Verwechslungen bei den Tafeln gemacht hatte. Ich gestattete ihm also, die Tafeln aus beliebig geringer Entfernung zu betrachten.<sup>1</sup> Sch. machte nun hierbei Unterscheidungen, die ein gewöhnlicher Grünblinder niemals hätte machen können. Andererseits hielt er wieder eine Tafel, auf der Gelbgrün neben Gelbbraun in zwei Schattierungen stand, für einfarbig und war auf spezielles Befragen nicht imstande, die beiden Farben auseinanderzuhalten.

Dieser Irrtum passiert nun aber nicht nur Dichromaten, sondern auch den anomalen Trichromaten, und ist für diese sogar besonders charakteristisch. Der Befund ergab also unzweifelhaft „Farbenuntüchtigkeit“ im Sinne der Eisenbahn (da in Preussen jetzt die anomalen Trichromaten wie die Dichromaten vom Bahndienst ausgeschlossen werden sollen), aber nicht Farbenblindheit im üblichen Sinne.

Aus der Gesamtheit dieser Beobachtungen geht m. E. deutlich hervor, daß, sobald nicht nur das rein foveale Sehen in Betracht kommt, wie beim Beobachten am Spektralapparat, an meinem Farbenapparat, oder an meinen Tafeln bei Betrachtung aus der vorgeschriebenen Entfernung von  $\frac{3}{4}$  m, Sch. nicht als farbenblind im strengen (physiologischen) Sinn erscheint. Die außer-

---

<sup>1</sup> Bei den gewöhnlichen Dichromaten, wie auch bei den normalen Trichromaten macht es sehr wenig aus, ob sie meinen Tafeln, wie vorgeschrieben aus  $\frac{3}{4}$  m Abstand oder ganz aus der Nähe betrachten (einigermaßen gute Sehschärfe vorausgesetzt). Nur einen Fall kenne ich, in dem auch die Ergebnisse der Prüfung mit meinen Tafeln je nach dem Abstand sehr verschieden ausfielen, trotz hinreichender Sehleistung, nämlich in dem kürzlich durch PIPER beschriebenen Fall, der früher als Pseudomonochromat bezeichnet worden war. Zeigte man dem Patienten die Tafeln auf  $\frac{3}{4}$  m Abstand, so konnte er gar keine Farben (wohl aber Helligkeitsabstufungen) unterscheiden. Ließ man ihn die Tafeln nahe zum Auge bringen, so machte er die typischen Tritanopenverwechslungen. Wie PIPER am Spektralapparat genauer feststellte, ist die Fovea des betreffenden Auges in der Tat total farbenblind, die Peripherie tritanopisch. Das foveale Sehen prüft man also, wie aus den beiden Fällen hervorgeht, nur dann, wenn man den Abstand nicht zu klein wählt.

halb der Fovea liegenden Netzhautteile besitzen also höchstwahrscheinlich trichromatischen Farbensinn. Bei der Stellung einer solchen Diagnose ist ja äußerste Vorsicht geboten, da man bei sehr vielen Dichromaten, speziell Deuteranopen, versucht sein könnte, an ähnliches zu denken. Diese Personen, zu denen auch ich gehöre, machen bei Beobachtung auf relativ kleinem Felde ( $1-10^\circ$ ), namentlich am Spektralapparat, ihre ganz typischen Verwechslungen. An größeren Feldern aber von  $10$  oder  $15^\circ$  an ist selbst bei Verwendung spektraler Lichter und guter Helladaptation die Verwechslungsmöglichkeit bedeutend eingeschränkt. Für Grün läßt sich allerdings selbst auf größtem Felde die geeignete Verwechslungsfarbe finden, je nach der Wellenlänge des Grün ist es ein Gelb (bzw. Braun) oder Weiß (bzw. Grau). So kann man am Farbenkreisel, bei üblicher Scheibengröße und Betrachtung aus etwa  $\frac{1}{2}$  m Distanz, für jeden Deuteranopen eine absolut befriedigende (Tages-) Gleichung zwischen einem bläulichen Grün und einer Schwarz-Weiß-Mischung, oder zwischen einem gelblichen Grün und einer Schwarz-Weiß-Gelb-Mischung herstellen.

Anders bei Rot. Ich finde es gänzlich ausgeschlossen, eine befriedigende Gleichung zwischen lebhaftem Rot und Grün oder Braun zu erhalten, solange die oben erwähnten Größenverhältnisse eingehalten werden, also bei einer Feldgröße von mindestens  $10^\circ$ .

Natürlich darf ein solcher Versuch nicht etwa mit dem Rot der ROTHESchen Kreiselscheiben angestellt werden, das etwa dem Spektralrot im Ton entspricht, denn die Sättigung dieser Farbe ist für den Deuteranopen größer als die irgend welcher Braun- oder Grünmischung, die sich mit ROTHESchen Scheiben erzielen läßt. Man muß also etwas Weiß oder Schwarz-Weiß zumischen. Hierin kann ich nun aber sehr weit gehen, m. a. W. ein sehr blaßes Rot erzeugen, ohne die Möglichkeit aufzugeben, das Rot darin zu erkennen, d. h. die Mischung von der möglichst ähnlichen Graugelb- oder Grünmischung zu unterscheiden. Ebenso bleibt für mich eine Gleichung zwischen Blaugrün und Purpur immer unbefriedigend, sobald die Feldgröße über  $10^\circ$  hinausgeht.

Ganz ähnlich habe ich das Verhalten zahlreicher anderer Deuteranopen gefunden, mit dem einzigen Unterschied, daß bei mir selbst die größere Übung meistens etwas feinere Unterscheidungen ermöglicht.

Aus solchen Beobachtungen den Schluss zu ziehen, es sei beim Deuteranopen die Netzhautperipherie dem Netzhautzentrum überlegen, indem sich dort ein trichromatisches Farbensystem einstelle, wäre natürlich übereilt und sehr wahrscheinlich falsch. Denn läge die Sache so, so müßte die für den Deuteranopen foveal gültige Gleichung Rot-Gelbgrün extrafoveal bei gleicher Feldgröße ungültig werden, was bekanntlich aber nicht der Fall ist, solange die extrafovealen Teile nicht dunkeladaptiert sind und sich somit extrafoveal das Dämmerungssehen nicht beimischt. Vermeidet man die Einmischung des Dämmerungssehens durch geeignetes Verfahren, so ergibt sich, daß beim gewöhnlichen Deuteranopen das Farbensystem für die zentralen und die nicht allzuweit exzentrischen Netzhautteile ein durchaus übereinstimmendes ist.

Nicht die Erregung peripherer Netzhautpartien an und für sich kann es also sein, die die bessere Unterscheidungsmöglichkeit beim Beobachten auf großem Felde bedingt, sondern es muß die größere gereizte Fläche maßgebend sein. In welcher Weise man sich diesen Einfluß spezieller vorstellen könnte, darauf kann ich hier nicht eingehen, da es mir an dieser Stelle nur darauf ankommt, die Differenzen zwischen dem gewöhnlichen Deuteranopen und dem Fall Sch. zu betonen.

Es muß übrigens noch darauf hingewiesen werden, daß die anomalen Trichromaten, und zwar speziell die Grünanomalien, ein Verhalten aufweisen, das mit dem beschriebenen der Deuteranopen eine gewisse Ähnlichkeit zeigt. Auch sie bemerken in Kreismischungen u. dgl. oft einen recht erheblichen Grünzusatz nicht, sie halten auch bei meinen Farbentafeln das Grün und Grau, sowie in den neuen (noch nicht veröffentlichten) Tafeln das Gelbgrün und das Braun nur sehr unsicher auseinander, während sie bezüglich der Wahrnehmung eines Rotgehalts in einer Kreismischung sich fast völlig wie die Normalen verhalten. Als Sch. bei der letzten Prüfung mit meinen Farbentafeln die roten Punkte richtig herausfand, dagegen das Grün und Braun nicht unterschied, kam mir die Vermutung, er könnte ein Grünanomaler sein. Am Spektralapparat erwies er sich ja nun freilich wieder deutlich genug als Dichromat.

Was sein Verhalten von dem meinigen und dem aller sonstigen mir bekannten Deuteranopen wesentlich unterscheidet, ist folgendes:



1. Gewisse, für mich nicht mögliche Unterscheidungen an meinen Farbentafeln, auf die ich nicht näher eingehe, weil diese Versuche nur ganz flüchtig und in aller Kürze gemacht wurden.

2. Wichtiger ist die Leistung an den Wollbündeln, die für mich, wie erwähnt, gänzlich ausgeschlossen wäre. Ich vermag wohl, die roten, rosaroten, ja selbst die rötlichbraunen und rötlich-grauen mit einiger Sorgfalt herauszufinden, ganz aussichtslos aber ist der Versuch, die grünen Bündel von den grauen und namentlich den graubraunen zu sondern, wie es Sch. in dreimaliger Wiederholung fehlerlos tat.

3. Dazu kommt als dritte Tatsache, die ebenfalls mit voller Sicherheit festgestellt ist, daß Sch. auf STILLINGSchen Tafeln die Zahlen herausfindet, die für andere Deuteranopen auch nicht einmal in Andeutungen sichtbar sind.

Diese Tatsachen zusammengehalten ergeben m. E. die klare Diagnose, daß irgendwo in seinen Augen, außerhalb der Fovea, wahrscheinlich schon in der parafovealen Zone, ein vollkommenerer, komplizierterer Farbensinn lokalisiert sein muß. Ob es sich da um ein normales oder ein anomales trichromatisches System handelt, ist auf Grund der vorliegenden Beobachtungen nicht zu entscheiden. Manche Beobachtungen weisen auf ein anomales System hin, so die charakteristische Grünbraun-Verwechslung und namentlich auch die Langsamkeit der Farbenunterscheidung, die bei dem sonst sehr lebhaften und intelligenten Manne besonders auffallend ist, andererseits nach den Untersuchungen von GUTTMANN<sup>1</sup> für die Anomalen charakteristisch ist.

Leider konnte ich die an und für sich sehr wünschenswerten und naheliegenden Versuche, die volle Klarheit gebracht hätten, nicht ausführen, weil die letzte Untersuchung, die zu dem genannten Resultat führte, eigentlich nur zu dem Zweck vorgenommen wurde, über die Tauglichkeit des Sch. für den Lokomotivdienst zu entscheiden, und zwar in Gegenwart einer größeren Kommission von Beamten und ärztlichen Sachverständigen. An dem durch das Ergebnis der Versuche schwer enttäuschten Manne konnten natürlich die Versuche zunächst nicht fortgesetzt werden. Vielleicht wird es später noch möglich.

---

<sup>1</sup> Untersuchungen am sogenannten Farbenschwachen. 1. Kongress f. experim. Psychol. Gießen 1904.

Theoretisch besonders wichtig, wenn auch nicht gerade überraschend ist die Tatsache, daß Sch., der Rot und Grün doch als spezifisch vom Gelb verschiedene Empfindungen kennen muß, bei fovealem Sehen Spektralrot und Gelbgrün gelb nennt.<sup>1</sup>

Für die Praxis der Farbensinnsprüfung hat der Fall besonders die Bedeutung, daß er wieder zeigt, daß für die Zwecke der bahnärztlichen Untersuchung die HOLMGRENSCHE Probe ungeeignet ist. Viermal ist Sch. nach HOLMGREN von verschiedenen Ärzten geprüft worden, ohne daß Verdacht entstand. Daß auch gewöhnliche Deuteranopen übrigens diese Proben oft bestehen, darauf habe ich<sup>2</sup> ja schon früher hingewiesen. Wenn SILEX<sup>3</sup> mitteilt, daß er mehr als 1000 Waisenkinder Wollbündel sortieren liefs, und dazu schreibt: „während in allen möglichen Büchern steht, daß ca. 3 % der Menschen farbenblind seien, kam ich dort nur auf  $1\frac{1}{2}$  %“, so wird das wohl von anderen nicht als Irrtum in allen möglichen Büchern ausgelegt werden (die besseren Bücher reden übrigens von 3 % nur unter den Männern), sondern als Zeichen für die Unsicherheit der Untersuchung. Ich habe früher die HOLMGRENSCHE Methode mehr geschätzt wie jetzt auf Grund vielfacher neuerer Erfahrung. Ich habe jüngst 300 Eisenbahnbeamte untersucht, die allesamt mindestens einmal (manche 3—4 mal) nach HOLMGREN untersucht waren, und unter denen sich trotzdem 5 % (!) typische Farbenblinde befanden, also zufälligerweise sogar noch etwas mehr, als man allgemein als durchschnittlichen Prozentsatz unter den Männern annimmt, bei denen keine Auslese stattgefunden hat. Diese 5 % sind nicht etwa nach einer einzigen Methode, sondern unter Zuhilfenahme aller gangbaren Methoden als farbenblind diagnostiziert, und es sind bei dieser Zahl auch nicht die anomalen Trichromaten mitgerechnet, die z. B. bei Prüfung nach STILLING auch alle als farbenblind gerechnet worden wären (ca. 4,5 %).

<sup>1</sup> Wie v. KRIES schon früher hervorgehoben und besonders überzeugend neuerdings im Handbuch der Physiologie des Menschen Bd. III 1905 dargelegt hat, ist eine solche Tatsache mit einer Dreikomponententheorie des Farbensinnes nicht unvereinbar, kann also nicht etwa als Stütze der Theorie der Gegenfarben in HERRINGscher oder MÜLLERscher Formulierung heran gezogen werden.

<sup>2</sup> *Arch. f. Augenheilk.* 1898.

<sup>3</sup> Über das Sehvermögen der Eisenbahnbeamten. Berlin 1894.



Es würde übrigens der HOLMGRENSCHEN Probe doch sehr unrecht getan werden, wenn man solche erschreckenden Ergebnisse ausschließlich ihr als solcher zur Last legen wollte. Ein guter Teil der Schuld fällt auf die Untersucher, von denen manche in willkürlichen Abweichungen vom vorgeschriebenen Verfahren Unglaubliches leisten, bei Lampenlicht untersuchen usw. Diese Farbensinnprüfung in diesen Händen ist schlimmer als keine. Glücklicherweise ist die preussische Eisenbahnverwaltung auf Abhilfe bedacht.

*(Eingegangen am 26. Januar 1905.)*

---