

werden. Diese Versuche habe ich jetzt abgeschlossen und ich hoffe bald darüber an anderer Stelle zu berichten.

Am Ende seiner Arbeit bespricht Ulrich die Durchlässigkeit der Linsenkapsel für Flüssigkeit. Er kommt dabei zu anderen Ergebnissen als van Geuns<sup>1)</sup>, der vor ihm Filtrationsversuche mit aufgebundener Linsenkapsel in meinem Laboratorium angestellt und in seiner Doctor-Arbeit veröffentlicht hat. Die Letztere mag Ulrich wohl unbekannt geblieben sein. Herr van Geuns wird seine Resultate bald in deutscher Sprache mittheilen. Anschliessend hoffe ich dann auch über weitere Versuche in Betreff der Diffusion und der Möglichkeit der Filtration bei der intacten Linse zu berichten.

#### IV.

### Beiträge zur Diagnostik, Symptomatologie und Statistik der angeborenen Farbenblindheit.

Von Dr. scienc. nat. et med. Wilibald A. Nagel,  
Privatdocent der Physiologie in Freiburg i. Br.

Mit 4 Abbildungen auf Taf. II und 3 Figuren im Text.

Von den verschiedenen Methoden, die zur Diagnose der angeborenen typischen Farbenblindheit in Vorschlag gebracht worden sind, erfreuen sich meines Wissens der weitesten Verbreitung die Wollprobe nach Holmgren (Seebeck) und Stilling's pseudoisochromatische Tafeln.

Als ich kürzlich eine Prüfung meines Farbensinnes mittelst dieser beiden Methoden vornehmen liess, stellte sich heraus, dass ich nach dem Ausfalle dieser Prüfungen nicht farbenblind sein, sondern nur ein herabgesetztes Farbenunterscheidungsvermögen, einen sog. schwachen Farbensinn haben sollte.

Thatsächlich aber bin ich, wie es mir seit lange bekannt ist, typisch farbenblind, und zwar ein Deuteranop nach v. Kries Bezeichnungsweise, ein Gründblinder nach der v. Helmholtz'schen Nomenclatur, ein relativ gelbsichtiger Roth-Grünblinder im Sinne der Anhänger von Hering's Farbenlehre.

---

1) J. R. von Geuns: Experimenteel Onderzoek over het outstaan van Katarakt na onderbinding der Venae vorticosae. Proefschrift Leiden 1897.

Für diejenigen, welche an eine Heilung oder Besserung der Farbenblindheit durch Uebung glauben, hätte der Ausfall dieser Prüfungen bei mir, der ich mich in den letzten Jahren viel mit der Einstellung von Farbengleichungen etc. am Spectralapparat beschäftigt hatte, ein vorzügliches Beispiel in ihrem Sinne gegeben. Ich selbst aber wusste, dass, nachdem mein Farbensystem erst kürzlich von mir unter Herrn Geheimrath v. Kries' Leitung genau untersucht und als typisch dichromatisch befunden war, die Erklärung auf anderem Wege zu suchen war. Die Prüfungsmethoden mussten unzuverlässig sein.

Ich hatte mich niemals auf die Holmgren'sche und Stilling'sche Probe eingeübt, hatte vielmehr beide nur vor Jahren gelegentlich gesehen. Die Erfahrung, dass ich trotzdem bei den beiden gebräuchlichsten Methoden der Prüfung, in regelrechter Weise ausgeführt, mit falscher Diagnose durchschlüpfen konnte, gab mir nun den Anlass, diese Methoden auch an anderen Personen eingehend auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen.

Es zeigte sich bald, dass die Methoden von Holmgren, Stilling und einige andere ziemlich verbreitete Methoden theils überhaupt nicht zuverlässig sind, theils nur unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaassregeln. Eine kritische Besprechung der diagnostischen Methoden erschien mir um so nothwendiger, als ich aus mehrfacher Erfahrung weiss, wie mangelhaft in praxi zuweilen die Farbensinnsprüfungen ausgeführt werden, — einfach deshalb, weil dem Untersuchenden die einzuhaltende Verfahrensweise nicht genügend bekannt ist. Die Kürze des manchen Farbenproben beigegebenen Textes (Gebrauchsanweisung) dürfte viele Fehldiagnosen verschuldet haben.

Die Prüfung der diagnostischen Methode an mir selbst bildete nur den Ausgangspunkt der Untersuchung. Die Prüfung von einigen weiteren notorisch Farbenblinden und eine Massenuntersuchung an 2750 Personen schloss sich daran, und gab mir die Ueberzeugung, dass die zwei von mir in den folgenden Blättern empfohlenen neuen Verfahrensweisen die Diagnose der angeborenen Farbenblindheit leichter und sicherer machen können. Zugleich gebe ich damit einen Beitrag zur Statistik der Farbenblindheit.

### 1. Ueber Holmgren's Wollprobe.

Um zu zeigen, wie sehr der Ausfall der Probe von der Beschaffenheit des Wollsortimentes abhängt, füge ich die Ergebnisse der Prüfung mit 4 verschiedenen Sortimenten besonders an.

Im Freiburger physiologischen Institute standen mir 3 Wollsortimente zur Verfügung, deren erstes aus 54 Bündeln besteht, die in einem hiesigen Geschäft ausgesucht waren, während das zweite eine Sammlung darstellt, wie sie von Dörffel in Berlin in den Handel gebracht wird. (112. Bündel, mit Anleitung von Stabsarzt Rabl-Rückhard). Das dritte Sortiment ist ein von Frl. Letty Oldberg im Upsala bezogenes.

Bei der zuerst vorgenommenen Prüfung mit dem Berliner Sortiment legte ich anfangs zu dem hellgrünen Musterbündel (Holmgren's Vorprobe) ausser einigen grünen Bündeln öfters auch grau oder graubraun (niemals rosa). Nach dem Wortlaut der Holmgren'schen (und auch der Rabl-Rückhard'schen) Anweisung ist ein solcher Fehler noch nicht beweisend für Farbenblindheit. Wie unten näher mitzutheilen sein wird, habe auch ich bei einer ganzen Reihe von Personen, die in dieser oder der gesammten Wollprobe grobe Fehler machten, den Farbensinn bei genauerer Untersuchung doch nicht als dichromatisch, sondern als trichromatisch, nur mit etwas herabgesetzter Unterschiedsempfindlichkeit gefunden.

Entscheidend dafür, ob Farbenblindheit oder nur schwacher Farbensinn vorliegt, soll alsdann die zweite Probe mit Purpur (oder Rosa) sein. Wer zu dem purpurnen Musterbündel nur purpurfarbene Bündel legt, ist nach Holmgren »unvollständig farbenblind«, d. h. er hat einen zwar schwachen, aber immerhin trichromatischen Farbensinn.

Bei dieser Purpurprobe habe ich niemals einen Fehler gemacht, niemals ein nicht-purpurnes Bündel auch nur vorübergehend in die Hand genommen, um es genauer zu prüfen, wie es die Dichromaten oft thun. Ich fühle mich vielmehr bei Ausführung der Wollprobe in der Unterscheidung des Purpur von grau, blaugrün, roth und violett vollkommen sicher und die controllirenden Trichromaten haben constatirt, dass mein Urtheil auch objectiv richtig war. Ich wäre also nach Holmgren ein unvollständig Farbenblinder.

Auch bei der dritten Holmgren'schen Probe mit dem lebhaften Spectralrot mache ich keinen Fehler.

Bei der Prüfung mit dem hier zusammengestellten Wollsortiment habe ich bei wiederholten Proben weder im Grün, noch im Purpur irgend einen Fehler gemacht. Ich bat alsdann Herrn Dr. Bihler, Assistenzarzt an der Augenklinik, mich mit dem Wollsortiment der Klinik zu prüfen, das ich nie zuvor gesehen hatte. Es ist ebenfalls hier zusammengestellt, aber an blassen Verwechslungsfarben recht

reich. Bei allen 7—8 mir vorgelegten Proben (die sich nicht nur auf Grün und Purpur beschränkten), habe ich ohne Fehler gewählt. Ich wählte allerdings die Bündel zum Theil mit dem Gefühl der Unsicherheit, aber nie falsch, so dass Herr Dr. Bihler mir schliesslich sagte, nach dem Ausfall dieser Prüfung sei ich überhaupt nicht farbenblind, sondern höchstens etwas farbenschwach, da ich langsamer wählte, als ein ganz normaler Trichromat.

Von besonderem Interesse musste die Prüfung mit dem schwedischen Sortiment sein, welches am meisten Sicherheit dafür bot, dass die Verwechslungsfarben in richtiger Qualität und genügender Anzahl vorhanden und die Probebündel nach Holmgren's Auswahl bezeichnet seien.

Vor dem Berliner Sortiment zeichnet sich dieses schwedische sehr merklich dadurch aus, dass erstens alle Wollbündel von gleicher Grösse sind und dass sie zweitens, was sehr wichtig ist, alle aus der gleichen Wollqualität bestehen. Im Dörffel'schen Sortiment befindet sich unter den Grünbündeln eine Schattirung, welche gerade ein besonders intensives und reines Grün zeigt, aber in der Beschaffenheit der Wolle von den übrigen abweicht (dünnere, rauhere Fäden). Von 130 Soldaten, die mit dieser Probe untersucht wurden, hat kein einziger dieses Gebind zu dem grünen Probebind gelegt.

Andererseits wird gerade mancher Farbenblinde, der sich mit dem ihm eigenen Raffinement an Aeusserlichkeiten hält, dieses Bündel besonders sicher wählen, wenn es ihm bei dem Vormachen der Probe durch den Arzt aufgefallen ist, dass dieses leicht kenntliche Bündel zu den zu wählenden gehört.

So wird für den Farbenblinden eine unerwünschte Erleichterung, für den Farbentüchtigen eine Erschwerung geschaffen.

Auch unter den Purpurbündeln befindet sich ein solches abweichendes.

Bei dem schwedischen Sortiment fehlen, wie gesagt, derartige Ungleichheiten, und eine Folge hiervon, sowie von der grossen Anzahl zweckmässig gewählter Verwechslungsfarben ist es, dass man bei der Grünprobe wohl jeden Farbenblinden entdeckt, und dass auch ich bei diesem Sortiment im Grün meistens Fehler mache.

Bemerkenswerth ist nun aber, dass dies nur unter der Bedingung gilt, dass die Zahl der im Sortiment vorhandenen grünen Bündel nicht zu gross ist, dass also die besonders verpackten und mit II und III bezeichneten Paquete blaugrüner und gelbgrüner Wollen (je 12 Stück)

nicht mit unter den Haufen gemischt werden. Diese Paquete sollten nur zur Diagnose der Tritanopsie benützt werden, was offenbar auch in Holmgren's Absicht lag, da er angab, diese Bündel sollten nicht unter die übrigen gemischt werden.

Liess ich, entgegen dieser Bestimmung, die blaugrünen Bündel unter den Haufen mischen, so machte ich von da an keinen Fehler mehr in der Grünprobe. Unter meiner Auswahl befanden sich dann allerdings gewöhnlich eine oder zwei blaugrüne Wollen, doch darf dies ja nicht als Fehler gelten und kann höchstens der Tritanopsie verdächtig machen; auch viele völlig Normale wählen übrigens so.

Jedenfalls empfiehlt es sich also, sich streng an die Vorschrift zu halten, dass nicht zu viele grüne Gebinde sich im Haufen befinden (nicht mehr als 8).

Die Purpurprobe bestehe ich auch mit dem schwedischen Wollsortiment regelmässig ohne jeden Fehler, und zwar traf ich schon beim ersten Mal meine Auswahl ebenso schnell und sicher, wie ein vollkommen Farbentüchtiger.

Also wiederum »unvollständig farbenblind,« auch mit diesem besten Sortiment von Wollproben.

Auf die Begriffsbestimmung, die Holmgren für die unvollständige Farbenblindheit giebt, komme ich unten noch zu sprechen; hier wo es sich mehr um den praktischen Werth der Methode handelt, möchte ich zunächst nur betonen, dass diese Diagnose für meinen Farbensinn zweifellos falsch ist, dass aber andererseits mein Verhalten gegen die Wollprobe ein ziemlich exceptionelles ist. Nur noch einen einzigen Grünblinden habe ich gefunden, einen Soldaten, der in der Grünprobe Fehler gemacht hatte, die Purpurprobe aber fehlerlos bestand. Doch war auch dieser ein richtiger Deuteranop. Das gleiche Verhalten fand ich später bei einem Protanopen.

Einer meiner Brüder, der Deuteranop ist wie ich und gleichfalls für geringe Nuancenunterschiede innerhalb der ihm erkennbaren Farben sehr empfindlich, macht trotzdem bei der Purpurprobe die für den Deuteranopen charakteristischen Fehler. Am Spectralapparate aber verhalten wir uns ganz übereinstimmend.

Mein Verhalten gegen die Purpurprobe kann also gegen den praktischen Werth der Holmgren'schen Methode kaum ins Feld geführt werden, meine Haupteinwendungen gegen sie beruhen auf andern Erfahrungen (s. u.). Wohl aber möchte ich eine andere praktische Consequenz ziehen: Die Leichtigkeit, mit der ich die Purpurprobe bestehe,

zusammengehalten mit den fast regelmässigen Fehlern, die ich bei der (auf richtige Weise und mit gutem Wollsortiment angestellten) Grünprobe mache, lässt es als eine verhängnisvolle Verschlechterung der Methode erscheinen, wenn man, wie es seinerzeit Cohn vorgeschlagen hatte und auch Daae empfahl, die Purpurprobe zur ersten Probe macht und die Grünprobe nur bei solchen etwa anwenden wollte, die im Purpur Fehler gemacht haben. Das wäre eine bedenkliche »Vereinfachung«. Die Unterscheidung des Purpurs von den anderen Farben, die mir, ohne jede Einübung an den Wollen, so leicht fiel, kann auch vielen anderen Deuteranopen leicht werden, zumal, wenn sie sich ein wenig eingeübt haben.

In dieser Hinsicht ist auch folgendes beachtenswerth: In Holmgren's Statistik sind die Rothblinden und Grünblinden mit annähernd gleichen Zahlen vertreten, in manchen anderen Statistiken überwiegen die Rothblinden erheblich. Bei unseren Massenuntersuchungen (s. u.) dagegen, welche mit verschiedenen einander controlirenden Methoden ausgeführt wurden, fanden sich ganz erheblich mehr Grünblinde wie Rothblinde. Andererseits fanden wir nur einen einzigen Fall, der dem entsprach, was Holmgren unvollständige Farbenblindheit nennt, Holmgren selbst aber beinahe so viel unvollständig Farbenblinde, wie Roth- und Grünblinde zusammengenommen. — Sollte dies nicht vielleicht darauf beruhen, dass unter Holmgren's »Unvollständigen« sich manche richtige Grünblinde befanden, die nur wie ich durch die Purpurprobe durchzuschlüpfen vermochten? Dies würde den Unterschied zur Genüge aufklären.

Wie dem auch sei, die Grünprobe sollte meiner Meinung nach unbedingt als erste Probe beibehalten werden und bei Massenuntersuchungen für die Diagnose: normaler oder abnormer Farbensinn? entscheidend sein. Die Purpurprobe wird man indessen doch auch nicht entbehren können, da sie am bequemsten die Unterscheidung der Protanopen und der Deuteranopen ermöglicht.

Wo es sich nicht um Massenuntersuchungen handelt und nicht Zeit gespart zu werden braucht, wird man sich zweckmässiger Weise nicht auf die drei Hauptproben Holmgren's (Grün, Purpur, Roth) beschränken, sondern noch andere Proben machen. Abgesehen von der oben genannten Probe, bei welcher (zur Entdeckung der Tritanopsie) die sämtlichen grünen Bündel in blaugrün und gelbgrün zu sortiren sind, empfiehlt sich als besonders geeignet zur Feststellung von Farbensinnstörungen das Vorlegen eines etwas bräunlichen Grau und

sodann namentlich eines tief gesättigten Violetts (weniger ein ungesättigtes Violett oder Lila). Diese Probe ermöglicht auch wieder die Unterscheidung des Protanopen und Deutanopen. Letzterer legt zum gesättigten Violett regelmässig auch blau; wird auch Purpur hinzugelegt, so ist Grünblindheit so gut wie sicher ausgeschlossen, und, wenn überhaupt Farbenblindheit vorhanden ist, nur an Rothblindheit zu denken. Uebrigens ist, wie ich unten zeigen werde, ein Fehler bei der Violettprobe ebensowenig wie ein solcher in der Grün- oder Purpurprobe ein Beweis dafür, dass das Farbensystem der untersuchten Person dichromatisch sei.

## 2. Ueber Daae's Farbentafel.

Dr. Daae hat die Prüfung mittelst der Wollen in der Weise abgeändert, dass er auf einer Tafel 70 farbige Felder anbringen liess, deren jedes aus drei dicken, 1 cm. langen Wollfäden gebildet ist. Die Felder sind in 10 Horizontalreihen angeordnet. Von diesen Reihen enthält eine nur grüne, eine andere nur rothe Wollen verschiedener Helligkeit, in den übrigen sind ungleichfarbige Wollen zusammengestellt.

Der zu Untersuchende soll nun gefragt werden, ob ihm die Farben der Felder in Reihe 1 gleich erscheinen, sodann in Reihe 2, 3 u. s. f. Bezeichnet er eine falsche Reihe als einfarbig, so ist er farbenblind.

Ich konnte ein Exemplar der deutschen Ausgabe von Dr. Sängers prüfen, kann mich jedoch in der Mittheilung der Ergebnisse kurz fassen, da schon v. Reuss, Mauthner u. A. Kritiken der Methoden gegeben haben, denen ich im Wesentlichen zustimme.

Es fehlt hier, wie bei Stilling's Tafeln, die Angabe in der Gebrauchsanweisung, ob die Tafel aus der Nähe oder Ferne betrachtet werden soll. Auffallend ist ferner, dass gerade in den beiden wirklich isochromatischen Reihen die Farbe vom Hellen zum Dunkeln gleichmässig abgestuft ist, in den pseudoisochromatischen dagegen (für den Dichromaten aller 3 Typen) helle und dunkle, gesättigte und ungesättigte Farben regellos abwechseln. Dadurch erscheinen für den aufmerksamen Beobachter (Dichromaten), die beiden isochromatischen Reihen sofort als etwas besonderes. Als ich die Tafel zum ersten Male sah, erkannte ich ohne Zögern sofort die richtigen Reihen, ebenso mein Bruder.

Das Princip der Methode ist sehr gut, aber die Ausführung könnte weit besser sein. Durch geeignetere Wahl der Verwechslungsproben

könnte man die meisten Dichromaten täuschen. Die Reihen müssten alle scheinbar einfarbig von hell zu dunkel abschattirt sein, dazwischen einige wirklich einfarbige Reihen. Leicht liessen sich dann auch Reihen herstellen, die nur entweder vom Deuteranopen oder vom Protanopen anerkannt werden, nicht aber von beiden. In Da a e's Tafel passen die Verwechslungsfarben ungefähr gleich gut oder gleich schlecht für beide Typen.

In zweckmässiger Weise angewandt, wird trotzdem, wie ich überzeugt bin, Da a e's Tafel zur Untersuchung einigermaassen intelligenter Leute wohl mit Erfolg dienen können, freilich nicht auf Grund der ungenügenden Gebrauchsanweisung, die Da a e selbst giebt.

Ich würde empfehlen, die Tafel dem zu Prüfenden nur bis auf 1 Meter zu nähern (nicht mehr!), und dann auf die einzelnen Horizontalreihen zu zeigen und zu fragen, ob sie nur eine oder mehrere Farben enthalten. Ist für die pseudo-isochromatischen Reihen (4, 5, 6, 7, 9) die Frage verneint worden, so empfiehlt es sich, sich noch die Namen der einzelnen Farben nennen zu lassen. Besonders eignet sich dazu Reihe 4. Man wird ja, namentlich von ungebildeten Leuten, nicht erwarten dürfen, dass sie die Farben alle richtig benennen, auch wenn sie normalen Farbensinn haben, aber man wird aus der Antwort alsbald ersehen, ob ihnen der Purpur (4 c) als etwas von dem blaugrün (4 b) wesentlich Verschiedenes erscheint, ebenso 4 d und 4 e. Diese Reihe ermöglicht zugleich die Unterscheidung von Protanopen und Deuteranopen; ist die Reihe als im Ganzen ungefähr gleichfarbig bezeichnet worden, so braucht man nur zu fragen, welches von den Feldern 4 b und 4 c dunkler sei. Wird sogleich mit Entschiedenheit 4 c (Purpur) als dunkler (und blauer) bezeichnet, so hat man einen Protanopen vor sich. Macht die Entscheidung Schwierigkeit oder wird das blaugrün als das dunklere bezeichnet, so ist der Geprüfte ein Deuteranop. Diese Angabe kann ich freilich zunächst nur für das mir vorliegende Exemplar der Tafel machen, da ich nicht weiss, ob die Wollen in allen Exemplaren genau gleich sind.

Bei wenig intelligenten Leuten wird man mit der Tafel auf beträchtliche Schwierigkeiten stossen.

### 3. Ueber Stilling's pseudo-isochromatische Farbentafeln.

Nächst der Wollprobe ist wohl die Prüfung mittelst der »pseudo-isochromatischen Tafeln« von J. Stilling am meisten beliebt und verbreitet.



Als Vorzüge dieser Methode werden namentlich genannt: Die ausserordentliche Einfachheit der Aufgabe für den Untersuchenden, das Vermeiden jeglicher Farbenbenennung und die Möglichkeit, den Farbensinn zu prüfen, ohne dass der Untersuchte es weiss (da er der Meinung sein kann, es handele sich um Sehschärfebestimmung). Auch kann als Vorzug bezeichnet werden, dass keine active Hantirung des Untersuchten, wie bei Holmgren's Probe und ähnlichen, verlangt wird, somit Verlegenheit und Aufregung weniger störend als in jenen Proben eingreifen.

Diesen Vorzügen stehen gewisse Nachteile von erheblicher Bedeutung gegenüber, deren wichtigste ich hier kurz berühren muss. Ich lasse dabei diejenigen, schon von anderer Seite betonten Ausstellungen beiseite, welche nur für die früheren Ausgaben der Stilling'schen Tafeln zuträfen, bei den neueren aber wegfallen. Ich halte mich an die neueste, 1889 erschienene Ausgabe, bestehend aus 10 Tafeln. Die Beschaffenheit der Tafeln kann ich wohl als allseitig bekannt voraussetzen.

In der Gebrauchsanweisung vermisste ich zunächst eine klare Angabe darüber, in welcher Weise die Tafeln dem zu Prüfenden »vorgelegt« werden sollen, ob man sie ihm thatsächlich »vorlegen« soll, wie man ein Buch zum Lesen vorlegt, oder sie auf grösseren Abstand, einige Meter Entfernung, vorhalten soll. Letzterenfalls wäre zuerst Sehschärfe und Refraction zu bestimmen, und etwaige Ametropie zu corrigiren. Amblyopie von nennenswerthem Betrag würde die Probe in dieser Form unmöglich machen.

Von einigen Ophthalmologen weiss ich, dass sie die Prüfung stets in dieser Weise ausführen, und zwar die Tafeln auf 3 m Abstand vorhalten. Von anderen dagegen weiss ich, dass sie die Tafeln dem Untersuchten direct vorlegen, bezw. in die Hand geben. Beiderlei Verfahrensweisen könnten durch Berufung auf den Wortlaut des Stilling'schen Textes begründet werden.

Ohne die Tafeln jemals eingehend betrachtet zu haben, liess ich an mir eine Prüfung mit denselben vornehmen, und zwar zunächst mit Betrachtung auf 3 m Abstand, dann auf 2 m, auf 1 m und schliesslich, indem ich die Tafeln in die Hand nahm. Ob ich auf 1 m Abstand oder aus noch grösserer Nähe betrachte, bleibt sich für das Resultat gleich, grössere Abstände dagegen ändern das Ergebniss bedeutend. Es ist in folgender Tabelle angegeben, zu welcher ich noch bemerke,

dass meine Sehschärfe eine sehr gute ist ( $\frac{5}{4}$ ) und meine Myopie bei den Betrachtungen corrigirt war.

Tafel	Ich lese		
	auf 3 m	2 m	1 m
I	mühsam u. etwas unsicher	etwas mühsam	leicht
II	ziemlich leicht	ziemlich leicht	leicht
III	nicht	mühsam	leicht
IV	leicht	leicht	leicht
V	nicht	nicht	nicht
VI	etwas mühsam	etwas mühsam	ziemlich leicht
VII	nicht	mühsam	leicht
VIII	leicht	leicht	leicht
IX	nicht	nicht	mühsam
X	leicht	leicht	leicht

Stilling sagt über die Tafeln folgendes: »Tafel I, II, III, IV, V, VI, VII dienen zur Bestimmung des Farbensinnes für Roth-Grün. Wer die drei ersten, oder auch nur eine Zahl auf ihnen nicht zu entziffern vermag, ist als roth-grünblind zu betrachten. Wer IV und V oder ein Feld davon nicht entziffert, dagegen I, II und III, hat einen herabgesetzten Farbensinn für Roth-Grün. Wer Tafel VI und VII nicht entziffern kann, ist ebenfalls rothgrünblind, diese beiden Tafeln dienen jedoch zugleich für die Differenzirung der beiden Hauptformen. Wer die eine liest, kann die andere nicht entziffern und vice versa, wer VI erkennt und VII nicht, hat eine herabgesetzte Empfindlichkeit für rothes Licht, resp. ein nach links verkürztes Spectrum. Umgekehrt, wer VII erkennt und VI nicht, hat ein unverkürztes Spectrum und ganz oder nahezu normale Empfindlichkeit für rothes Licht.

Tafel VIII dient zur Bestimmung des Farbensinnes für Blau-Gelb . . . . . Wer Tafel X nicht entziffern zu können behauptet, ist ein grober Simulant. Wer vorgiebt, roth-grünblind zu sein, muss Tafel IX entziffern, wo nicht, ist damit der Beweis der Simulation geliefert.

Ich für meine Person bin also nach Stilling's Probetafeln, auf 3 m Abstand (bei hellem Tageslicht) geprüft:

- a) nach Tafel I—VII zusammen genommen roth-grünblind;
- b) durch Vergleichung von VI und VII rothblind (Protanop) mit verkürztem Spectrum;

- (c) nach Tafel II und IV wäre ich normal;
- d) nach Tafel IX ein Simulant;
- e) nach Tafel X aber wenigstens kein grober Simulant.

Nach der Prüfung aus der Nähe ergibt sich folgendes: Ich bin

- a) nach Tafel I—V, zusammengenommen, nicht farbenblind, habe aber einen herabgesetzten Roth-Grünsinn;
- b) nach Tafel VI und VII bin ich jedenfalls nicht rothblind, sondern eher grünblind (Deuteranop), mit unverkürztem Spectrum;
- c) IX und X (Simulation), wie oben.

In Wirklichkeit aber bin ich ein typischer Deuteranop mit unverkürztem Spectrum.

Aehnlich mangelhaft sind die Ergebnisse bei etlichen anderen typischen Protanopen und Deuteranopen, die ich prüfte. Die Protanopen ergeben sich als ebenfalls nur mit herabgesetztem Roth-Grünsinn behaftet, I bis III lesen sie (in der Nähe), IV und V aber nicht. Zur Diagnose des Typus giebt es bei ihnen gar keinen Anhalt, da die hierzu bestimmten Tafeln VI und VII aus der Nähe wie aus der Ferne in der Regel leicht gelesen werden. Die Simulationstafel IX wird überhaupt nur ganz aus der Nähe, und auch dann sehr mühsam entziffert.

Diese letztgenannte Tafel erfüllt sicherlich ihren Zweck am wenigsten, da sie auf 2 bis 3 m Abstand von keinem Dichromaten gelesen wird, ebenso von vielen normalen Trichomaten entweder gar nicht oder äusserst mühsam. Wird sie vom Untersuchten in der Hand gehalten, so können sie allerdings die meisten Trichomaten und Dichromaten langsam entziffern; unter solchen Umständen entziffern aber auch alle Dichromaten die Tafeln I—III und VI—VII (Deuteranopen auch IV). Nur die Tafel V habe ich noch von keinem Farbenblinden entziffert gesehen, Deuteranopen sehen darauf keine Andeutung von Zahlen, Protanopen bemerken wohl, dass Figuren da sind, aber sie erkennen sie nicht.

Würden nun alle Farbentüchtigen diese Tafel leicht lesen, so wäre damit wenigstens eine Tafel zur sicheren Diagnose vorhanden. Ich habe jedoch farbentüchtige (intelligente) Leute gefunden, welche zuvor die übrigen Tafeln (mit Ausnahme von IX) mühelos gelesen hatten, bei Tafel V aber, die ich zum Schlusse zeigte, meinten, das sei eine Vexirtafel, es seien gar keine Zahlen darauf. Sie sehen wohl rothe Flecken, aber diese bilden keine zusammenhängenden Figuren. Diesem Urtheil steht dasjenige anderer Personen gegenüber, die gerade die Tafel V für eine besonders leicht zu lesende erklären.

Was für einen Farbensinn haben nun die Leute, die diese interessante Tafel V nicht zu lesen vermögen? Es sind das erstens sämtliche Protanopen und Deutanopen, zweitens sicher einige, vielleicht alle sog. anomalen Trichromaten, drittens Leute mit ausgeprägt schwachem Farbensinn, viertens aber auch manche Personen mit einem durchaus guten, normalen Farbensinn. Dies letztere ist am überraschendsten. Eine Dame, die Tafel V auf 2 bis 3 m Abstand überhaupt nicht liest, in der Nähe mühsam entziffert, führt die Holmgren'sche Probe durchaus tadellos aus, selbst mit den feinsten Nuanceunterscheidungen. Stilling's übrige Tafeln, mit Ausnahme von III und IX liest sie ohne jede Schwierigkeit.

Begreiflicher ist es, dass Personen, die bei der Holmgren'schen Probe grobe Fehler machen, bei der Untersuchung am Spectralapparat aber sich trotzdem als Trichromaten erweisen, Stilling's Tafeln III, V und IX nicht lesen.

Von besonderem Interesse war mir die Prüfung zweier der sog. anomalen Trichromaten, deren Farbensinn bekanntlich u. a. dadurch charakterisirt ist, dass sie zur Mischung eines reinen Gelb aus Roth und Grün erheblich mehr Grün in der Mischung brauchen, als die überwiegende Mehrzahl der Trichromaten. Die beiden Herren, Herr Professor Dr. Zehnder und Herr cand. med. Lotze verhielten sich in ganz übereinstimmender Weise.

Auf 2 bis 3 m Abstand lasen sie die Tafeln III, V und IX gar nicht, einige andere nur mit Mühe. Man müsste sie nach dieser Prüfung unbedingt für farbenblind erklären. Giebt man ihnen die Tafeln in die Hand, so sehen sie die rothen Punkte und entziffern die Figuren, etwa ebenso wie Personen mit sehr schwachem Farbensinn. Dabei ist ihr Farbensinn keineswegs schwach, sie machen die Wollprobe ohne jeden Fehler. Von beiden Herren habe ich ein noch weiteres Kriterium hierfür in der Thatsache, dass bei Einstellungen von Mischungs-gleichungen am Spectralapparat die Schwankungen ihrer Einstellungen nicht in nennenswerther Weise grösser sind, als bei einem normalen Trichromaten mit scharfem Farbensinn, der jene Einstellungen in Parallelversuchen mit ihnen ausführte. Von schwachem Farbensinn, d. h. herabgesetzter Unterschiedsempfindlichkeit, ist also bei diesen anomalen Trichromaten nicht zu reden.

Ich musste die Möglichkeit in Betracht ziehen, dass alle diejenigen Trichromaten, die Stilling's Tafel V nicht, Tafel III nur mit grosser Mühe lesen, anomale Trichromaten seien. Dies hat sich jedoch nicht

bestätigt. Die oben erwähnte Dame, sowie einen Herrn mit herabgesetzter Unterschiedsempfindlichkeit liess ich die Gleichung betrachten, welche Herr Lotze, der anomale Trichromat, zwischen Natriumlicht einerseits und einer Roth- ( $670,8 \mu\mu$ ) Grün- ( $530 \mu\mu$ ) -Mischung andererseits eingestellt hatte. Uebereinstimmend erklärten sie das Gemisch für stark grün gefärbt, erkannten dagegen die Gleichung eines normalen Trichromaten an. Der anomale Trichromat erklärt das Mischlicht in dieser Gleichung für orange.

Diese Ergebnisse mit Stilling's Tafeln sind theoretisch interessant, sie sind aber auch, wovon ich hier allein sprechen will, praktisch wichtig, da sie zeigen, dass diese Tafeln zur Prüfung des Farbensinnes beim Eisenbahn- und Marinepersonal durchaus ungeeignet sind. Stellt man sich auf den Standpunkt, dass nicht nur Farbenblinde, sondern auch Personen mit stark herabgesetzter Unterschiedsempfindlichkeit für Farben von diesen Berufsarten zurückzuweisen sind, und findet man es deshalb unbedenklich, dass Stilling's Methode Farbenblinde und Farbenschwache gemeinsam ausscheidet und nicht scharf trennt, so wird man es doch als sehr bedenklich bezeichnen müssen, wenn Leute mit einem Farbensinn, der sich nach allen anderen Methoden als gut erweist, bei Prüfung mit diesen Tafeln als mit mangelhaftem Farbensinn behaftet erscheinen. Mangelhaft kann man den Farbensinn der anomalen Trichromaten ja an und für sich durchaus nicht nennen. Die Anomalie kann wohl mit »schwachem Farbensinn« zusammen vorkommen, aber die von mir untersuchten beiden Fälle zeigen, dass dies zum mindesten nicht nothwendig ist.<sup>1)</sup>

Der anomale Trichromat braucht vermuthlich anders gefärbte Tafeln, um sie so deutlich lesen zu können, wie der normale Trichromat die Tafeln Stilling's liest. Derartige Tafeln würde dann der Normale vielleicht schwer lesen. Wie oben gesagt, kann ich aus der Beobachtung von zwei Fällen natürlich nicht schliessen, dass alle anomalen Trichromaten sich so verhalten, wie die beiden vorerwähnten. Es kann das Verhalten bei ihnen ein Zufall sein, wie es auch vorkommt, dass normale Trichromaten die Tafeln nicht lesen (wie der oben mitgetheilte Fall zeigt). Das ist mir nicht gerade wahrscheinlich, jeden-

1) Auch Donders (Farbengleichungen, Arch. f. Anat. und Physiol. 1884, p. 518) fand, dass anomal-trichromatischer Farbensinn nicht nothwendig mit Farbenschwäche zusammenfallen müsse, ebensowenig alle Farbenschwachen anomale Trichromaten seien.

falls aber ändert es an der praktischen Consequenz nichts; unter den 12 Trichromaten, die ich nach Stilling's Methode eingehend geprüft habe, waren wie gesagt, drei, die danach fälschlich als farbenblind oder farbenschwach bezeichnet worden wären!

Man wird vielleicht einwenden, Stilling's Methode sei noch feiner, als alle anderen, sie enthülle gewisse Anomalien des Farbensinns, die bei anderer Untersuchung verborgen bleiben, — das ist möglich, wenn sich auch die Thatsachen noch anderswie deuten lassen — jedenfalls sind die Anomalien, die in den oben mitgetheilten 3 Fällen bestehen können, so geringfügig, dass sie niemals zur Zurückweisung von einem Berufe berechtigten, der guten Farbensinn verlangt. Muss aber nach Stilling's Probe immer noch mit anderen Methoden nachgeprüft werden, so verliert sie überhaupt ihren Werth, denn zur orientirenden ersten Probe eignen sich andere Methoden weit besser, die Holmgren'sche, die Daae's Tafel oder meine unten zu besprechenden Farbentafeln.

Ob das Princip, auf dem Stilling's Tafeln beruhen, bei geeigneter Wahl der Farben praktischen Zwecken besser dienstbar gemacht werden könnte und die genannten Fehler sich vermeiden liessen, darüber wage ich mich mit Bestimmtheit nicht zu äussern. Wahrscheinlich ist es mir nicht. Manche der Tafeln aus den früheren Ausgaben scheinen mir insofern besser, als sie für mich ganz unlesbar sind, für einige normale Trichromaten dagegen, die ich befragte, leicht zu entziffern sind. An den kritischen 3 Fällen konnte ich indessen diese Tafeln nicht prüfen. Der am leichtesten abzustellende Mangel bei den Tafeln dürfte in dem begleitenden Texte liegen. Solange es dem Ermessen jedes Arztes überlassen bleibt, in welcher Weise er dem zu Prüfenden die Tafeln vorlegen will, sind die Prüfungsergebnisse nicht zuverlässig. Freilich müssten zugleich auch die Tafeln selbst abgeändert werden, denn z. B. bei mir ergeben sie ja, aus der Nähe, wie aus der Ferne betrachtet, falsche Diagnosen.

#### 4. Ueber Pflüger's Florcontrast-Methode.

Die Methode der Farbensinnprüfung, mit Hülfe des Florcontrastes nach E. Pflüger steht der Stilling'schen in gewisser Hinsicht nahe und theilt mit jener deren oben erwähnten Vorzüge, erscheint mir aber auf Grund meiner Beobachtungen noch weniger als jene geeignet, für sich allein zur Diagnose der Farbenblindheit verwendet zu werden. Bei ihr werden bekanntlich schwarze und graue Buchstaben und Zahlen,

die auf farbigen Grund gedruckt sind, mit einem bis drei Seidenpapierflore bedeckt, und sollen hierdurch für den Farbenblinden unsichtbar, für den Farbentüchtigen aber in der mit dem Grunde complementären Farbe sichtbar sein.

Die Methode hat zunächst den Fehler, dass die Seidenpapierflore nach wiederholtem Gebrauche des Buches nicht glatt liegen, von jedem, der die Tafeln lesen soll, erst glatt gestrichen werden und dabei beschmutzt und zerknittert werden. Ferner kann durchaus nicht gesagt werden, dass der vollkommen Farbentüchtige alle Tafeln entziffern muss. Durch zwei, beziehungsweise drei Flore wird auf einzelnen Tafeln selbst bei bestem Farbensinn entweder nichts oder doch nur der allergrösste Buchstabe erkannt.

Es fehlt auch in dem begleitenden Texte jegliche Angabe darüber, welche Leistungen von einem normalen, einem schwachen und einem dichromatischen Farbensinn verlangt werden dürfen; jeder Arzt, der mit Pflüger's Tafeln untersuchen will, muss erst mühsam die nöthige Erfahrung in deren zweckentsprechendem Gebrauche erwerben. Ich bin überzeugt, dass man nach Aneignung dieser Erfahrung mit Pflüger's Methode in der That normalen, schwachen und dichromatischen Farbensinn gut unterscheiden kann, aber bis der einzelne Arzt zu dieser Erfahrung gelangt, wird er viele falsche Diagnosen gestellt haben, die er, günstigenfalls, durch andere, zur Controlle angewandte Methoden noch rechtzeitig entdecken wird.

Wollte man, um normalen Farbensinn zu diagnosticiren, verlangen, dass auf allen Tafeln alle Zeichen durch zwei Flore gelesen werden, so würde man keinen einzigen normalen Farbensinn finden, denn, wie oben erwähnt, ist diese Forderung, wenigstens bei dem mir vorliegenden Exemplar der Tafeln, unerfüllbar.

Der Arzt müsste daher die Leistung des Untersuchten stets im Vergleich zu seiner eigenen beurtheilen und müsste zuvor nach anderen, zuverlässigen, Methoden feststellen, ob sein eigener Farbensinn gänzlich normal ist, oder mehr oder weniger herabgesetzt. Hat er selbst einen etwas schwachen Farbensinn, was ja auch bei Trichromaten so häufig vorkommt, so wird er sich merken müssen, welche Zeichen (ausser den auch für ihn lesbaren), für den mit scharfem Farbensinn begabten zu lesen sind.

Ziemlich schwierig wird die Differentialdiagnose zwischen einem wirklich Farbenblinden und einem Trichromaten mit stark herabgesetzter Unterschiedsempfindlichkeit. Sie lesen annähernd die gleichen Zeichen.

Für solche Fälle scheint es mir zweckmässig, eine der drei ersten Tafeln (rother Grund) vorzulegen und zu fragen, was für »eine« Farbe der Flor, der auf der Tafel aufliegt, habe. Der normale Trichromat wird in der Regel sogleich beide Farben, Grün und Rosa nennen, der Dichromat stets nur eine, vielleicht zufällig die richtige Farbe des Grundes. Um nun den schwachen Farbensinn von der Farbenblindheit zu trennen, fragt man, ob denn die ganze Fläche von der gleichen Farbe sei. Der Dichromat antwortet: ja, oder zeigt allenfalls »hellere Stellen«, den Buchstaben entsprechend. Der schwache Trichromat aber spricht von Stellen, die »mehr grünlich« sind und zeigt solche. Ist er im Stande, die Lage der kleineren Zeichen durch einen oder gar durch zwei Flore mit dem Finger zu zeigen, so ist man sicher, keinen Dichromaten, sondern einen nur »farbenschwachen« Trichromaten vor sich zu haben.

Die grünen Tafeln eignen sich hierzu weniger, dagegen dürften sie zweckmässiger Weise wegen ihrer leichten Lesbarkeit dazu dienen, am Anfang der Prüfung gezeigt zu werden, damit der Untersuchte sieht, dass überhaupt durch die Flore hindurch Zeichen gelesen werden können.

Den durchgreifenden Unterschied zwischen Protanopen und Deuteranopen scheint Pflüger zur Zeit der Publikation seiner Tafeln (1882) nicht unbedingt anerkannt zu haben, wenigstens äussert er sich auf Seite 2 der einleitenden Gebrauchsanweisung folgendermaassen: »Ausnahmsweise scheinen die hellen Lettern der 2. Tafel dunkler durch als der Grund und die dunkelsten Lettern auf Grün als zu hell. Für den Anhänger der Dreifarbentheorie liegt hierin ein Mittel, sog. typische Grünblindheit von sog. Rothblindheit zu unterscheiden.«

Tafel 2 ist dunkelpurpurfarben, die Buchstaben erscheinen also Grün. Diese »ausnahmsweisen« Farbenblinden, denen die Buchstaben dunkler erscheinen sollen, müssten also die sog. Grünblinden, die Deuteranopen sein, ebenso wären auch sie diejenigen, denen die dunklern Lettern auf Grün als hell erscheinen sollten.

Thatsächlich ist dies nun bei den mir vorliegenden Exemplaren von Pflüger's Florbuch nicht der Fall. Für mich, den typisch Grünblinden, scheinen die hellen Lettern der Tafel 2 heller durch, als der Grund, für den Rothblinden natürlich erst recht. Die dunkeln Lettern sehen beide nicht. Die Lettern auf Grün sind für mich alle dunkler als der Grund, für den Rothblinden ist der Unterschied noch grösser. Die Unterscheidung der Typen ist also auf diese Weise nicht möglich.



Vielleicht sind die Flore in den einzelnen Exemplaren des Buches verschieden beschaffen, so dass für andere Exemplare Pflüger's Angabe zutrifft. Für den Werth der Methode wäre es aber eine starke Beeinträchtigung, wenn derartige Ungleichheiten vorkämen.

### 5. Ueber neue pseudoisochromatische Farbentafeln.

Die ungünstigen Erfahrungen, die ich mit Stilling's und Pflüger's Farbentafeln gemacht hatte, bestimmten mich zu dem Versuch, zunächst zu eigenem Gebrauche mir eine Anzahl pseudoisochromatischer Tafeln herzustellen, die ihren Zweck auch bei nicht ganz vollkommener Wiedergabe der Farben in der Reproduction erfüllen müssten. Dabei leitete mich folgende Ueberlegung: Wenn in Farbentafeln nach Stilling's Princip die Scheingleichung zwischen der Farbe des Grundes und derjenigen der darauf gedruckten Ziffern nicht vollständig genau für den Dichromaten stimmt, wird dieser die Tafel trotz seiner Farbenblindheit entziffern. Die Ziffern und der Grund brauchen ihm nicht in verschiedener Farbe zu erscheinen, sondern in verschiedener Helligkeit; das genügt, um die Contouren zu verfolgen und die Figur zu erkennen.

Ordnet man dagegen die Farbenpunkte, welche einer Scheingleichung eines Dichromaten annähernd entsprechen, in einer beliebigen Linie, etwa einem Kreise, in unregelmässiger Folge an, so wird dieser Farbenring dem Dichromaten selbst dann, wenn die Verwechslungsfarben nicht vollkommen getroffen sind, einem anderen Ringe sehr ähnlich, oder gleich aussehen, in welchem nur eine einzige Farbe, aber in verschiedenen Schattirungen, vertreten ist. Z. B. ein Ring, in welchem grüne und graue Punkte abwechselnd stehen, wird für ihn mit einem anderen Ringe identisch erscheinen, in welchem hell- und dunkelgraue oder hell- und dunkelgrüne Punkte abwechseln, sofern nur das Grün in richtiger Nuance gewählt ist. Beiderlei Ringe werden ihm einfarbig erscheinen, beziehungsweise, wenn die Farben richtig gewählt sind, kann für den Dichromaten der in Wahrheit zweifarbige Ring mehr den Eindruck des Einfarbigen machen, als der wirklich einfarbige mit seinem Wechsel zwischen hell- und dunkelgrau.

Derartige Tafeln habe ich durch Farbendruck reproduciren lassen, sie sind im Verlage von J. F. Bergmann erschienen, mit einer ausführlichen Anleitung zu ihrem Gebrauche. Einige der Farbenringe sind auf der dieser Abhandlung beigegebenen Tafel abgedruckt, nicht zu dem

Zwecke, als Mittel für die Diagnose verwendet zu werden (dazu müssen alle 12 Tafelchen gleichzeitig verwendet werden), sondern nur zur Illustration des hier Mitgetheilten. Die Sammlung von 12 Tafelchen enthält 3 Farbenringe, die von allen Farbentüchtigen als einfarbig erklärt werden (einer davon ist auf der Tafel abgebildet), einige Ringe, die die typischen Verwechlungsfarben der Protanopen, Deutanopen und Tritanopen enthalten, 1 Ring, der zwar nicht als ganz einfarbig bezeichnet werden kann, dessen Anerkennung aber noch nicht Farbenblindheit bedeutet. Die Beurtheilung der Ringe hat auf  $\frac{3}{4}$  m Abstand zu geschehen. Das genauere über die Verfahrungsweise ist im begleitenden Texte angegeben.

Die Methode ist nicht neu, sie stellt vielmehr nur eine Verschmelzung der Stilling'schen und der Daae'schen vor, scheint mir aber vor diesen beiden erhebliche Vorzüge zu haben. Damit diese zur Geltung kommen und sichere Diagnosen gestellt werden, ist freilich notwendig, dass man genau so verfährt, wie ich es in der Anleitung angegeben habe. Diese Anleitung ist daher auch bestimmter gefasst, als es bei den bisher üblichen diagnostischen Hilfsmitteln der Fall war.

Für Massenuntersuchungen empfiehlt sich die Methode ebensowenig wie diejenige Stilling's und Daae's. Handelt es sich bei einer solchen Untersuchung nur darum, die typisch Farbenblinden herauszufinden, so würde ich die Verwendung meines unten beschriebenen diagnostischen Farbenapparates empfehlen, sollten auch die »Farbenschwachen« ermittelt werden, die Verwendung der Holmgren'schen Probe, diese jedoch nur unter Controle des Spectralapparates oder einer meiner beiden diagnostischen Methoden, da man sonst, wie ich unten zeigen werde, leicht eine Anzahl nur farbenschwacher Personen als farbenblind erklären kann, und andererseits Dichromaten als nur farbenschwache Trichromaten erscheinen können.

## 6. Eine neue Methode der Prüfung mit farbigen Gläsern.

(Schein-Gleichung zwischen Roth und Gelb.)

Als im Jahre 1896 Herr Geheimerat v. Kries von mir und anderen Dichromaten am Helmholtz'schen Farbmischapparat Gleichungen zwischen spectralem Roth (Lithiumlinie) und Gelb (Natriumlinie) einstellen liess, kam mir der Gedanke, diese Gleichung, die sich so ausgezeichnet eignet, um die beiden häufigsten Typen der Farbenblindheit zu trennen, müsste sich auch für die praktische Diagnose der Farbenblindheit sehr gut eignen. War mein Auge einigermaassen hell

adaptirt, so liess sich zwischen Roth und Gelb durch blosse Helligkeitsvariirung eines der beiden Lichter eine vollkommen befriedigende Gleichung herstellen, ebenso für den Rothblinden, für den nur das Roth etwa 5 Mal lichtstärker als für den Grünblinden gemacht werden musste. Ich erprobte nun folgende Methode an einigen wirklichen Dichromaten und auch an zwei Personen, die mir als farbenblind zugeschickt wurden, dies aber in der That, wie sich bald zeigte, nicht waren:

1. Ich stellte aus Lithiumroth und Natriumgelb eine Ungleichung für beide Dichromatentypen ein, d. h. ich machte das Roth für mein Auge merklich dunkler als das Gelb. Für den Protanopen war dann die Ungleichheit natürlich noch grösser. Ueber die die Farben, die sie sähen, befragt, antworteten mir die Dichromaten, ganz wie ich erwartet hatte, sie nannten das Roth roth, das Gelb gelb.
2. Nun stellte ich durch Erhellung des Roth die für mich giltige Gleichung ein. Die Deuteranopen sagten, wie erwartet, jetzt seien beide Felder gelb. Protanopen konnte ich damals nicht prüfen; sie würden, wie ich jetzt weiss, meiner Gleichung gegenüber das Gelb als gelb, das Roth als roth oder grün bezeichnet haben. Es ist für sie deutlich dunkler als das Gelb und der Dichromat vermuthet in solchen Fällen immer, man lege ihm zwei verschiedenen Farben vor, daher er dann auch zwei Farbenamen nennt, wenngleich ihm beide Felder in Wahrheit nur verschiedene Intensitäten derselben Farbe zeigen können.
3. Nun stellte ich die für den Protanopen ungefähr giltige Gleichung ein, indem ich das Roth 5 Mal heller machte. Nunmehr nennt der Deuteranop mit Sicherheit das Gelb roth und das Roth gelb; er meint, ich hätte einfach die erste Einstellung umgekehrt; das ihm dunkler erscheinende Feld nennt er roth. Der Protanop erkennt diese dritte Einstellung als Gleichung an, allenfalls sagt er, das eine Feld sei noch ein wenig »heller« als das andere. Vom Farbenunterschied spricht er nicht.

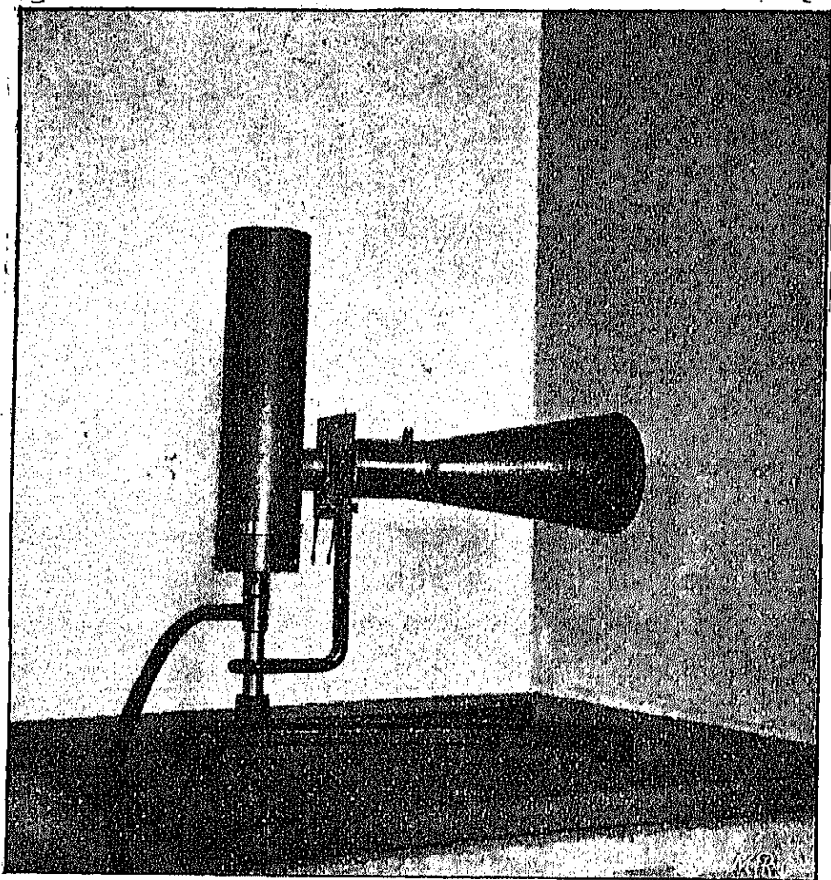
So ist mit drei Einstellungen die Diagnose vollkommen festgestellt. Durch Wiederholung der Einstellungen kann man sich vor Zufällen sichern.

Der Normalsehende erkennt natürlich keine der Einstellungen als Gleichungen an. Selbst Leute mit sehr stark herabgesetzter Unterschieds-

empfindlichkeit zögern keinen Augenblick, das in Wahrheit rothe Feld roth zu nennen, gleichviel, ob es heller oder dunkler ist als das Gelbe.

Der praktischen Verwerthung dieser Methode stellt sich der Umstand in den Weg, dass erstens die Einstellungen ziemlich zeitraubend sind, die Beobachtung durch den engen Ocularspalt nicht ganz leicht ist und vor allem, dass das Helmholtz'sche Spectralphotometer ein sehr theureres und nicht leicht zu handhabendes Instrument ist.

Fig. 1.



Nun liesse sich freilich ein nur diesem diagnostischen Zwecke dienendes Instrument nach dem gleichen Princip weit einfacher und billiger herstellen. Die gesammten Polarisations-einrichtungen und die verschiebbaren Collimatoren könnten wegbleiben, die Collimators-palten könnten für diesen praktischen Zweck viel einfacher gearbeitet sein.

War es jedoch möglich, statt der Spectralfarben farbige Gläser zu verwenden, so musste dies den Apparat bedeutend vereinfachen. Ich

überzeugte mich, dass zwischen Licht (eines Auerbrenners), das eine Rubinglasscheibe passiert hatte, und solchem, das eine gelbe Scheibe passiert hatte, bei kleinem Felde eine befriedigende Gleichung hergestellt werden konnte, indem vor die gelbe Scheibe ein passendes Rauchglas gebracht wurde. Einen Apparat, der auf diesem Princip beruhte, fertigt Herr Mechaniker Elbs in Freiburg an <sup>1)</sup> Die nebenstehende Figur 1 zeigt sein Aeusseres, Figur 2 einen horizontalen Durchschnitt.

A ist ein Auerbrenner, umschlossen von einem Metallcylinder C, welcher in einer Fassung die planconvexe Linse L trägt. Das durch diese Linse gesammelte Licht fällt in das cylindrische Rohr R, welches durch eine verticale Scheidewand S getheilt ist und an seiner der Lichtquelle zugewandten Seite die doppelte Schiebervorrichtung Sch trägt, auf der entgegengesetzten Seite durch eine dünne Milchglasscheibe M geschlossen ist. Hinter dieser Milchglasplatte erweitert sich alsdann das Rohr trichterförmig. Der Trichter T besteht aus dünnem Blech,

Fig 2.

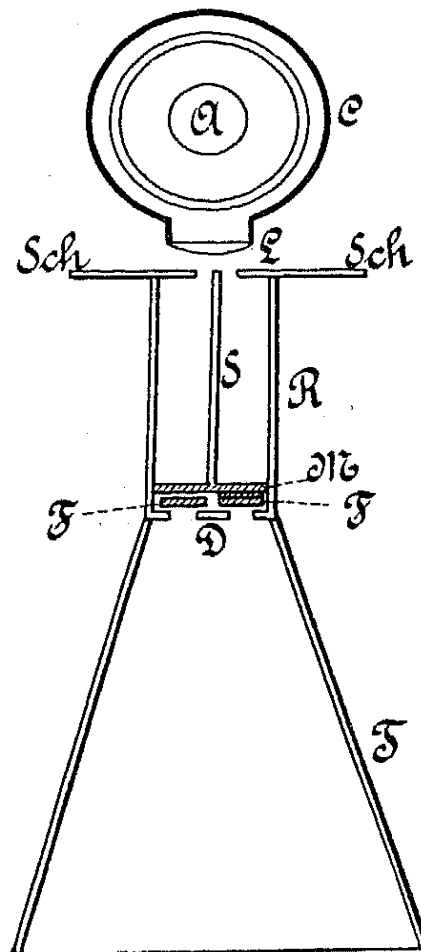
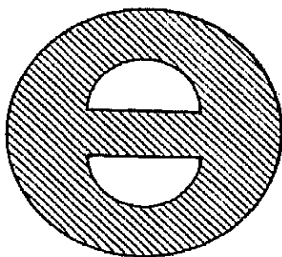


Fig. 3.



welcher aussen lackirt, innen geschwärzt ist. Am Boden des Trichters befindet sich ein Diaphragma D aus geschwärztem Blech. Es hat zwei halbkreisförmige Oeffnungen (Figur 3) von 1 cm Höhe. Durch diese Oeffnungen nun sieht man das von der Rückseite her hell erleuchtete

<sup>1)</sup> Anmerk. Er kostet incl Auerbrenner 25 bis 30 Mark.

Milchglas. Das Diaphragma liegt indessen dem Milchglas nicht direct an, sondern zwischen beiden befindet sich ein Zwischenraum, in welchen von oben her, durch zwei Schlitzte in dem Rohr R farbige Glasstreifen FF eingeschoben werden können.

Das Milchglas dient nur dazu, eine gleichmässige helle Fläche hinter den halbkreisförmigen farbigen Feldern zu erzielen, gleichviel, ob die Schieber vor der Lichtquelle ganz offen oder theilweise zugeschoben sind. Diese Schieber gestatten also, die Helligkeit der beiden Felder unabhängig von einander beliebig zu variiren. Sie sind durch Hebel leicht beweglich, deren untere Enden in Figur 1 sichtbar sind. Nach oben zu sind die Hebel über den Schieber hinaus verlängert bis zum oberen Rande der Schieberführung. An diesem sind jederseits zwei Marken eingefeilt, die mit I und II bezeichnet sind (entsprechend der Einstellung des vor dem gelben Glas befindlichen Schiebers für die Protanopen- und die Deutanopengleichung; s. u.)

Auerbrenner und Rohr mit Schiebern und Gläsern sind auf einem passenden gemeinsamen Stativ befestigt.

Von farbigen Glasstreifen zum Einschieben verwende ich für gewöhnlich nur zwei, einen Streifen von hellrothem Rubinglas und einen durch Rauchglas verdunkelten gelben Glasstreifen. Das Gelb geht ein wenig ins Orange. Das Rauchglas ist auf das gelbe Glas aufgekittet und so gewählt, dass die Combination Gelb + Rauchglas für meinen deutanopischen Farbensinn ein klein wenig heller erscheint, als das Roth, wenn beide von derselben Lichtquelle beleuchtet sind.

Der Apparat ist so aufzustellen, dass die Trichteröffnung vom Fenster abgekehrt ist und somit die beiden farbigen Felder auf tief-schwarzem Grunde erscheinen. Direct vor dem Fenster darf der Apparat aber auch nicht stehen, damit der zu Prüfende nicht durch allzugrosse Helligkeit geblendet ist. Ich stelle den Apparat schräg vor den einen Fensterposten, so dass der zu Prüfende beim Hinblicken zwar den Apparat auf einem nur mässig hellen Hintergrunde sieht, trotzdem aber helles Tageslicht in sein Auge einfällt.

Mit diesem Apparat nun untersuche ich, wenn es sich um möglichst rasche Entscheidung der Frage handelt: Dichromat oder Trichromat? in folgender Weise:

- a) Ich schiebe auf beiden Seiten ein rothes Glas ein, öffne den Spalt der einen Seite ad maximum, schiebe den anderen ziemlich weit zu, so dass ein dunkles und ein leuchtend helles Roth sichtbar wird.

Der zu Untersuchende steht in 2 m Entfernung vor der Trichteröffnung des Apparates.

Frage: Welche Farben sehen Sie hier?

Antwort des Trichromaten: Hellroth und Dunkelroth.

Antwort des Deuteranopen: Gelb und Roth } meist bestimmte,  
oder: Gelb und Grün } überzeugte Antwort

Antwort des Protanopen: ebenso } häufig sehr un-  
oder: Roth und Grün } sicher. Benehmen  
oder: Roth und Dunkel } und zögernde  
Antwort.

- b) Ich schiebe auch den anderen Schieber so weit vor, bis wahre Gleichung entsteht.

Frage: Sind jetzt beide Flecken (Felder, Farben) gleich?

Antwort des Trichromaten: Ja.

Antwort des Dichromaten: ebenso, doch sind die Ansprüche an wirklich völlige Gleichheit der Helligkeiten hier häufig grösser, als beim Trichromaten.

- c) Ich schiebe statt des einen rothen Glases ein mit Rauchglas verdunkeltes gelbes ein, öffne den Spalt vor Roth ad maximum, den Spalt vor gelb bis zur Marke II (Deuteranopengleichung).

Frage: Wie ist »die Farbe« jetzt?

Antwort des Trichromaten: Roth und Gelb }  
oder: Roth und Braun } Erklärung  
oder: Roth und Weisslich } siehe unten.  
oder: Roth und Grün }

Antwort des Deuteranopen: Gelb! (Allenfalls: das eine etwas heller wie das andere.)

oder: Beides gleich!

Antwort des Protanopen: Das eine dunkler, als das andere

oder: Gelb und Grün

oder: Roth und Grün

oder: Gelb und Roth (richtiges Urtheil)

Der Deuteranop ist jetzt schon erkannt. Zur sicheren Diagnosticirung des Protanopen wird jetzt

- d) der Spalt vor Gelb langsam weiter zugeschoben, bis zur Marke I (Protanopengleichung); dabei wird gleichzeitig gefragt:

Werden jetzt beide wieder gleich?

Antwort des Trichromaten: Nein (das Gelbe wird dunkler, wird mehr braun oder ähnlich).

Antwort des Protanopen: Jetzt werden sie gleich.

Die ganze Prüfung ist in  $\frac{1}{2}$  bis 1 Minute beendigt und nur die stark herabgesetzten Farbensinne können etwas länger zu schaffen machen, ehe sie als trichromatisch erkannt sind. Personen mit derartigem Farbensinn sagen zuweilen, wenn ihnen die Protanopen- oder Deuteranopengleichung vorgeführt wird, auch: beide Felder sind gleich; sie meinen damit die Helligkeit, die ihnen ungefähr gleich erscheint. Ich frage daher bei jedem, der sich nicht schon bei a (der Roth-Roth-Einstellung) verrathen hat, indem er falsche Namen nannte, erst noch, wenn er eine der Dichromatengleichungen als Gleichung anerkannt hat: Sind auch die Farben auf beiden Seiten gleich? Der Dichromat antwortet Ja, der Trichromat mit schwachem Farbensinn: Nein, das eine ist »mehr röthlich« oder roth, das andere gelblich oder grünlich.

Den Plan, welchen ich mit den vier Einstellungen und Fragen a) bis d) verfolge, muss ich noch mit wenigen Worten erläutern:

Bei a) (hellroth neben dunkelrot) verwende ich die Erfahrung, dass alle Dichromaten, denen eine solche Helligkeitsungleichung gezeigt wird, glauben, vor eine Farbenungleichung gestellt zu sein, da sie ganz richtig urtheilen, dass man ihr Farbenunterscheidungsvermögen prüfen wolle. Die Antwort fällt dann natürlich immer falsch aus. In der That haben sich fast sämtliche Dichromaten bei der ersten Antwort verrathen.

Bei b) (Roth-Rothgleichung) ist die Absicht, dem Untersuchten zu zeigen, dass wirkliche Gleichungen zu Stande kommen können. Für den Dichromaten, der auf Helligkeitsunterschiede sehr aufmerksam ist, muss öfters etwas hin und her corrigirt werden, bis er die Gleichung anerkennt. Dann hat er aber auch den Eindruck vollkommener Gleichheit, und ist nachher weniger geneigt, an der Richtigkeit der Roth-Gelb-Scheingleichung zu zweifeln, die ihm

in c) geboten wird. Ist mit der Einstellung die Deuteranopengleichung sogleich richtig getroffen, so erkennt sie der Deuteranop ohne weiteres an (»beides gelb«), anderenfalls macht er Ausstellungen hinsichtlich der Helligkeitsverhältnisse, die dann durch kleine Spaltverschiebung beseitigt werden können. Hat man einen Protanopen vor sich, so hat sich ja auch dieser schon bei a) meistens verrathen und er kennzeichnet sich bei c) dadurch, dass er mit Entschiedenheit die Anerkennung der Gleichung verweigert und entweder sagt, das eine Feld (das gelbe) sei viel heller als das andere (womit die Diagnose schon feststeht), oder, der objectiven Wahrheit entsprechend, das eine Feld roth,



das andere gelb nennt. In diesem Falle benennt er einfach die dunklere Farbe als roth. Die Entscheidung fällt dann bei

d) dadurch, dass man für ihn, den Protanopen die Scheingleichung herstellt. Er hat kurz vorher gesehen, dass die Ungleichung a) sich in eine vollkommen befriedigende Gleichung verwandeln liess, und findet es sehr begreiflich, wenn ihm nun wiederum die Ungleichung c) in die Gleichung d) verwandelt wird. Er ist unterdessen auch etwas sicherer geworden, da man seine Anerkennung der Gleichung b) nicht beanstandet hat, und ist daher in der Anerkennung von d) nicht mehr ganz so scrupulös. Kleine Helligkeits- und etwaige Sättigungsunterschiede erscheinen ihm nicht mehr so wichtig und er erkennt die Scheingleichung Roth-Dunkelgelb leicht an.

Das Verfahren lässt sich natürlich noch in der mannigfaltigsten Weise abändern. Das gegebene Schema ist nur das für Massenuntersuchung bequemste. Befinden sich noch der Untersuchung harrende Personen im gleichen Zimmer, so ist ein fortwährender Wechsel in der Methode geboten. Bald muss Roth rechts, Gelb links sein, bald umgekehrt, bald fängt man mit einer wahren Gleichung, bald mit einer Scheingleichung an, bald schiebt man statt des gelben ein grünes Glas ein, bald auch zwei gelbe nebeneinander u. s. f. Ich will an dieser Stelle diese Möglichkeiten nicht eingehend besprechen; für den Sachkundigen ergeben sie sich von selbst. Ich bemerke nur, dass ich bei den Untersuchungen im hiesigen Gymnasium (603 Schüler) stets in Gegenwart der sämtlichen Schüler der betreffenden Classe untersucht habe und trotzdem die Untersuchung prompt und schnell von Statten ging, wenn auch nicht so schnell, wie wenn ich mit dem zu Untersuchenden allein bin.

Einige Worte zur Begründung der Methode im Allgemeinen werden noch am Platze sein. Es wird vielleicht zunächst auffallen, dass ich eine Methode empfehle, bei welcher nach dem Namen der Farbe gefragt wird, was ja als principiell unzulässig bezeichnet wird. Der Verstoß ist indessen nur ein scheinbarer. Das Namensnennen ist hier nur ein Mittel, um zu erkennen, ob die betreffende Farbenzusammenstellung als Gleichung aufgefasst wird, oder nicht; dem Dichromaten ist durch die Art der Fragestellung nahe gelegt, die Hellroth-Dunkelroth-Ungleichung als eine Farbenungleichung zu bezeichnen, und umgekehrt nachher von einer Gleichung zu sprechen, wo für den Farbentüchtigen Farbenungleichung besteht.

Daher kümmere ich mich auch gar nicht um die Bezeichnungen im Einzelnen. Ob mir jemand das leuchtende Gelbroth als Rosa bezeichnet, oder das Gelb (das in Wirklichkeit etwas ins Orange geht) als Gelb, Orange, Braun, Grün (durch Contrast neben dem Roth), Weisslich etc., ist mir ganz gleichgiltig, ich erkenne daran immer, dass sie es nicht mit dem Roth verwechseln. Spricht Jemand von Blau oder Weiss (statt Gelb) so ist freilich Verdacht auf Blaugelbblindheit gegeben, und eventuell hierauf weiter zu untersuchen. Ich lasse in solchem Falle am Schlusse der Prüfung den Untersuchten nahe an den Apparat treten, zeige ihm das gelbe Feld allein erhellt und frage ihn wie die Farbe aussieht. Nennt er sie jetzt ohne Zögern Gelb, so ist wenig Grund, an Tritanopsie zu denken.

---

Ich habe oben angegeben, der zu Prüfende solle sich zwei Meter vom Apparat entfernt aufstellen. Zweck dieser Maassregel ist, das Bild der beiden leuchtenden Felder auf den stäbchenfreien Bezirk der Netzhaut fallen zu lassen, und damit das Auftreten von Sättigungsdifferenzen zwischen Roth und Gelb möglichst zu verhindern, welche das Zustandekommen befriedigender Gleichungen stören würden. Damit aus dieser Entfernung scharf gesehen werde, ist es natürlich nöthig, etwaige Anisotropie annähernd zu corrigiren.

Wie der Apparat gegen die Fenster zu orientiren sei, ist oben schon mitgetheilt.

Handelt es sich nicht um Massenuntersuchungen, so kann man auch im Dunkelzimmer und Abends bei künstlicher Beleuchtung untersuchen. Dann ist es aber nothwendig, etwas anders zu verfahren. Ich empfehle in solchen Fällen, den zu Prüfenden sein Auge unmittelbar vor den Apparat bringen zu lassen und das Zimmer im Uebrigen fast völlig zu verdunkeln. Unter diesen Umständen erscheinen die Felder so intensiv leuchtend, dass ein Sättigungsunterschied in der Dichromatengleichung Roth-Gelb kaum zu beobachten ist, selbst nach längerer Dunkeladaptation.

Prüfung auf 2 m Abstand bei sehr schwachem Licht (Dämmerung, künstliche Beleuchtung, Dunkelzimmer) ist unzulässig. Das Gelb erscheint so beinahe weiss, sobald man es nicht genau fixirt, und hierfür ist keine genügende Sicherheit gegeben. Ich habe meine Prüfungen übrigens alle bei Tageslicht ausgeführt.

## 7. Ergebnisse einer Massenuntersuchung an Schülern und Soldaten.

Um die Brauchbarkeit meines Verfahrens zu erweisen, konnte es nicht genügen, wenn nur ich und wenige andere notorische Dichromaten nach ihm geprüft wurden, sondern es galt, vor Allem an einem grossen Material zu arbeiten, zahlreiche Personen zu untersuchen, von deren Farbensinn ich zuvor nichts wusste. Zu diesem Zwecke untersuchte ich zunächst die Schüler dreier Schulen (Dr. Plähn's Erziehungsinstitut in Waldkirch, 117 Schüler, die Freiburger Oberrealschule, 602 Schüler, das Freiburger Gymnasium, 603 Schüler). Den Directoren dieser drei Schulen, den Herren Dr. Plähn, Dr. Rebmann und Dr. Bender bin ich für die bereitwillig gegebene Erlaubniss und Förderung bei Anstellung der Prüfungen zu grossem Danke verpflichtet. Die Prüfung wurde in den Schulen selbst vorgenommen.

In Waldkirch, wo kein Leuchtgas ist, musste ich mit electricischem Lichte arbeiten. Der Brenner des Apparates wurde abgeschraubt und statt dessen eine Glühlampe von 25 Kerzenstärke angebracht.

Um gleichmässig erleuchtete Felder zu erhalten, musste ich zwischen Glühlampe und Spaltvorrichtung ausser der Sammellinse noch eine mattgeschliffene Glimmerplatte bringen.

In den Freiburger Schulen arbeitete ich mit Gasbeleuchtung im Apparate. Die Zeit, die zur Untersuchung des Einzelnen gebraucht wurde, betrug im Durchschnitt eine Minute.

Das Gesammtergebniss war folgendes:

Schule	Zahl der Geprüften	Deuteranopen	Protanopen
Dr. Plähn's Institut. . .	117	1	1
Oberrealschule . . . . .	602	12	2
Gymnasium . . . . .	603	10	8
Summe:	1322	23	11

Durch die gütigen Bemühungen des Herrn Stabsarzt Dr. Sehwald wurde mir dann weiterhin die Untersuchung des in Freiburg stehenden Infanterieregiments Nr. 113 ermöglicht. Herrn Stabsarzt Dr. Sehwald sei hierfür auch an dieser Stelle mein verbindlichster Dank abgestattet.

Das Ergebniss war:

unter 1420 Geprüften 30 Deuteranopen, 23 Protanopen.

Dies ergibt somit Alles in Allem einen Procentsatz von  $3,17\%$  Dichromaten ( $1,9\%$  Deuteranopen,  $1,3\%$  Protanopen).

Bemerkt sei hier, dass unter den sämtlichen Dichromaten sich nicht ein einziger befand, bei dem man auch nur einen Augenblick im Zweifel sein konnte, ob die von ihm anerkannte Roth-Gelb-Gleichung die protanopische oder die deutanopische sei. Niemals wurden beide anerkannt, niemals wurde eine andere als eine der beiden typischen Dichromatengleichungen anerkannt.

Zusammen mit den früher von v. Kries mitgetheilten 20 Fällen ist diese strenge Typenunterscheidung somit jetzt an 107 Dichromaten constatirt.

Um über solche Fragen, wie sie in anderen Statistiken über Farbenblindheit theilweise berücksichtigt sind, über Racenangehörigkeit, sociale Stellung etc., Auskunft zu geben, scheinen mir die Zahlen, die ich bis jetzt gewann, nicht gross genug zu sein. Die Zahl der Farbenblinden müsste mindestens den zehnfachen Betrag erreichen, ehe es zulässig wäre, sie für jene Fragen zu verwerthen.

Zu bemerken ist, dass unter den gefundenen Dichromaten sich mehrere Brüderpaare fanden, von einer Familie sogar 3 Knaben. Von einer Anzahl von Schülern erfuhr ich auch, dass in ihren Familien sonstige Fälle von »schlechtem Kennen der Farben« vorlagen, niemals aber bei den Frauen.

Als einen Vortheil meiner Methode möchte ich hervorheben, dass Kinder selbst der untersten Schulklassen (von 8 Jahren) sich mindestens ebenso leicht untersuchen lassen, wie ältere und Erwachsene, ja eigentlich noch bequemer, da sie ihre Angaben meist mit überzeugter Sicherheit machen und nicht so vorsichtig sich ausdrücken wie viele Erwachsene. Ich bin überzeugt, dass man auch Kinder von 6 und 7 Jahren noch gut würde prüfen können. Nur sehr wenige Knaben habe ich gefunden, die sich erst sehr zureden liessen, ehe sie überhaupt Antwort gaben. Diese waren übrigens Trichromaten.

Einige Schüler (etwa 10) haben sich von selbst als farbenblind angekündigt oder anfangs absichtlich falsche Angaben gemacht, ohne dass einer von ihnen wirklich farbenblind gewesen wäre. Solche Fälle nehmen natürlich etwas mehr Zeit in Anspruch, 2—3 Minuten, doch ist es stets äusserst leicht, die Simulation als solche zu erkennen. Man müsste mit der Farbenlehre sehr genau vertraut sein, um dieser Methode gegenüber Farbenblindheit zu simuliren, andernfalls verräth man sich schon nach wenigen Fragen durch die Inconsequenz in den Antworten.

Auch beim Militär kamen einige Simulationsversuche vor, die sofort entdeckt waren. Sobald der Simulant sieht, dass man nichts darauf giebt, wenn er etwa das gelb violett oder das roth blau nennt, zieht er er alsbald vor, wahrheitsgetreue Angaben zu machen. Von wirklich ernstlichen Simulationsversuchen habe ich nur einen erlebt. Auch er verrieth sich bald durch Inconsequenz, vor Allem auch dadurch, dass er in der wahren Roth-Roth-Gleichung Roth und Grün zu sehen angab. Er erwies sich nachher als normal oder höchstens etwas farben-schwach.

### 8. Vergleichende Untersuchung über das Ergebniss der Holmgren'schen Prüfung und der meinigen. Erfahrungen über „unvollständige Farbenblindheit“ und „schwachen Farbensinn“.

Um meine Untersuchungsmethode empfehlen zu können, musste ich nachweisen, dass bei richtiger Ausführung von einer ansehnlichen Zahl Untersucher kein Farbenblinder durchschlüpft, und dass sie keinen Trichromaten als Dichromaten erscheinen lässt. Die Sicherheit hierfür liegt in dem bisher Mitgetheilten nicht. Die bei der Schulunter-suchung gefundene Procentzahl von 2,65 % kann ja mit den Pro-centzahlen anderer Statistiken nicht ohne Weiteres in Vergleich gesetzt werden, da erstens nicht feststeht, dass der Procentsatz überall gleich gross ist (die Statistiken aus verschiedenen Ländern machen dies sogar unwahrscheinlich) und da zweitens die Zahl von 1322 Geprüften noch nicht gross genug ist, um zufällige Schwankungen im Procentsatz sicher auszugleichen.

Es war also nothwendig, eine grössere Zahl von Personen sowohl mit meiner als auch der besten bisher bekannten Methode, nach Holm-gren, zu prüfen und zu sehen, ob sich Differenzen herausstellten. Wie ich oben auseinandergesetzt habe, ist es ja nicht anzunehmen, dass bei richtig ausgeführter Wollprobe ein Dichromat unentdeckt bleiben könnte, wenn er nicht ganz besonders auf Farbenunterscheidung eingeübt wäre.

Das geeignete Material für diese Doppeluntersuchung bot sich in den Mannschaften des hiesigen Infanterieregiments.

Zufolge meiner Farbenblindheit konnte ich die Wollprobe nicht selbst controlliren, auch war es wegen der Zeitersparniss wünschens-werth, beide Prüfungen zu gleicher Zeit vorzunehmen. Herr Dr. Bihler, Assistenzarzt an der hiesigen Universitätsaugenklinik, hatte die Freundlichkeit, auf meine Bitte die mühevollen, nicht gerade angenehme

Arbeit zu übernehmen, die Wollprobe zu leiten. Es sei ihm hierfür an dieser Stelle herzlichst gedankt. Herr Dr. Bihler hatte hinsichtlich der Prüfung des Farbensinns mittelst der Wollprobe schon Erfahrung gesammelt und verstand es ausgezeichnet, den Soldaten, die in Abtheilungen von etwa 40—50 Mann antraten, die Probe zu erklären, vorzumachen und in unermüdlicher Geduld vor den so leicht wiederkehrenden Fehlern zu warnen. Sehr begünstigt wurde die Untersuchung dadurch, dass Herr Geheimrath v. Kries uns den (ziemlich steil terrassenartig aufsteigenden) Hörsaal des physiologischen Instituts für diesen Zweck gütigst zur Verfügung stellte. Es konnte hierdurch stets die ganze Abtheilung gemeinsam über die auszuführende Probe belehrt werden.

Jeder einzelne Mann wurde zuerst von mir im Nebenzimmer mittelst meines Apparates geprüft und, wenn er sich als Dichromat erwies, ihm ein Zettel mit der Diagnose mitgegeben, den er an Herrn Dr. Bihler abzugeben hatte.

Unter den untersuchten 1420 Mann hat sich nur ein einziger Dichromat mittelst der Wollprobe gefunden, den ich nicht auch vorher schon als solchen diagnosticirt hatte, und diesem einen Fehler kann ich eine Bedeutung zu Ungunsten meiner Methode nicht beimessen. Ich hatte an dem betreffenden Tage, da ich mich unwohl fühlte und die schon zur Untersuchung kommandirte Compagnie nicht wieder fortschicken wollte, den Versuch gemacht, das Verfahren noch mehr abzukürzen und mit nur zwei Fragenstellungen auszukommen (Hellroth-Dunkelroth-Ungleichung und Roth-Gelb-Gleichung wurden benützt). Dies hat sich als ungenügend erwiesen. Ich hatte an diesem Tage zwar die vorhandenen 3 Deutanopen, 1 Protanopen und 2 Farbenschwache richtig diagnosticirt, der zweite Protanop aber war mir entgangen.

---

Ueber die specielle Verfahrungsweise bei der Wollprobe ist noch Folgendes zu bemerken.

Mit Ausnahme der zuerst untersuchten Compagnie, welche mit dem Dörffel'schen Sortiment geprüft wurde, wurde stets das schwedische Wollsortiment verwendet, unter Hinweglassung der Paquete II und III (s. o. S. 34). Die Probe wurde vor jeder Abtheilung erklärt und vorgemacht, und sodann, um den häufigen Verwechslungen von Grün und Blau, Purpur und Roth einigermaassen vorzubeugen, der Unterschied dieser Farben an passenden Bündeln demonstrirt und eindring-

lichst vor der Verwechslung gewarnt. Auch wurde stets hervorgehoben, dass die 5 zusammengehörigen Bündel einer Farbe nicht von der gleichen Helligkeit zu sein brauchten.

Gleichwohl war es den Leuten nicht abzugewöhnen, dass sie Wollbündel, die genau zu den vorgelegten Bündeln passten, nur dunkler waren, verwarfen, nachdem sie sie schon in der Hand hatten, und dass sie andererseits häufig Blau zu Grün legten.

Obwohl wir nicht speciell auf Tritanopsie zu suchen vorhatten, haben mir doch solche Personen, welche Grün und Blau hartnäckig verwechselten, mehrfach auf jene Anomalie hin geprüft, indem wir sie blaugrüne und gelbgrüne Bündel sortiren liessen. Doch war das Resultat in diesen Fällen stets negativ. Die Unterscheidung des reinen Blau von reinem Grün scheint diesen Leuten ungewohnt zu sein, wenngleich ihr Farbensinn die Unterscheidung der beiden Farben wohl gestattet. Auf Befragen nach dem Namen der Farben nannten sie dann ganz richtig die eine blau, die andere grün. Bei meiner Prüfung habe ich übrigens nicht selten gehört, dass Soldaten, denen ich im Apparate neben roth gelbgrün zeigte, dieses Blau nannten. Trotzdem waren sie keine Tritanopen, wie nähere Untersuchung ergab.

Zwei andere Fälle dagegen erweckten starken Verdacht auf Tritanopsie. Beide benannten bei der Prüfung mit meinem Apparate das Roth richtig, waren aber hinsichtlich der anderen Farbe (Gelb) im Zweifel, ob sie blau oder gelb sei. Bei der Holmgren'schen Probe verrieth sich zunächst nur der eine, indem er zu grün gelb legte, und auf Befragen diese Farbe blau nannte. Blaugrün und gelbgrün auseinanderzuhalten, waren beide nicht im Stande. Die Diagnose der Tritanopsie halte ich hier übrigens noch nicht für sicher gestellt, habe jedoch die Absicht, die beiden Soldaten womöglich noch eingehender zu prüfen.<sup>1)</sup>

Die Reihenfolge der Proben war bei uns die von Holmgren vorgeschriebene: Vorprobe mit Hellgrün; kam hierbei ein Fehler vor, oder wurde unsicher gewählt, so wurde die Purpurprobe gemacht und alsdann in der Regel noch verschiedene andere Proben, um die Diagnose zu sichern.

---

<sup>1)</sup> Zusatz während der Correctur: Sie haben sich als Trichromaten von ungewöhnlich geringer Intelligenz erwiesen.

Als farbenblind wurde nur der aufgeschrieben, der sowohl bei Grün wie bei Purpur Fehler machte, während die nur in einer Probe irrenden als «schwach» gesondert notirt wurden.

Die Ergebnisse dieser Doppeluntersuchung waren in mehrfacher Hinsicht interessant. Wie schon erwähnt, ist nur aus besonderen Gründen ein wirklicher Dichromat durchgeschlüpft, eine Fehldiagnose in Hinsicht auf den Typus der Farbenblindheit nie passirt. Dagegen musste Herr Dr. Bihler eine ganze Reihe von Leuten notiren (39), die nach der Wollprobe unbedingt für richtige, vollständige Dichromaten zu erklären waren. Er schickte mir diese, die ohne Diagnosezettel von mir entlassen waren, zurück; ich prüfte sie abermals und konnte nur wiederum trichromatisches Farbensystem diagnosticiren. Sie wurden dann zur weiteren Untersuchung zurückgehalten.

Es kamen Fälle vor, wo beliebige verschiedene Farben zusammengelegt wurden, blau, gelb, roth, zu grün herausgesucht wurde, und der Betreffende, wenn ihm ein wirklich grünes Bündel geboten wurde, es zurückwies mit der Bemerkung, das sei ja die gleiche Farbe, wie das Probebündel. andere Fälle, wo ein richtiges Bündel zurückgewiesen wurde, als «zu dunkel». Solche Fälle von Missverstehen der Aufgabe meine ich hier nicht, sie wurden gar nicht notirt.

Wenn dagegen die richtigen Verwechslungsfarben der Dichromaten: zu dem Grün Grau, Braun, Rosa, zu dem Purpur Blau, Violett oder Blaugrün gelegt wurde, so konnte Dr. Bihler nichts anderes thun, als vollständige Farbenblindheit zu diagnosticiren, besonders, da diese Leute auch bei den anderen Proben analoge Fehler machten.

Aber diese Leute waren keine Dichromaten, zwei davon hatten sogar fast normalen Farbensinn, andere eine mehr oder weniger abgeschwächte Unterschiedsempfindlichkeit. Zunächst wurde constatirt, das sie nicht nur keine der beiden typischen Verwechslungsgleichungen an meinem Apparate anerkannten, sondern überhaupt keine Gleichung zwischen Roth und Gelb, und bei mannigfach variirten Vexirversuchen mit Roth, Gelb und Grün niemals sich irre machen liessen. An meinen pseudoisochromatischen Farbentafeln erwiesen sich diese Leute ebenfalls als Trichromaten, die Farbenschwachen zeigten diese ihre Anomalie an diesen Tafeln in eclatanter Weise, ebenso deutlich aber zeigten sie, dass sie für grün und roth doch spezifische Empfindung haben.

Ich nahm wiederholt Gelegenheit, Herrn Dr. Bihler, der auf Grund seines Befundes gegen meine Diagnose natürlich skeptisch war, sowie etlichen anderen Aerzten zu demonstriren, wie die auch von mir



als Dichromaten bezeichneten Leute mit Sicherheit bei meinem Apparat und meinen Tafelchen «hereinfielen», die nur nach der Wollprobe Farbenblinden aber ebenso sicher die Anerkennung der Verwechslungsgleichungen verweigerten.

Ausschlaggebend aber durfte nach meiner Ansicht erst die Untersuchung am Spectralapparate sein:

Die Farbenblinden meiner Diagnose erkannten hier ohne weiteres Gleichungen zwischen Roth und Gelb an, auch solche zwischen Purpur und Blaugrün; die anderen aber unterschieden diese Farben mit Sicherheit. Einzelnen zeigte ich spectrales Gelb, das ich bald mehr ins Gelbgrünliche, bald mehr ins Orange abweichen liess: sie erkannten das mit Sicherheit, der Dichromat ist dazu gänzlich ausser Stande; die Sättigungsunterschiede sind ja hierbei noch weit unter der Grenze der Wahrnehmbarkeit.

Der Spectralapparat bestätigte demnach die mittelst meines Apparates und meiner Farbentafeln gestellte Diagnose in unzweideutiger Weise und erwies die Diagnose nach der Wollprobe als unrichtig.

39 Fälle unter 1420 Untersuchten waren es, die bei der Wollprobe die typischen Verwechslungsfarben eines Protanopen oder Deutanopen zusammenlegten und trotzdem keine Dichromaten waren <sup>1)</sup>.

Was den Farbensinn dieser Leute charakterisirt, ist offenbar eine an Farbenblindheit grenzende Schwäche der Farbenunterscheidung im grössten Theile des Gesichtsfeldes, während sie in der Fovea centralis die Farben relativ gut unterscheiden. Meine beiden Untersuchungsmittel, die Farbentafeln, wie der Apparat, prüfen ja die Farberception in einem verhältnissmässig kleinen, centralen Bezirk der Retina. Nicht unwichtig ist es, daran zu erinnern, dass für den Eisenbahn- und Marine-Angestellten ausschliesslich der Farbensinn der centralen Netzhautpartien in Betracht kommt, wenn es sich um die Erkennung ferner Lichter oder Flaggen handelt.

In hohem Grade auffallend und der Erklärung vorläufig nicht zugänglich ist die Thatsache, dass diese »farbenschwachen« Personen sich in der Beurtheilung grösserer farbiger Flächen offenbar mehr von dem mangelhaften Farbensinn ihrer peripheren und paracentralen Netzhauttheile leiten lassen, als von dem besseren Farbensinn ihrer Fovea, und

---

<sup>1)</sup> Zähle ich diese Fälle als „farbenblind“ mit, so ist die Procentzahl [unter den Soldaten: 6,48 0/0, ohne sie: 3,73 0/0.

dadurch die Wollproben verwechseln, die thatsächlich weit leuchtendere Farben haben, als beispielsweise meine Tafeln.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, fasse ich diese Fälle also ganz ähnlich auf, wie Holmgren die von ihm so genannten Fälle »unvollständiger Farbenblindheit«. Nach Holmgren charakterisirt sich allerdings diese Anomalie bei der Wollprobe dadurch, dass nur bei der Grünprobe, nicht aber bei der Purpurprobe Fehler gemacht werden. Dies Verhalten haben wir unter 1420 Personen nur bei einer einzigen gefunden (und ausserdem bei mir selbst). Woher der grosse Unterschied gegenüber den Befunden Holmgren's kommt (der unvollständige Farbenblindheit etwa eben so häufig fand, wie vollständige), vermag ich nicht zu sagen. Zum Theil mag er auf geringen Verschiedenheiten der benützten Wollproben beruhen, zum anderen Theil mag aber auch, wie ich oben schon andeutete, bei Holmgren mancher Grünblinde, so wie ich es thue, die Purpurprobe bestanden haben, und danach fälschlich als »unvollständig farbenblind« notirt worden sein. Die Frage ist weder theoretisch noch praktisch von besonderem Interesse. Die Hauptsache ist, dass Uebereinstimmung insofern herrscht, als Holmgren, wie ich, Personen in erheblicher Anzahl gefunden haben, deren Farbenschwäche unter Umständen als Farbenblindheit erscheinen kann. Holmgren glaubte allerdings diese Leute von den wirklichen Dichromaten durch seine Proben sicher zu trennen, während ich gezeigt habe, dass zahlreiche Fehldiagnosen dabei mit unterlaufen.

Ein Unterschied in der theoretischen Auffassung besteht darin, dass Holmgren bei den »Unvollständigen«, ebenso wie übrigens auch beim normalen Auge nach v. Helmholtz's Vorgang die Peripherie als typisch rothblind oder grünblind ansah, während man jetzt aus v. Kries' Untersuchungen weiss, dass die Farbenblindheit der Netzhautperipherie mit der typischen Roth- oder Grünblindheit identisch ist.

Auf diese Frage möchte ich hier um so weniger eingehen, als eine Bezugnahme auf Holmgren's Anschauungen über die unvollständige Farbenblindheit durch die grosse Zahl von Druckfehlern, Satzverschiebungen etc., die in seinem Buche über Farbenblindheit gerade an der hier wichtigen Stelle vorkommen, sehr erschwert ist. Nur ein Theil dieser Fehler scheint mir durch die nachträglichen Correcturen des Verfassers behoben zu sein.

Darin muss ich Holmgren unbedingt zustimmen, dass die Farbenschwäche in ausserordentlich verschiedenen Graden vorkommt, von leichten, nur eben nachweisbaren, bis zu den höchsten Graden, die sich

den meisten Prüfungsmethoden gegenüber wie wirkliche Farbenblindheit darstellen. Thatsächlich aber sind auch die letzteren Formen von den dichromatischen Farbensystemen durch die Existenz einer dritten Componente im Farbensystem scharf getrennt.

Betonen möchte ich schliesslich noch, dass ich es für bedenklich, ja für ein schweres Unrecht halten müsste, wenn man alle diejenigen Personen, die bei der Wollprobe gröbere Fehler machen, praktisch als farbenblind behandelte, d. h. sie vom Eisenbahn- und Marinedienst zurückweisen wollte, namentlich aber Personen, die schon im Dienst sind, bei den meines Wissens in manchen Ländern vorgeschriebenen von Zeit zu Zeit wiederholten Untersuchungen aus diesem Anlasse entlassen wollte. Die Untersuchung nach Holmgren giebt für die Sicherheit, mit der Jemand farbige Lichter und Flaggen erkennen wird, durchaus kein zuverlässiges Maass, sondern ergiebt Fehler in beiderlei Sinn. Meiner Ueberzeugung nach dürften hier nur Methoden maassgebend sein, bei welchen der Farbensinn der Fovea centralis allein für sich oder mindestens nur der eines ziemlich kleinen centralen Bezirks geprüft wird.

Um die Richtigkeit und Wichtigkeit dieses Ergebnisses meiner Beobachtungen auch Anderen beweisen zu können, habe ich mir eine einfache Vorrichtung hergestellt, welche gestattet, den Farbensinn unter einigermaassen ähnlichen Bedingungen zu prüfen, wie sie im praktischen Eisenbahn- und Marinedienst gegeben sind. Aus einer runden Blechscheibe von 10 cm Durchmesser ist nahe dem Rande ein Kranz von runden Löchern von 1 mm Durchmesser ausgeschlagen und diese Löcher sind von der einen Seite mit farbigen Glasstückchen bedeckt, die von hinten her mittelst Auerbrenners und einer Linse hell beleuchtet sind. Durch Drehen der Scheibe kann man bald die eine, bald die andere Farbe in einem hellen Lichte aufleuchten lassen. Der zu Untersuchende beobachtet den Lichtpunkt aus einem bis anderthalb Meter Entfernung und hat den Namen der Farbe zu nennen.

Dadurch, dass ich theils einfache farbige Gläser, theils Combinationen von je zwei über einander gelegten verwende, kann ich ziemlich vielerlei Farben erhalten: dunkelblau, hellblau, dunkelgrün, hellgrün, gelbgrün, roth, dunkelgelborange, gelb, grau und die gelblich-weiße Farbe des Milchglases.

Trotzdem hierbei die verpönte Frage nach dem Namen der Farbe gestellt wird, ergiebt sich doch der Unterschied der Farbenschwachen und der wirklichen Dichromaten mit überraschender Deutlichkeit. Der

Dichromat ist einem solchen isolirten Lichtpunkte gegenüber vollkommen hilflos, seine sonstigen secundären Unterscheidungsmittel für Pigmentfarben versagen, er macht zahlreiche charakteristische Fehler in der Benennung. Er nennt das Grau gewöhnlich grün, das Dunkelorange (durch Uebereinanderlegen zweier orangegelber Gläser erzeugt), das Roth und das Gelbgrün sind für ihn nicht auseinanderzuhalten. Der Farbenschwache, auch der, welcher bei der Wollprobe die typischen Verwechslungsfarben zusammengelegt hat, macht bei dieser Farbenscheibe wohl auch Fehler, er nennt wohl das Hellblau grün, das reine Grün blau, aber den Unterschied zwischen Gelbgrün, Roth und Gelb erkennt er mit Leichtigkeit, ebenso unterscheidet er sicher das grüne und das graue Licht.

Dunkelorange habe ich von Leuten mit schwachem Farbensinn als gelb oder braun bezeichnen hören.

In einer ganzen Reihe von Fällen, wo die Diagnose nach Holmgren mit der Diagnose nach meinem Farbenapparat und meinen Farbenscheiben nicht stimmte, gab diese Untersuchungsmethode mittelst der farbigen leuchtenden Punkte ein Ergebniss, das meine Diagnose bestätigte, niemals ein abweichendes Ergebniss. Die Leute aber, die ich nach jenen Methoden als Dichromaten bezeichnet hatte, machten auch bei dieser letzten Prüfung ausnahmslos die typischen Fehler.

Gleichwohl möchte ich die Prüfung mit derartigen farbigen Lichtpunkten nicht etwa als eine für sich allein ausreichende empfehlen, weil man bei Leuten, die mit den Farbensnamen sehr wenig Bescheid wissen oder sich gar zu dumm anstellen, doch auf Schwierigkeiten stossen würde, und auch Simulation weit schwerer zu erkennen wäre, als bei Wahlproben (etwa meinen Farbenscheiben). Dagegen dürfte eine Vorrichtung, wie ich sie oben kurz beschrieb, werthvolle Dienste hinsichtlich der speciellen Diagnose leisten, wenn sie neben anderen Hilfsmitteln verwendet wird. Man wird z. B. mit ihrer Hilfe leicht feststellen können, ob ein nach der Wollprobe anomal erscheinender Farbensinn unter die Rubrik Farbenblindheit oder Farbenschwäche zu bringen ist.

Ich beabsichtige übrigens, noch weitere Untersuchungen darüber anzustellen, inwieweit der »schwache Farbensinn« in Hinsicht auf das Erkennen farbiger Signale der Farbenblindheit gleich geschätzt werden oder als ungefährlich gelten kann. Dem hier Mitgetheilten messe ich bezüglich dieses speciellen Punktes nur die Bedeutung orientirender Vorversuche bei.