

Die Farbenblindheit : ihre Prüfungsmethoden und ihre praktische Bedeutung : nach den neueren Untersuchungen übersichtlich dargestellt / von Arthur Geissler.

Contributors

Geissler, Arthur, 1832-1902.
Royal College of Surgeons of England

Publication/Creation

Leipzig : Otto Wigand, 1882.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/bmhb3be2>

Provider

Royal College of Surgeons

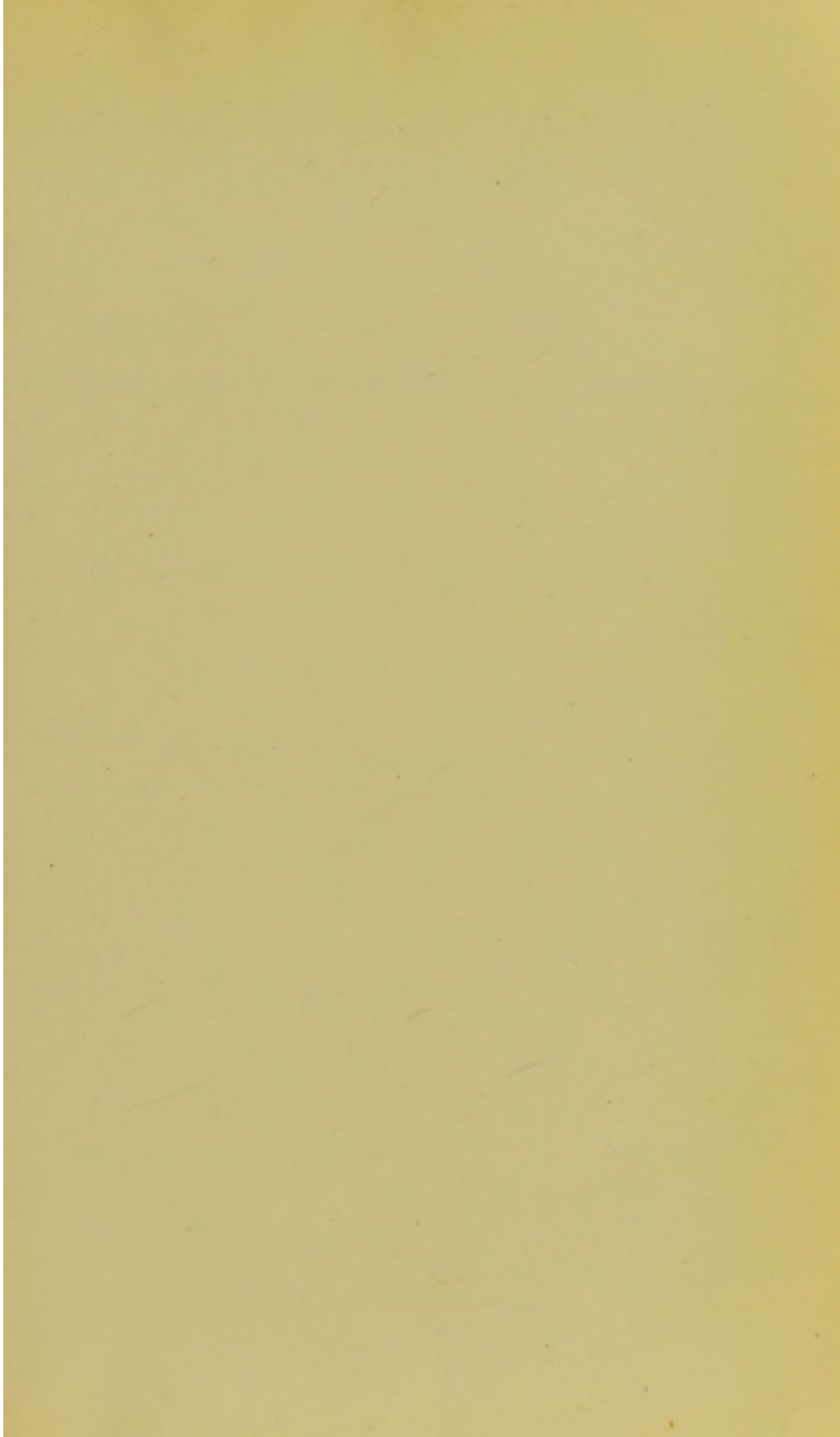
License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by The Royal College of Surgeons of England. The original may be consulted at The Royal College of Surgeons of England. where the originals may be consulted. This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>





Digitized by the Internet Archive
in 2015

300

Gr. 785.

Die Farbenblindheit,

ihre

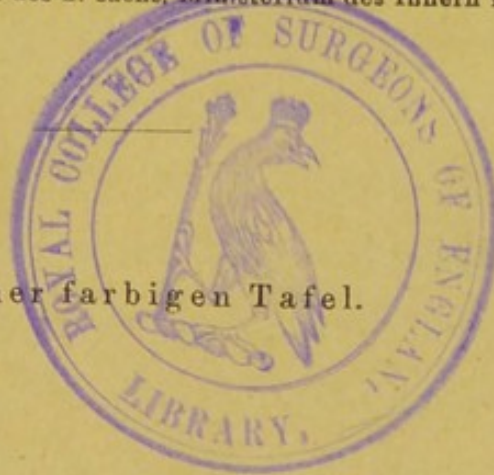
Prüfungsmethoden und ihre praktische Bedeutung.

Nach den neueren Untersuchungen übersichtlich dargestellt

von

Dr. med. Arthur Geissler

Assessor im statistischen Bureau des k. sächs. Ministerium des Innern zu Dresden.



Mit einer farbigen Tafel.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1882.

45

Alle Rechte vorbehalten.



Vorwort.

Die nachfolgenden Blätter sind im Wesentlichen ein Wiederabdruck eines sogenannten Sammelartikels, welcher in den medicinischen Jahrbüchern (Jahrg. 1881. Heft 7. Band 191. Heft 1.) veröffentlicht worden ist. Mehrfache dem Verf. gegenüber ausgesprochene Wünsche, diese Zusammenstellung auch weiteren Kreisen zugänglich zu machen, haben ihn in Uebereinstimmung mit dem Herrn Verleger zu dieser nochmaligen Publikation veranlasst. An einzelnen Stellen hatten sich Abänderungen und Zusätze nöthig gemacht, um den Inhalt einiger seit Jahresfrist erschienenen Arbeiten zu charakterisiren. Im Uebrigen ist die Darstellung eine unveränderte geblieben. Die rein polemische Literatur wurde absichtlich nicht berücksichtigt. Auch die Besprechung der zwar unhaltbaren, aber äusserst fruchtbar gewesenen Hypothese über die Entwicklung des Farbensinns innerhalb historisch fixirter Zeiten musste hier unterbleiben. Die Quellen-

angaben beziehen sich nur auf die wichtigsten Arbeiten, denn es konnte auf ein ausführliches Literaturverzeichnis um so leichter verzichtet werden, als das Werk von Jefferies sowie die meisten oculistischen Zeitschriften eine sehr sorgfältige Bibliographie enthalten.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
A. Physikalische und physiologische Vorbemerkungen	1—31
Theorien der Farbenempfindung	14
B. Die Farbenblindheit	32—113
1. Frühere Kenntnisse über angeborene Farbenblindheit	32
2. Der jetzige Stand der Frage	39
a. Arten und Nomenklatur der Farbenblindheit	40
b. Untersuchungsmethoden und deren Hilfsmittel	42
c. Das Sehen der Farbenblinden	66
1. Die totale Farbenblindheit	67
2. Die Blaublindheit	70
3 ^a . Die Grünblindheit	73
3 ^b . Die Rothblindheit	77
4. Der herabgesetzte Farbensinn	82
d. Das Vorkommen der Farbenblindheit und sonstiges Verhalten der Farbenblinden	85
e. Die erworbene Farbenblindheit	90
f. Die praktischen Beziehungen der Farbenblindheit	94
Statistik der angeborenen Farbenblindheit	95
Statistik der Gefahren des Eisenbahnbetriebes	99
Prophylaktische Maassregeln	102

Erklärung der farbigen Tafel.

- Fig. 1. Das normale Spectrum des Sonnenlichts.
- „ 2. Die Metallspectren von Kalium (die erste rothe und die letzte dunkelblaue Linie), Lithium (die zweite rothe Linie), Natrium (gelbe L.), Thallium (grüne L.) und Caesium (die beiden hellblauen Linien).
- „ 3. Das Spectrum des Grünblinden.
- „ 4. Das Spectrum des Rothblinden.
-

A.

Physikalische und physiologische Vorbemerkungen.

Von den Lichtstrahlen oder Aetherwellen, welche das Prisma in die verschiedenen Componenten zerlegt, vermag nur ein Theil die unserem Sehorgan eigene „specifische Energie“ zu erregen. Bekanntlich nennen wir diese besondern Qualitäten des Lichtes „Farben“, und die Physik hat uns gelehrt, dass sie sich unter einander dadurch unterscheiden, dass die Aether-Oscillationen mit verschiedener Geschwindigkeit in der Zeiteinheit sich bewegen und eine verschiedene Wellenlänge besitzen. Schwingungszahl und Wellenlänge stehen im umgekehrten Verhältniss, die schnellsten Schwingungen haben die kürzeste, die langsamsten die längste Wellenlänge.

Gewisse Stellen im Farbenspectrum sind durch einen schwarzen Strich ausgezeichnet, wo nur sehr schwache Strahlen aus hier nicht näher zu erörternden Gründen vorhanden sind. Insbesondere machen sich 8 Stellen oder schwarze Striche bemerkbar, die man als Fraunhofer'sche Linien zu bezeichnen pflegt. Man ist gewöhnt, diese Linien mit den Buchstaben A bis H aufzuführen und damit zugleich den Ort der Farbe anzugeben. Im Folgenden ist eine solche Stellung der brechenden Kante des Prisma vorausgesetzt, dass auf dem Schirme das Spectrum horizontal erscheint und die am wenigsten abgelenkten Strahlen am linken, die am stärksten abgelenkten am rechten Ende gesehen werden.

Die Farben mit den relativ langsamsten Schwingungen und der grössten Wellenlänge befinden sich bei dieser Stellung des Prisma's

am linken, die Farben mit den schnellsten Schwingungen und der kürzesten Wellenlänge am rechten Ende des Spectrum. Die rothen Strahlen besitzen die schwächste, die violetten die stärkste Brechbarkeit. Aber nach links von dem Roth, wo das Spectrum für das Auge vollkommen dunkel erscheint, gehen Strahlen einer Schwingungszahl von weniger als 400 Billionen durch das Prisma, welche lediglich als Wärmestrahlen wirken. Eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff vermag alle Lichtstrahlen von einer grössern Schwingungszahl als 450 Billionen auszulöschen und in dem unsichtbaren Brennpunkt eines lediglich auf die Wärmestrahlen reducirten Strahlenbündels wird Platin sofort zum Glühen gebracht. Wiewohl es wahrscheinlich ist, dass diese Strahlen ebenfalls bis zur Netzhaut gelangen, kennt man bisher noch kein Mittel sie sichtbar zu machen. Brücke und nach ihm Listing haben an diese Stelle ein hypothetisches „Braun“ gesetzt, welches bei gewissen Interferenzversuchen sichtbar wird. Etwas anders verhält es sich mit den Lichtstrahlen, die nach rechts vom violetten Ende des sichtbaren Spectrum durch ein Prisma hindurchgehen. Diese ultravioletten Strahlen heissen auch chemische Strahlen, weil sie z. B. Chlorsilber zu schwärzen vermögen. Ihre Schwingungszahl ist grösser als 770 Billionen in der Sekunde. Unter gewissen Umständen kann man bei Ablendung alles sonstigen Lichtes diese sichtbar machen: die sogenannte Fluorescenz mancher Körper scheint darin zu bestehen, dass die Schwingungszahl der ultravioletten Strahlen herabgesetzt wird. Dem Auge erscheinen diese Strahlen in „lavendelgrauer“ Farbe. Tyndall hat in darwinistischem Sinne das Auge zur Zeit noch für unvollkommen erklärt und hofft von der Entwicklung, dass uns noch ungeahnte Wunder durch die Sichtbarkeit des ganzen Spectrum erschlossen würden; vom teleologischen Gesichtspunkte macht dagegen A. Fick wohl mit Recht geltend, dass die Wärmestrahlen, wenn sie von der Netzhaut empfunden würden, dieselbe nie zur Ruhe kommen liessen, da sie ja von allen Körpern und von den benachbarten Theilen des Auges selbst ausgingen, dass ferner die ultravioletten Strahlen, weil äusserst stark brechbar, die Deutlichkeit des Sehens überhaupt fortwährend stören müssten.

Im Nachstehenden ist die Farbenscala, wie sie der Physiker

mit Hilfe des Prisma's zu erzeugen pflegt, nebst den zugehörigen Haupt- und Grenz-Werthen angegeben. Die Reihe a bezeichnet die Längen der Aetherwellen, ausgedrückt in Milliontheilen eines Millimeters, die Reihe b die Zahl der Aetherschwingungen in Billionen pro Sekunde. Am Fusse ist die Stellung der Fraunhofer'schen Linien innerhalb der Farben angedeutet. Man sieht ohne Weiteres, dass die durch die Brechung des Lichts erzeugten Farben im Spectrum ungleich grosse Räume einnehmen, wobei auf die vier Farben Roth, Orange, Gelb und Grün bis zur Linie E nur wenig über ein Drittel der ganzen Ausdehnung des Spectrums kommt. (Bei dem durch Interferenz des Lichtes gebildeten Gitterspectrum nimmt dagegen das Gelb die Mitte ein.)

(Braun)	Roth		Orange		Gelb		Grün		Cyan	Indigo		Violett (Lavendel)						
320	769	723	683	647	615	586	559	535	512	492	473	455	439	424	410	397	384	373
364	388	412	437	461	485	509	534	558	582	607	631	655	679	704	728	752	776	805
	A		B C		D		E		F	G		H						

Innerhalb der Farbenskala des Spectrum empfinden wir aber ausser den Farben, welche der Physiker bezeichnet, noch eine ganze Menge Zwischenglieder. Insbesondere pflegt ein Uebergang zwischen dem gelben und dem grünen, sowie zwischen dem grünen und dem blauen Theile des Spectrum deutlich zu sein. Ueberhaupt begnügen wir uns gar nicht mit der Nomenclatur des Physikers; die Sprache bildet sich die verschiedensten Verbindungen, um Mischungen oder Abstufungen von Farben zu bezeichnen, sie wählt die Bezeichnungen nach Analogien mit den Farben bestimmter lebender oder unbelebter Naturkörper u. s. w. und dennoch ist auch die reichste Sprache viel zu arm, um die Fülle der Farbenempfindungen auszudrücken, in welchen unser Sehorgan noch Differenzen aufzufinden fähig ist. Das Wort Farbe im objectiven Sinne des Physikers ist mit der Bezeichnung im subjectiven Sinne keineswegs identisch.

Auch hat die Physiologie der Farbenempfindung sehr guten Grund, ihre eigenen Wege zu wandeln.

Wenn der Physiker von Billionen Schwingungen in der Sekunde spricht, von Aether-Wellen, die nur wenige Milliontheile eines Milli-

meters betragen, so haben wir für diese Grösse absolut keine Vorstellung und noch Niemand hat gewagt, von den 450 Billionen Oscillationen bei der Linie B die Brücke zu der Empfindung des Roth zu schlagen. Wenn in dem Schema des Physikers von der Linie A bis zu E und ebenso von D bis zu G eine continuirliche Zunahme der Schwingungszahl und eine Abnahme der Wellenlänge stattfindet, so hindert unsere Empfindung dies nicht, einerseits Roth und Grün, andererseits Gelb und Blau fortwährend als Gegensätze zu betrachten. Jedem Unbefangenen erscheint Orange nicht als Farbe im Sinne des Physikers, sondern als eine Mischung zwischen Roth und Gelb, auch Violett erscheint ihm nicht als Einheit, sondern es vermittelt ihm den Uebergang von Blau zu Roth. Denkt man sich den Streifen des Spectrum ringförmig gebogen, so dass linkes und rechtes Ende einander berühren, so schiebt sich wie von selbst zwischen Roth und Violett noch Purpur hinein, das der Physiker nicht kennt, und der Ring ist geschlossen, die unendlich weit abstehenden 450 und 750 Billionen Schwingungen sind in der Empfindung vermittelt.

Ja, noch mehr, der Physiker lehrt uns, dass im Weiss alle Farben enthalten, Weiss daher keine Farbe sei. Aber die Empfindung fasst Weiss nicht als Vielheit, sondern als Einheit auf, Weiss ist ihr nur qualitativ, aber nicht quantitativ, etwas Anderes als Grün oder Roth. Weiss ist für die Empfindung allerdings auch der Gegensatz von Schwarz, wie für den Physiker, dem Schwarz die Negation von Licht, das Fehlen der Aetherschwingungen ist. Aber für die Empfindung bedeutet Schwarz nicht blos etwas Negatives, sondern etwas Positives, für das Auge ist Schwarz noch etwas mehr als für das Ohr die Stille¹⁾. Aber der Gegensatz zwischen Weiss und Schwarz ist doch wieder auch in der Empfindung verschieden von dem Gegensatz zwischen Roth und Grün oder Blau und Gelb. Zwischen Weiss und Schwarz steht Grau in seinen verschiedenen Abstufungen, zwischen Roth und Grün oder Blau und Gelb giebt

1) Doch ist zu erwähnen, dass A. Fick die positive Empfindung des Schwarz lediglich als Täuschung erklärt, weil wir von der Empfindung des Schwarz die Vorstellung eines schwarzen Objectes nicht zu trennen vermögen.

es kein Mittelding und keinen Uebergang. Blau erzeugt als complementares Nachbild Gelb, die Empfindung des Roth ruft ein grünes Nachbild hervor, aber das Nachbild von Weiss ist nicht etwa Schwarz oder umgekehrt das von Schwarz Weiss, sondern es findet Abklingen in verschiedenen Farben statt¹⁾.

Diese Andeutungen mögen hinreichen, um zu erklären, dass die Physiologie der Farben ihre eigenen Termini technici haben, dass sie noch auf anderem als auf physikalischem²⁾ Wege in das Verständniss der Vorgänge eindringen muss.

Die deutsche Sprache ist unseres Wissens die einzige, welche für alle „*einfachen Farben*“ Leonardo da Vinci's oder für die *Principalfarben* der Physiologen (Roth, Grün, Gelb, Blau, [Schwarz, Weiss]) einsilbige Worte hat. Für die Uebergänge von Schwarz zu Weiss, sowie für die Mischungen von Roth, bez. Gelb mit Schwarz hat sie ebenfalls einsilbige Bezeichnungen: Grau und Braun. Alle übrigen Mischfarben aber vermag die deutsche Sprache leichter, als manche andre Sprache durch einfache Aneinanderfügung der genannten 6, bez. 8 einsilbigen Worte auszudrücken. Dabei hat sie den Vorthail, durch Voranstellung derjenigen Benennung, welche bei einer Mischfarbe auch die vorwiegende Farbenempfindung ausdrückt, diess mit Leichtigkeit zu bezeichnen. So ist ein Unterschied in den Bezeichnungen: Rothgelb und Gelbroth, Gelbgrün und Grüngelb, Braunroth und Rothbraun, Graugrün und Grüngrau. Mindestens sollte man diesen Unterschied immer festhalten, was manches Missverständniss und den Vorwurf ungenauer Angaben und oberflächlichen Betrachtens ersparen würde. Weitere Bezeichnungen schafft sich die deutsche Sprache durch die Zusätze von „hell“ oder „dunkel“,

1) Hierher gehören wahrscheinlich die sogen. Fechner'schen Farben, welche in grosser Mannigfaltigkeit an rotirenden Scheiben auftreten, die sektorenförmig nur schwarz und weiss gefärbt sind.

2) Es ist nicht ganz überflüssig zu bemerken, dass früher auch die Ansichten der Physiker über die Bedeutung der Farben im Spectrum geschwankt haben, sodass entweder nur Roth, Gelb und Blau als wirkliche Farben, Grün und Violett als Mischfarben, oder Roth, Grün und Violett als eigentliche Farben, Gelb und Blau als spectrale Mischungen bezeichnet wurden. Vergl. weiter unten.

oder sie charakterisirt die Farbe der schwächeren Intensität durch die fast wie ein Diminutivum gebrauchte Zusatz-Silbe „lich“, wobei sie streng genommen auch noch zwischen gelblichroth und röthlichgelb, weisslichgrau und grauweisslich u. s. w. unterscheidet. Aber zwei Composita kann auch die deutsche Sprache naturgemäss nicht bilden, sie kann nicht von Rothgrün und nicht von Blaugelb sprechen, sie müsste denn nur das Nebeneinander dieser Farben bezeichnen wollen. Von den fremden Ausdrücken hat unsere Sprache: Purpur, Rosa und Lila als Bezeichnungen für Mischfarben aufgenommen, gegen die Barbarismen der Physiker, Orange und Violett aber sich ziemlich ablehnend verhalten. Von den zahlreichen Volksausdrücken oft mit lokaler Beschränkung auf gewisse Gegenden, von den Mode- und Kunstausdrücken der technischen Gewerbe soll hier nicht geredet werden. Der Mangel an Kenntniss und an Achtsamkeit auf Volksausdrücke war wohl mit eine der Ursachen, dass man eine Zeit lang bei gewissen Kulturvölkern in frühern Zeiten und bei Naturvölkern überhaupt die Farbenempfindung als eine mangelhafte ansah. Thatsächlich wird auch durch die reichste Sprache der Reichthum an Empfindungsqualitäten nicht ausgedrückt, eher hat man augenscheinlich ganz falsche farbige Bezeichnungen für verschiedene Objekte beibehalten, weil man kein Bedürfniss fühlte, für ganz bekannte Dinge eine streng passende Bezeichnung zu ersinnen.

Folgende Unterschiede sind zur speciellen Charakterisirung der Farbenempfindung namhaft zu machen.

Der *Farbenton* wird bedingt durch das Verhältniss, in welchem zwei (oder mehrere) reine Farben, zwei (oder mehrere) farbige Pigmente mit einander gemischt sind. Maxwell gebraucht hierfür die Bezeichnung: „hue“. Die *Farbennüance* ist insofern von dem Farbenton streng genommen verschieden, als sie die Mischung einer Farbe mit Schwarz, Grau oder Weiss in verschiedenem Grade anzeigt. Für Diejenigen, welche, wie Hering, Schwarz und Weiss für gleichwerthig mit den Principalfarben (s. oben) setzen, fällt natürlich die Definition von Farben-Ton und -Nüance zusammen. Maxwell hat für letztere die Bezeichnung „tint“ eingeführt. Grassmann bedient sich für Nüance der Bezeichnung: „Intensität

des beigemischten Weiss“, die von Helmholtz gewählte Benennung ist: „Sättigungsgrad“.

Die *Farbenintensität* ist bei Spectralfarben abhängig von der Schwingungsamplitude der Aethertheilchen, bei den Pigmentfarben von der Beleuchtungsgrösse des gefärbten Objekts. Helmholtz nennt sie „Lichtstärke“, Maxwell „shade“.

Der *Glanz* ist hier nur um deswillen zu erwähnen, weil er bei Farbenprüfungen sehr störend wirkt und deshalb farbig-glänzende Objekte möglichst dabei zu vermeiden sind. So bekannt auch die Erscheinung des Glanzes ist, so fehlt doch noch eine allseitig angenommene Erklärung. Es scheint, als ob eine schnell wechselnde Helligkeit oder eine grosse Helligkeitsdifferenz dicht nebeneinander im Sehfelde befindlicher Punkte die Ursache sei. So erscheint eine schwarze und eine weisse Fläche nebeneinander im Stereoskop grau-glänzend, Seide und Atlas glänzen, weil sehr helle und sehr dunkle Stellen mit einander abwechseln, wie diess bei Betrachten aus verschiedener Entfernung deutlich wird. Nach Hering (Hermann's Handb. d. Physiol. III. 1. p. 576) sieht das Auge nicht bloss die Flächenfarbe, sondern auch Licht als solches wegen der intensiven Reflexion, oder aber es hat die Empfindung der Farbe und daneben die Empfindung, als ob vor oder hinter der gefärbten Fläche sich Licht oder Dunkel befinde.

Zu jeder Farbe giebt es eine zweite, deren Combination die Empfindung des Grau erzeugt. In dieser Weise lassen sich mischen die Spectralfarben: Roth und Blaugrün, Orange und Blaugrün, Gelb und Indigo, Grüngelb und Violett. Um die Pigmentfarben zu finden, deren Mischung die farbige Empfindung des Grau hervorbringt, bedient man sich der *Farbenkreisel*. Normale Augen bedürfen stets einer Mischung von 3 Grundfarben, um eine dem Grau gleiche Empfindung zu haben. Ursprünglich hatte Masson sektorenförmig weiss und schwarz gefärbte, schnell rotirende Scheiben zu photometrischen Versuchen verwendet. Maxwell hat diese Idee (welche übrigens schon Plateau und vor ihm Musschenbroeck gehabt) weiter ausgebildet und ausser weissen und schwarzen Sektoren farbige Kreisabschnitte auf dem Kreisel angebracht. Die für das Betrachten unbequeme horizontale Stellung ist später in eine vertikale umge-

wandelt worden. Man stellt auf diese Weise *Farbengleichungen* her, in welchen auf der einen Seite des Gleichheitszeichens die Zahl der gefärbten Grade des Kreises, auf der anderen die Zahl der weiss, bez. schwarz gefärbten Grade steht, welche bei der Rotation der Scheibe ein identisches Grau ergeben. So ist z. B. nach A u b e r t:

$$165^{\circ} \text{ Roth} + 73^{\circ} \text{ Blau} + 122^{\circ} \text{ Grün} = 100^{\circ} \text{ Weiss} + 260^{\circ} \text{ Schwarz};$$

$$146^{\circ} \text{ Gelb} + 197^{\circ} \text{ Blau} + 17^{\circ} \text{ Grün} = 159^{\circ} \text{ Weiss} + 201^{\circ} \text{ Schwarz}.$$

Die gefundenen Werthe hängen überdies ab von der Helligkeit, von der Qualität des verwendeten farbigen Papiers und von verschiedenen andern, schwer controlirbaren Umständen. Sie haben daher nur annähernde Geltung. Da die Dauer eines Scheindrucks $\frac{1}{25}$ Sekunde beträgt, so bedarf es natürlich auch einer entsprechend geschwinden Rotation solcher Scheiben, um einen continuirlichen Gesichtseindruck hervorzubringen. A u b e r t erzielte 100 Umdrehungen in der Sekunde.

Diese Empfindung des Grau ist übrigens noch ziemlich weit davon entfernt, mit der des farblosen, weissen Lichtes identisch zu sein. Es ist 3.6mal dunkler als das weisse Papier, welches man zu den weissen Sektoren des Farbenkreisels verwendet. M a x w e l l bezeichnete diese Grösse als den „Coëfficienten für Weiss“. Man kann sich vorstellen, warum G ö t h e über das „Weiss“ der Physiker, welches alle farbigen Strahlen enthalten sollte, so sehr aufgebracht war.

Ausser dem besondern Eindruck, den eine Farbe als solche oder eine Farbmischung auf das Auge macht unterscheidet sie sich auch von einer andern durch ihre Helligkeit. Und zwar nicht durch die Helligkeit der zufälligen Beleuchtung, sondern durch die Helligkeit, die ihr eo ipso inne wohnt. Dieser Umstand ist für die Theorie der Farbenblindheit von eminenter Wichtigkeit, er giebt uns den Schlüssel, warum Farbenblinde nicht blos ein hinreichendes, sondern unter Umständen ein sehr feines Unterscheidungsvermögen für Farben, Farbentöne und Farbennüancen besitzen. Wir kommen darauf später zurück, müssen aber hier noch einige Augenblicke bei der natürlichen verschiedenen Helligkeit der Farben verweilen. Am hellsten erscheint von den Spectralfarben Gelb, dann folgt Röthlichgelb, dann Grün, dann Blaugrün, dann Orange. Hierauf

folgt das Roth der Linie B, dann Indigo, am wenigsten hell ist Violett und die nur unter besondern Verhältnissen wahrnehmbare Lavendelfarbe am äussersten rechten Ende des Spectrum. Die Qualität der Beleuchtung hat auf solche photometrische Bestimmungen der Farbenintensität einigen Einfluss, bei Gaslicht oder Petroleumlicht erscheint z. B. Röthlichgelb relativ heller, als bei Tageslicht, weshalb auch zahlreiche Farbenblinde bei künstlicher Beleuchtung die bei Tageslicht gemachten Fehler zu verbessern vermögen.

Die oben erwähnten Farbenkreisel sind ebenfalls geeignet, die Empfindlichkeit unseres Auges für Unterschiede der Farbmischungen (Farbentöne und Farbennüancen) zu studiren. Man stellt diese Untersuchungen so an, dass man den kleinsten Kreisabschnitt einer Farbe ermittelt, dessen Zusatz das Bild einer gleichmässig gefärbten Scheibe verändert. So genügte z. B. für A u b e r t $1^{\circ} = \frac{1}{360}$ Orange, um Ultramarinblau (359 Kreisabschnitte) heller zu machen. Um Roth zu verändern, gehört ein breiterer Sektor einer anderen Farbe dazu, am schwierigsten gelingt es mit Gelb. Im Allgemeinen genügt aber eine Zumischung von $\frac{1}{100} - \frac{1}{300}$ einer andern Farbe zu der ursprünglichen, um den Ton der letztern zu verändern. Schon daraus geht hervor, dass wir in dem Spectrum eine erstaunliche Menge von Farben unterscheiden können. Eben so wenig als es uns beikommen wird, für diese Farbentöne Namen zu finden, dürfen wir es bei unsern Vorfahren für einen Defekt des Farbensinns auslegen, dass sie im Regenbogen nicht gerade sieben Hauptfarben namhaft gemacht haben. Ganz ähnlich verhält es sich mit unserm Unterscheidungsvermögen für Farbennüancen. Eine Zumischung von $2^{\circ} = \frac{1}{180}$ irgend einer Farbe auf einer weissen Scheibe genügt meistens, um bei der Rotation deutlich den farbigen Ring zu sehen. Nimmt man eine schwarze Scheibe, so bedarf es nur eines noch kleineren Sektor, $1^{\circ} = \frac{1}{360}$ oder selbst eines noch schmälern z. B. $\frac{2}{3}^{\circ} = \frac{1}{540}$, um den Farbenring zu erkennen. Da nun aber ein so veränderter Farbenton oder eine so veränderte Farbennüance durch Zusatz einer dritten Farbe oder einer andern Mischung mit Grau u. s. w. nochmals verändert werden kann, so ist unser Auge sicher für mehrere Millionen von Farbenempfindungen eingerichtet.

Eine Grenze giebt es allerdings, bei welcher die Farbenempfin-

dung aufhört und nur noch das Objekt als dunkel oder hell unterschieden wird. Unser Farbensinn ist daher in gewissem Sinne da an seiner Grenze angelangt, wo der Lichtsinn noch thätig ist. Natürlich ist diese Grenze individuell verschieden, durch Uebung kann hier ebenfalls erzielt werden, was dem ungeübten Auge nicht möglich ist. Solche Untersuchungen sind am besten mit Hülfe verschiebbarer Diaphragmen anzustellen, durch welche man farbige Flächen auf weissem oder auf schwarzem Grunde betrachtet.

So erschien z. B. in den Versuchen von Aubert unter einem Gesichtswinkel von 35 Min. und bei 10 mm Seitenfläche des Diaphragma:

a) auf *weissem* Grunde

Braun, Roth, Orange u. Dunkelgrün = Schwarz,
Blau etwas weniger Schwarz,
Grün und Hellblau heller,
Rosa hell,
Gelb am hellsten; dagegen

b) auf *schwarzem* Grunde

Roth am dunkelsten,
Oränge und Dunkelgrün,
Blau und Grau,
Grün und Hellblau,
Rosa und Gelb,
Weiss, } in zunehmender Helligkeit.

Am auffälligsten ist wohl, dass Roth dunkler erscheint als Blau, namentlich auf schwarzem Grunde. Merkwürdig ist auch, dass bei schwächster Beleuchtung eben noch erkennbare farbige Objekte nur im ersten Moment als farbig gesehen werden, dass dann aber der Farbeneindruck bei längerem Anschauen aufhört, wiewohl das Objekt selbst noch sichtbar bleibt.

Wurden die Versuche der Art angestellt, dass sowohl die geringste Lichtmenge als auch die kürzeste Zeit zur Sichtbarkeit eines farbigen Objektes bestimmt werden konnte, so ergab sich, dass Hellgelb, Gelb, Hellblau, Grün, Roth und Violett der Reihe nach am meisten Licht und am meisten Zeit gebrauchten, um eben noch in ihrer Farbe wahrnehmbar zu sein¹⁾. Unter gewissen Vorraussetzungen

1) Dobrowolski giebt neuerdings (Arch. f. Physiol. XXIV. 3 u. 4. p. 189. 1881) an, dass Blau noch bei einer Helligkeit erkannt werde, die mindestens 16mal kleiner sei als die für Roth erforderliche.

ist daher jedes Auge in die Lage eines total Farbenblinden zu setzen, welcher die Objekte lediglich nach ihrer Helligkeit unterscheidet.

Bisher haben diese Angaben die Voraussetzung gehabt, dass das Erkennen der Farben mit dem centralen Theile der Netzhaut, also mittels der Zapfen der Macula lutea, erfolgte. Es erübrigt noch, kurz mitzutheilen, wie sich der Farbensinn unseres Auges verhält, wenn die farbigen Strahlen auf die *peripherischen Theile* der Netzhaut fallen. Es ist unter Umständen, insbesondere bei Erkrankungen der Netzhaut, bez. der Aderhaut mit erworbener Farbenblindheit zu wissen wichtig, welche Abweichungen von der Norm hier vorkommen. Es hat sich nun durch mannigfache, wenn auch in ihren Einzelheiten nicht allenthalben übereinstimmende Versuche herausgestellt, dass die Netzhaut des Menschen, je weiter man sich von der Macula lutea nach der Peripherie hin entfernt, *verschiedene Grenzzonen* für die Erkennung von Farben besitzt. Uebereinstimmend geben alle Beobachter an, dass Blau am weitesten nach aussen im Sehfelde noch erkannt wird. Erst dann folgt Gelb oder Roth, hierauf Grün, zuletzt Violett. Auch hat Aubert festgestellt, dass die Grenzzonen in den verschiedenen Meridianen des Auges nicht gleich weit vom Centrum abliegen: Blau wird z. B. nach innen beträchtlich stärker peripherisch noch empfunden als nach aussen. Die peripherischen Theile der Netzhaut verlangen eine grössere Helligkeit, um gleich gut wie das Centrum Farben unterscheiden zu können. Wichtig ist auch, dass die peripherischen Theile viel rascher ermüden. Ehe die Farben vollständig erblassen, zeigen sich mannigfache Uebergänge, z. B. Roth durch Gelb, Violett durch Blau. Im Uebrigen gelten aber die für die Töne und Nüancen oben angegebenen Erscheinungen auch für die peripherischen Theile der Netzhaut.

Neuerdings sind auch von Ole B. Bull Untersuchungen über Lichtsinn und Farbensinn mit Bezug auf die Farbenempfindlichkeit in den peripherischen Retinatheilen veröffentlicht worden (Arch. f. Ophthalmol. XXVII. 1. p. 54. 1881). Bei herabgesetzter Beleuchtung geht reines Grün, ehe es farblos wird, bei centraler Fixation in Blau über, peripherisch dagegen direkt in Grau. Rosa erscheint bei abnehmender Beleuchtung peripherisch intensiv blau, Hochroth geht peripherisch in Gelb über, während es für das Centrum bei ab-

nehmender Lichtstärke immer dunkler, bis Schwarz wird. Gelbe Töne werden bei abnehmender Beleuchtung peripherisch direkt in's Graue übergehend wahrgenommen.

Es konnten an dieser Stelle nur die hauptsächlichsten Thatsachen der Farbenempfindung hervorgehoben werden. In den grössern Handbüchern, besonders auch in Aubert's Physiologie der Netzhaut, sowie in dem betr. Abschnitt in Graefe-Sämisch ist die ganze Lehre natürlich viel ausführlicher vorgetragen, weshalb wegen des Nähern, namentlich mit Bezug auf die darin zahlreich namhaft gemachten literarischen Angaben, darauf verwiesen werden muss.

Doch ist es nöthig, noch Einiges über *Ergänzungsfarben* zu sagen, welche in schöpferischer Weise das Auge selbst zu erzeugen vermag. Es können indessen hier nur solche Erscheinungen besprochen werden, welche einen Einfluss auf die Untersuchungsmethoden des Farbensinns haben. Was die sehr mannigfache Nomenclatur bei den verschiedenen Autoren anlangt, so giebt Aubert in seiner Physiologie der Netzhaut (p. 347) eine übersichtliche Zusammenstellung.

Nach Rollett (Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. [Math.-naturw. Kl.] LV. 2. Abth. p. 354. 1867) sind die durch Bindestrich verbundenen Farben als Contrastfarben zu nennen: Grün-Purpur, Bläulichgrün-Roth, Cyanblau-Orange, Indigo-Gelb, Violett-Gelbgrün und vice versa in der Weise, dass es gleich ist, welche von jedem Paare als inducirende und welche als inducirte Farbe auftritt. Brücke, von welchem die Bezeichnung „inducirende“ und „inducirte“ Farben her stammt, bemerkt noch, dass als Ergänzungsfarbe eigentlich eine Reihe solcher auftreten, welche sich von der reinen Gegenfarbe durch ihren Gehalt an Weiss unterscheiden (ebendas. LI. 2. Abth. p. 483. 1865).

Zu diesen Erscheinungen gehören zunächst die *farbigen Schatten*, welche auftreten, wenn mittels zweier verschiedener Lichtquellen zwei Schatten auf einer weissen Fläche erzeugt werden: der z. B. vom Tageslicht herrührende Schatten erscheint gelbroth, wenn er von einer Kerzenflamme beleuchtet wird, während der von der Kerzenflamme herrührende Schatten blau erscheint. Dieses Blau ist die subjektive Contrastfarbe des Gelb. Weisse, graue oder schwarze Papierstück-

chen erscheinen, wenn man sie auf eine grosse farbige Fläche gelegt, wie mit der complementären Farbe der letztern überzogen, also auf blauem Papier gelblich, auf grünem röthlich. Diese *Contrastfarben* treten sofort ein, auch wenn das Objekt nur momentan mittels des elektrischen Funkens beleuchtet wird. Legt man Seidenpapier über einen schwarzen Streifen auf blauem Grunde, so erscheint der Streifen gelb, auf grünem Grunde roth. Diese Contrastfarbe tritt nicht etwa erst dann auf, wenn man die blaue, bez. die grüne Fläche betrachtet und dann erst das Florpapier darüber deckt, sondern sofort, ohne dass das Auge erst den Grund oder den schwarzen Streifen wahrgenommen hat. („Contraste simultané“ nach Chevreul, im Gegensatz zu „Contraste succédané“, d. i. dem complementären Nachbilde, welches im Sehfelde nach längerer Betrachtung intensiv gefärbter Objekte auftritt.) Bereits im Laufe des vorigen Jahrhunderts wurden vielfache Untersuchungen über solche Farbenerscheinungen gemacht. Von Buffon an (1743) finden sich mehrere Arbeiten in dem vom Abbé Rozier (öfters in deutschen Citaten fälschlich: Rosier) herausgegebenen Journal: „Observations sur la physique etc.“ Man fühlte allseitig die Schwierigkeit ihrer Erklärung und suchte sich, so gut es ging, mit Newton's physikalischen Entdeckungen zurecht zu finden. Nur Westfeld (Die Erzeugung der Farben. Göttingen 1767) lässt die Lichtstrahlen sich in Wärme umsetzen, welche in den nervigen Fasern der Netzhaut eine verschiedenartige Bewegung hervorbringen: wenn die Netzhaut nur die Wärme des Körpers hat, entsteht die Empfindung des Schwarz, das schwächste Licht (Violett und Blau) erregt die geringste, das stärkste (Gelb und Weiss) die grösste Wärme. W. erklärt sich damit, warum die dunklen Farben nicht so weit als solche gesehen werden, als das helle Gelb.

Der Wiener Professor Scherffer, dessen Abhandlung über die Scheinfarben in Rozier's genanntem Journal (XXVI. v. J. 1785) übersetzt erschien, betont in § 25 (a. a. O. p. 284) ausdrücklich, dass es ihm eben so schwierig erscheine, sich vorzustellen, wie die Lichttheilchen gleichförmig die Empfindung verschiedener Farben hervorrufen können, als sich die andere Möglichkeit zu denken, dass mehrere Arten von Bewegung, je einer besondern Farbe entsprechend, gleichzeitig in den nervösen Partien vor sich gingen. Noch am wahrschein-

lichsten ist ihm, dass jede Art von Strahlen auf verschiedene Theile des Auges einwirkt.

Diess führt uns auf die

Theorien der Farbenempfindung¹⁾.

Gern hätten wir dem Leser einen Ueberblick derselben erspart, da keine derselben sich rühmen kann, eine allseitig genügende Erklärung zu geben und über dieselben der Streit neuerdings wieder stärker entbrannt ist. Da aber diese Theorien auch mit der Auffassung der Farbenblindheit innig zusammenhängen und, abgesehen von den mannigfachen Schattirungen der Ansichten bei den Physiologen, auch in dem Heerlager der Praktiker unnöthiger Weise die Rufe: „hie Helmholtz, hie Hering“ ertönen, so bleibt nichts übrig, als auch hiervon eine gedrängte Uebersicht zu geben.

1) Die *Dreifasertheorie*. Mauthner bemerkt im 4. Hefte seiner Vorträge, dass bereits 10 Jahre vor Young 1792 Wunsch in dem siebenfarbigen Spectrum nur drei, nämlich Roth, Grün und Violett, als einfache Farben bezeichnet habe. Näheres ist nicht angegeben, es kann indessen wohl nur die Stelle gemeint sein, welche bereits in der 1. Auflage 1778 im 1. Bande der von Christ. Ernst Wunsch (geb. 1744, gest. 1828) anonym herausgegebenen „Kosmologischen Unterhaltungen für die Jugend“ sich findet und zwar in der 11. Unterhaltung (Betrachtung des farbigen Lichts). Wunsch nennt zunächst das Spectrum fünffarbig, indem er die „schmalen Querstreifchen“ oraniengelb und indigblau, jenes als Mittel zwischen Roth und Gelb, dieses als Mittel zwischen Himmelblau und Violett ansah. Darauf heisst es weiter p. 276: „Unterdersen kann man doch nicht sagen, dass fünf verschiedene einfache Farben in dem weissen Lichte enthalten seien, sondern nur drei, die rothe, grüne

1) Ausser den in dem Text citirten Schriften und den Monographien über Farbenblindheit sind über diesen Gegenstand noch zu nennen:

a) Ueber den physiolog. Entwicklungsgang der Lehre von den Farben. Vortrag, gehalten u. s. w. von Dr. Ludwig Happe. Leipzig 1877.

b) Der Farbensinn, sein Wesen und seine Entwicklung, von Dr. Rud. Günther. Inaug.-Diss. München 1880.

und veilchenblaue, denn die gelbe und himmelblaue sind selbst zusammengesetzte Farben, jene besteht aus rother und grüner, diese hingegen aus der grünen und veilchenblauen. In dem weissen Licht sind also eigentlich nur drey, in dem gelben zwo und in dem himmelblauen auch nur zwo einfache Farben enthalten“. Wü n s c h beweist diese Meinung damit, dass er ein rothes auf ein grünes und ein veilchenblaues auf ein gelbes Spectrum mittels zweier Prismen wirft, wobei jenes gelb, dieses himmelblau gefärbt wird.

Dieser Ansicht hat Wü n s c h dann später eine besondere Schrift: „Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts“ (Leipzig 1792) gewidmet, in welcher eine Menge Versuche, darunter auch solche zur Erklärung der Interferenzfarben, beschrieben sind, über die G ö t h e in der Erklärung zu Taf. IX u. X seiner Farbentafeln seinen ganzen Spott ergossen hat¹⁾. In dieser Schrift heisst es nun S. 64: „An den Stellen, wo die mehr brechbaren Strahlen der rothen Klasse mit jenen minder brechbaren der mittlern (grünen) zusammenfallen, da bringen sie auf unser Sehorgan die Empfindung des gelben und pomeranzenfarbigen Lichtes hervor; an andern Stellen hingegen, wo die meist brechbaren Strahlen der mittlern Klasse in die mindest brechbaren der dritten (violetten) fahren, da erregen sie die Erscheinung, die wir hochblaues oder indigblaues Licht nennen“. Eine andere hierher zu beziehende Stelle findet sich überhaupt nicht, weder in dieser 1792 erschienenen, noch einer andern der zahlreichen Schriften von Wü n s c h. Es geht aber aus dem Citat hervor, dass W. lediglich eine physikalische, gar keine physiologische Hypothese hat aufstellen wollen und M a u t h n e r daher irrthümlich der Dreifasertheorie von Y o u n g den Namen Wü n s c h noch voransetzt.

T h o m a s Y o u n g aber bemerkt zuerst in seiner am 27. Nov. 1800 gehaltenen Vorlesung über den Mechanismus des Auges (Philosoph. Transact. Jahrg. 1801) ganz kurz, dass jeder Punkt der Netzhaut nur drei principale Farben zu unterscheiden habe, da die übrigen Farben wahrscheinlich nur mannigfache Zusammensetzungen jener seien. Ausführlicher erwähnt er diese Frage in der am 12. Nov. 1801

1) An Wü n s c h richtete G. auch das Xenion:
Gelbroth und grün macht das Gelbe, grün und violblau das Blaue!
So wird aus Gurkensalat wirklich der Essig erzeugt.

vor der Royal Society gehaltenen Vorlesung über die Theorie des Lichts und der Farben. Es heisst in den Philosoph. Transact. 1802. p. 20—21: „Newton habe sich vorgestellt, dass die „Capillamenta“ des Sehnerven durch die Lichtstrahlen in Schwingungen versetzt werden und dass diese Vibrationen „will run along the aqueous pores or crystalline pith of the capillamenta, through the optic nerve into the sensorium“, in welchem die mannigfache Farbenempfindung hervorgerufen würde. Es sei indessen unmöglich, zu begreifen, wie jeder empfindende Punkt der Netzhaut eine unendliche Zahl von Theilchen besitzen solle, deren jedes in vollkommener Uebereinstimmung mit jeder möglichen Lichtwelle zu schwingen fähig sei. Deshalb sei es nothwendig, eine beschränkte Zahl anzunehmen, und zwar entsprechend den drei Hauptfarben, *Roth*, *Gelb* und *Blau*, deren Wellen annähernd in dem Verhältniss 8 : 7 : 6 stehen. Jedes Netzhauttheilchen sei nun fähig, mehr oder weniger kräftig bewegt zu werden „by the undulations differing less or more from a perfect unison“, die grünen Lichtwellen würden, annähernd im Verhältniss von $6\frac{1}{2}$, gleichmässig die für Gelb und Blau bestimmten Theilchen erregen und denselben Effekt hervorbringen, als wenn die Theilchen durch ein aus Gelb und Blau gemischtes Licht erregt wurden: „and each sensitive filament of the nerve may consist of three portions, one for each principal colour“. Bei Young sind daher im Jahre 1801 die drei Hauptfarben: *Roth*, *Gelb* und *Blau*, bei Wünsch 1778: *Roth*, *Grün* und *Violett*. Aber Young hat bis zum Jahre 1807 seine Ansicht modificirt, wahrscheinlich veranlasst durch Wollaston's Herstellung eines sehr reinen Sonnenspectrum, denn er sagt in der 37. Vorlesung (über physikalische Optik, abgedruckt in dem I. Vol. des Werkes: „A Course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts.“ London 1807. p. 434—446) wörtlich: „Es ist sicher, dass eine vollkommene Empfindung von Gelb durch Mischung von Roth und Grün, die von Blau durch Mischung von grünem und violettem Licht bewirkt werden kann, und man hat Grund, zu vermuthen, dass diese Empfindungen immer die Zusammensetzungen getrennter, combinirter Empfindungen sind.“ Die Empfindung des weissen Lichts sei durch eine Mischung von *Roth*, *Grün* und *Violett*

im Verhältniss von 2 : 4 : 1 hervorgebracht. Aus diesen drei einfachen Empfindungen mit ihren Combinationen construirt dann Young die 7 Spektralfarben: Roth und Grün geben Gelb, Roth und Violett Carmoisin (crimson), Grün und Violett geben Blau. Er erläutert diese Theorie auf Tafel XXIX. durch mehrere farbige Darstellungen.

Maxwell ist es, welcher die eben erwähnte, bereits modificirte Theorie Young's weiter ausbildet. Er sagt in den Philosoph. Transact. Jahrg. 1860. p. 59 in der Vorlesung über die Theorie der zusammengesetzten Farben, dass Young als primäre Empfindungen die des rothen, grünen und violetten Lichts bezeichnet habe. Ein blauer Lichtstrahl, obwohl an sich homogen, erzeuge die grüne und die violette Empfindung und deshalb könne man Blau eine zusammengesetzte Farbe nennen, wiewohl es doch eine einfache Art (kind) von Licht sei. *Die Qualität einer Farbe hänge nach der Young'schen Theorie von dem Verhältniss (ratio) der Intensitäten der drei Empfindungen und die Helligkeit (brightness) der Farbe von der Summe dieser drei Intensitäten ab.* Maxwell wendet dann diese Theorie auf solche Personen an, welche das Spectrum nur zweifarbig sehen.

Helmholtz hatte bereits 1852 auf Young's Hypothese Nr. 2 aufmerksam gemacht und spricht später geradezu von roth-, grün- und blauempfindenden¹⁾ Nerven, deren Endorgane in den Stäbchen der Netzhaut sich befinden (vgl. Physiol. Optik p. 291—294 und das 2. Heft seiner populären wissenschaftlichen Vorträge p. 47—49), wobei er es noch zweifelhaft lässt, ob Blau oder Violett die dritte Grundfarbe sei. Brewster und Chevreul hingegen nennen auch später als Grundfarben die gleichen wie in der ersten Publikation Young's: Roth, Gelb und Blau, welche „uniform in colour“, aber „variable in intensity“ von einem Ende des Spectrum bis zum andern reichen²⁾.

1) Nach Aubert ist der Ausdruck „leitende“ vorzuziehen; fasst man aber die Netzhaut als Theil der psychophysischen Sehsubstanz auf, so erscheint der ältere Ausdruck unbedenklich. Ueberhaupt will ja die Theorie über den Vorgang im Bewusstsein selbst nichts aussagen.

2) Die Idee, Roth, Gelb und Blau als Hauptfarben anzusehen und
Geissler, Ueber Farbenblindheit.

Während Young in seiner Vorlesung über die Theorie des Lichts und der Farben die Analogie der Farbenempfindung mit der einer Melodie oder einer musikalischen Harmonie zurückweist, konnte Helmholtz diese Analogie mit dem Gehörsinn weiter ausbilden; er erinnert daran, dass bei manchen Weichthieren die Endorgane des Hörnerven mit Härchen versehen seien, von denen die einen durch diese, die andern durch andre Töne in Schwingungen versetzt würden, und hebt hervor, dass auch die verschiedenfarbigen Oeltropfen in den Stäbchen bei Vögeln und Reptilien solche Organe sein könnten, welche den Nerven zur Empfindung einer besondern Lichtqualität besonders geschickt machen würden. Ueberhaupt liegt ja heute die Frage wesentlich anders als zu Young's Zeiten. Damals zweifelte noch Niemand daran, dass die Aetherwellen in Form von Schwingungen durch den Sehnerv dem Bewusstsein zugeführt würden. Aber kaum war durch Daguerre die chemische Wirkung des Lichts bekannt geworden, so wurden 1842 durch Moser ähnliche Vorgänge in der Netzhaut vermuthet. Die Lehre von den „spezifischen Energien“ erhielt ein weiteres Fundament. In den letzten Jahren ist die Entdeckung des Sehroths durch Boll und Kühne hinzugekommen, und wenn sich auch die anfängliche Hoffnung, hiermit den spezifischen Sehstoff gefunden zu haben, nicht erfüllt hat, wenn man vielmehr zugeben muss, dass gerade die empfindlichste Stelle der Netzhaut kein Sehroth enthält und dass auch bei ausgebleichter Netzhaut Licht- und Farbsehen recht wohl möglich ist, so dürfte doch kaum daran zu zweifeln sein, dass die optochemische Hypothese für die Zukunft den Sieg erringen wird¹⁾.

Grün nur aus der spektralen Mischung von Gelb und Blau hervorgehen zu lassen, wurde übrigens bereits 1740 von Castel in dem interessanten Büchlein „L'Optique des Couleurs“ entwickelt. An ihr hielten auch die Maler trotz *Leonardo da Vinci* fest.

1) Bereits vor Entdeckung des Sehroths hatten M. Schultze und Preyer (Arch. f. Physiol. I. p. 299. 1868) den Einfluss der Farbe des gelben Fleckes auf die verschiedene Empfindlichkeit mancher Augen für grünblaue Farbentöne und für violette und ultraviolette Strahlen geltend gemacht. Gegen 15 Jahre früher hat übrigens schon Wilson (s. unten) die-

Nicht ganz überflüssig dürfte es aber sein, daran zu erinnern, dass Helmholtz zunächst nicht sehr befriedigt von der Hypothese Young's war, als er sie unter dem Staube der Bibliotheken entdeckt hatte. Er sagt vielmehr geradezu, dass mindestens fünf einfache Farben dazu gehören, um sämtliche Farbentöne des Sonnenspectrum hervorzubringen, und fügt (Poggendorf's Annalen LXXXVII. p. 65. 1852) ausdrücklich die Gründe hinzu, weshalb man die Lehre von den drei Grundqualitäten der Empfindung fallen lassen müsse: die Empfindung des Gelb könne durch die gelben Strahlen des Spectrum nicht nur deshalb entstehen, weil diese Empfindung durch die rothen und grünen Strahlen gleichzeitig erregt werde, denn die letztern erzeugten niemals ein so glänzendes und lebhaftes Gelb wie die gelben Strahlen allein; ebenso sei es mit dem Blau, welches aus Grün und Violett, oder dem Violett, welches aus Blau und Roth zu mischen wäre. Diesen Einwand, welcher neben andern Bedenken Aubert veranlasst hat, die Young'sche Theorie überhaupt aufzugeben, scheint indessen Helmholtz später nicht mehr für schwerwiegend gehalten zu haben, vielmehr bildet er, wie Maxwell, die Theorie weiter aus, indem er annimmt, dass jede Farbe alle drei Nervenfasern erregt, aber in verschiedenem Grade.

Seine Ansicht kann in folgendem Schema zusammengefasst werden, das die Stelle einer graphischen Darstellung nach dem Coordinatensystem annähernd ersetzen mag:

Stärke des Reizes auf die:

Roth empf. F.	Stark	Mässig	Schwach	Schwach	Schwach	Stark
Grün empf. F.	Schwach	Mässig	Stark	Mässig	Schwach	Stark
Violett empf. F.	Schwach	Schwach	Schwach	Mässig	Stark	Stark
Empfindung:	<i>Roth</i>	<i>Gelb</i>	<i>Grün</i>	<i>Blau</i>	<i>Violett</i>	<i>Weiss</i>

Dieses Schema dient zur Erklärung der complementären Nachbilder, wenn man z. B. annimmt, dass die durch das rothe Licht stark gereizten Fasern ermüden und nur die Erregung der Grün und Violett empfindenden Fasern übrig bleibt, was das blaugrüne Nachbild hervorruft.

selbe Idee gehabt. Andererseits wurde die gelbe Farbe dieser Stelle als Leichenphänomen angesehen, was aber wohl irrig ist.

Ohne Bedeutung erscheinen die Einwände von C. Bohn (Poggendorf's Ann. CXXV. p. 87. 1865), welcher meint, dass man mittels der Dreifasertheorie nicht erklären könne, warum man eine farbige Fläche überhaupt gleichmässig gefärbt sehen oder zahlreiche feine farbige Punkte unterscheiden könnte. Nimmt man an, dass jeder Zapfen oder jedes Stäbchen der Netzhaut mit diesen drei Fasern verbunden ist, so fällt dieser Einwand weg. Wichtiger dagegen sind die von A. Fick (Hermann's Handb. der Physiol. III. 1. p. 199) erhobenen Bedenken, welche um so schwerer wiegen, weil dieser Forscher im Uebrigen ein entschiedener Anhänger der Young'schen Theorie ist, die er nur darin (wie auch Maxwell) modificirt, dass er als dritte Empfindungsqualität Blau (Indigo) an Stelle des Violett setzt, weil der Unterschied in der Empfindung zwischen Roth und Blau stärker sei, als zwischen Roth und Violett, und aus mathematischen Gründen¹⁾ die drei Qualitäten möglichst gleich weit von einander zu setzen seien. Dieses Bedenken besteht darin, dass es vollständig räthselhaft bleibt, warum (s. o.) gerade die Erregung eines einzigen Netzhautelementes nicht die spezifische Farbe des Erregers, sondern eine weissliche Empfindung hervorruft (die Sterne 9. Ordnung sind nach Struve die kleinsten Objekte, die im Fernrohr noch farbig erscheinen, wiewohl noch kleinere im Spektroskop farbig zerlegt werden). Ferner bleibt es unerklärt, dass an mehreren kleinsten, neben einander befindlichen, farbigen Objekten der Farbenton noch erkannt wird, wenn ein einziges, gleich grosses Objekt in derselben Entfernung nicht mehr farbig erscheint.

Um die Dreifasertheorie mit den Ermittlungen über die Farbenempfindung der peripherisch gelegenen Netzhautzonen in Einklang zu bringen, hat Rähmann (Ueber Farbenempfindung in den peripherischen Netzhautpartien in Bezug auf normale und pathol. Brechungszustände. Inaug.-Diss. Halle 1872. Ferner: Arch. f. Ophthalmol. XIX. 2. p. 201. 1873) die Zusatzhypothese aufgestellt, dass nach der Peripherie hin die drei Fasersysteme in verschiedener

1) Näheres hierüber W. v. Bezoldt: Poggendorf's Annalen CL. p. 71—92, 221 — 247. 1873.

Stärke abnehmen, und zwar zunächst die violetteleitenden, dann die roth- und endlich die grünempfindenden Fasern¹⁾. Letztere würden ihrer Menge nach demnach überall prävaliren. Diese Erklärung mag man allenfalls für genügend halten, um sich vorzustellen, warum Gelb am weitesten peripherisch noch in seiner Farbe erkannt wird, doch hat R. ganz übersehen, dass er mit seiner Hülfshypothese einen Fundamentalsatz der Young'schen Theorie zerstört. Da nämlich die Empfindung des Weiss erzeugt werden soll durch annähernd gleich starke Reizung sämtlicher drei Fasergattungen, die Empfindung des Weiss aber sogar noch weiter peripherisch möglich ist als die des Gelb, so können ganz unmöglich die grünempfindenden Fasern allein an der Peripherie noch übrig geblieben sein.

Die schwierige Deutung der Empfindung des Gelb, welches nach Young aus gleichmässiger Erregung der für Roth und der für Grün bestimmten Fasergattung hervorgerufen wird, hat noch zu einer andern Hülfshypothese geführt. Wenn man nämlich die Dreifasertheorie auf Farbenblinde anwandte und nun voraussetzte, dass bei den Roth-, bez. den Grünblinden die entsprechenden Fasern fehlten, so kam man in das Dilemma, die doch ganz sicher vorhandene Gelbempfindung dieser Farbenblinden nicht erklären zu können. Leber spricht sich deshalb dahin aus (Arch. f. Ophthalmol. XIX. 3. p. 28. 1873. — Klin. Mon.-Bl. f. Abkde. XI. 1873. Sitz.-Ber. p. 467 und *Graefe-Sämisch*, Handbuch Bd. V. p. 1030), dass man die verschiedenen Arten von Farbenblindheit überhaupt nicht durch das vollständige oder unvollständige Fehlen einer Fasergattung erklären dürfe, sondern vielmehr nur dadurch, dass diese Fasern zwar z. B. für die Aetherwellen des rothen und des grünen, aber nicht für die des gelben Lichts unempfindlich geworden seien. Wenn man diese Erklärung acceptirt, so kann man aber mit gleichem Rechte noch weiter gehen, und jeder Nervenfasern der Netzhaut überhaupt die Funktion, alle Lichtqualitäten zu leiten oder unter Umständen zu versagen, zusprechen.

Auf Edm. Rose's gegen die Dreifaserhypothese vorgebrachte

1) Die Ausdrücke „leiten“ und „empfinden“ sind, wahrscheinlich unabsichtlich, in gleichem Sinne gebraucht.

Gründe können wir hier, ohne sehr verwickelte Voraussetzungen mathematischer Natur zu besprechen, nicht weiter eingehen. Wir wollen nur bemerken, dass R. unseres Wissens in Deutschland der Erste war, welcher die Hypothese auf Grund von Experimenten an Farbenblinden entschieden bekämpfte, während Andere geneigt waren, die Voraussetzungen lieber den Thatsachen anzupassen. Der Leser findet die Rose'schen Gegengründe, vier an der Zahl, im Arch. f. Ophthalmol. VII. 2. p. 88 — 91. 1860 zusammengestellt.

Zu einem systematisch abgerundeten Bilde treten uns vier Grundfarben bei Woinow entgegen (Beiträge zur Farbenlehre: Arch. f. Ophthalmol. XXI. 1. p. 223. 1875, aber bereits 1874 in russischer Sprache nahezu gleichzeitig mit Hering's Arbeiten publicirt). Woinow unterscheidet vier farbenempfindende Elemente in der Netzhaut, ausser ihnen aber noch solche, die nur Licht empfinden. Die ersteren fehlen in der äussersten Peripherie der Netzhaut vollständig, nahe der Peripherie sind nur die blau- und die gelbempfindenden in einer bestimmten Zone vorhanden, näher heran und im Centrum selbst sind sämmtliche Elemente vertreten. Die rothen und die grünen Elemente, ebenso die blauen und die gelben stehen zu einander in viel näherer Beziehung als eins der ersten zu einem Elemente der zweiten Reihe.

Es ist von historischem Interesse, dass Woinow insbesondere auf Grund pathologischer Vorgänge zu derselben Zeit die Dreifasertheorie umgestaltete, wo Hering, zu dem wir uns jetzt wenden, auf rein physiologischer Basis es unternahm, dieselbe zu stürzen und eine total neue an ihre Stelle zu setzen.

2) *Die Theorie paariger Grundempfindungen der Sehsubstanz.* Diese, mit der vorigen um die Herrschaft ringende Hypothese ist von Hering in Prag aufgestellt. Doch kann man ihre Anfänge weiter zurück verfolgen. Implicite ist sie schon in Schopenhauer's Schrift: „über das Sehen und die Farben“ (1. Aufl. 1816) enthalten¹⁾. Schopenhauer knüpfte an Göthe an, ohne dessen Polemik gegen

1) Es ist mir unverstündlich geblieben, dass Czermak in derselben eine „wahrhaft wunderbare“ Uebereinstimmung mit Young-Helmholtz hat finden können. (Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wissensch. Mathem.-physikal. Kl. 2. Abth. Bd. LXII. p. 393. 1870.)

die Physiker überall zu billigen. Letzterer hatte die Farben je nach ihrer Helligkeit Halblichter oder Halbschatten genannt, das Blau stand dem Dunkel, das Gelb dem Lichte am nächsten, würden sie zusammengemischt, so würden ihre specifischen Eigenthümlichkeiten wechselseitig aufgehoben und es entstünde ein „Schattiges“, Graues. Schopenhauer bezeichnet Farbe als die qualitativ getheilte Thätigkeit des Auges, einzelne Farben giebt es seiner Ansicht nach aber eigentlich nicht, sondern nur *Farbenpaare*. Roth ist z. B. die qualitative Hälfte der vollen Thätigkeit des Auges, zu welcher es durch die ihm complementare Farbe (Grün) ergänzt wird. Orange bildet $\frac{2}{3}$, das complementare Blau $\frac{1}{3}$ der vollen Thätigkeit, Gelb dagegen als hellste Farbe $\frac{3}{4}$ und Violett als dunkelste $\frac{1}{4}$ der vollen Thätigkeit. Das Orange und das Violett der Physiker hat daher Schopenhauer in seiner Physiologie mit aufgenommen; Weiss entspricht der vollen Thätigkeit und das „Schattige“ des Dichters ist dem Philosophen der Ausdruck der Ruhe eines Theils der Netzhaut, der Philosoph hat, — wie auch in unserer Zeit wieder Classen (Abhandl. über physiol. Optik 1866) auf die selbstthätige Erzeugungskraft der Netzhaut hingewiesen — den Ausspruch Göthe's, dass die Netzhaut ein gewisses Bestreben besitze, sich in ihrer Totalität wieder herzustellen, im Speciellen zu begründen versucht. An Schopenhauer schloss sich im Allgemeinen auch Szokalski an (Ueber die Empfindungen der Farben u. s. w. Giessen 1842. Die Abhandlung war 1838 bereits der Pariser Akademie überreicht). Er rechnete Schwarz und Weiss zu den Farben und liess Grau aus der Mischung von Roth, Gelb und Blau hervorgehen, im Uebrigen aber bestreitet er entschieden die Meinung der Physiker, die Wahrnehmung der Farben liesse sich durch Formeln mit + und — erklären. In ganz ähnlichem Sinne, wiewohl in anderer Ausdrucksweise, hat auch Mach (Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wissensch. Mathemat.-naturw. Klasse LI. 2. Abth. p. 485. Wien 1865) bei seinem Studium der Nachbilder eine eigenartige Thätigkeit der Netzhaut statuirt. Mach ist zwar Anhänger der Young'schen Theorie, findet es aber bedenklich, Blau und Gelb nicht als eigene Farbenempfindung gelten zu lassen, ja er ist sogar geneigt, auch für die Empfindung von Weiss und Schwarz

einen besondern physiologischen Reiz in der Netzhaut zu statuiren. Mach setzt eine Wechselwirkung benachbarter Netzhautstellen voraus, um das gesetzmässige Auftreten der subjektiven Gegenfarbe zu deuten, er citirt die anatomischen Untersuchungen Ritter's über den Bau der Netzhaut, denen zufolge eine Körnerzelle etwa mit 7 Stäbchen, dagegen eine Ganglienzelle mit 13 Körnerzellen verbunden sei, somit etwa eine Nervenfasern mit etwa 100 Stäbchen in Verbindung stehe.

Mit der noch unter einiger Reserve ausgesprochenen Annahme, dass auch der Schwarz-Weiss-Empfindung ein besonderer physiologischer Vorgang in der Sehsubstanz zu Grunde liege, ist Mach der unmittelbare Vorläufer von Hering geworden. Wenigstens konnten wir zwischen der Publikation des Erstern und den Schriften des Letztern — mit alleiniger Ausnahme der schon erwähnten Ansicht Woinow's — keine Beweisstücke für anderweit geltend zu machende Ansprüche auf die Aufstellung einer fundamental verschiedenen Hypothese gegenüber der Young'schen Theorie auffinden.

Hering hat seine Untersuchungen über die Physiologie des Sehorgans in 6 Mittheilungen „Zur Lehre vom Lichtsinn“ niedergelegt, die in den Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wissensch. im Jahre 1874 veröffentlicht sind. Hier interessirt uns nur die 4. Mittheilung: „Ueber die sogenannte Intensität der Empfindung und über die Empfindung des Schwarzen“ (a. a. O. Bd. LXIX. Abth. 3) und die 6. Mittheilung: „Grundzüge einer Theorie des Farbensinns“ (Das. Bd. LXX. Abth. 3).

H. leugnet zunächst ganz entschieden, dass die Empfindung des Schwarz sich durch das Fehlen von Licht erklären lasse, sei Schwarz nur die Negation von Licht, so könne man auch Grün als Abwesenheit von Roth, oder die Seh-Empfindung der Gestalt einer Kugel als die Abwesenheit der Empfindung eines Würfels definiren. Schon der Sprachgebrauch unterscheide zwischen „Hell“ und „Dunkel“ einerseits, „Weiss“ und „Schwarz“ andererseits. Das im Dunkel ausruhende Auge habe eine ganz andere Empfindung als die des „Schwarz“. Die Empfindung des „Schwarz“ komme erst unter dem Einflusse des Lichtreizes voll und ganz zu Stande, wie Jeder

wisse, der eine schwarze Fläche auf oder neben einer weissen betrachte. Wie die schwarze durch die weisse Empfindung gesteigert werde, so erscheine auch eine weisse Fläche allein weniger hell, als wenn man sie mit einem schwarzen Strich einrahme. Den Uebergang von Weiss zum Schwarz bezeichnet H. als die „*schwarzweisse Empfindungsreihe*“. Weiss und Schwarz zusammen können sich nicht aufheben, wie gleichwerthige Plus und Minus in der Mathematik, sondern sie bedingen eine neue Empfindung.

Weiss und Schwarz tritt daher bei H. voll zu den zwei andern paarig geordneten farbigen Grundempfindungen (Blau und Gelb, Grün und Roth) der Sehsubstanz. H. hat mit der Anschauung der Physik vollständig gebrochen, nur darin unterscheidet er sich von Göthe, dass es ihm nicht beikommt, von seinem physiologischen Standpunkte aus die Lehren der Physik über das Wesen des Lichts bekämpfen zu wollen. Wiewohl die Sehsubstanz etwas Hypothetisches noch ist, so muss sie doch nothwendig in die Netzhaut verlegt werden, hier, nicht erst im Gehirn, geht der Process vor sich, der die farbige Empfindung bedingt.

Die neuere Physiologie kann sich jede Funktion nur als Stoffverbrauch denken, welchem ein Stoffersatz stets parallel geht. Dieser Anschauung sich anschliessend, fasst auch Hering die drei paarigen Grundempfindungen als die Wirkung qualitativ verschiedenen Verbrauchs und Ersatzes der Sehsubstanz auf. Der Stoffwechsel in derselben zerfällt in einen *Dissimilirungs-* und einen *Assimilirungs-*Process, welchem in der Empfindung eine Dissimilirungs- und Assimilirungsfarbe (kurz: D-Farbe und A-Farbe) entspricht. Wenn an einer Stelle der Netzhaut durch helles Licht z. B. die Sehsubstanz verbraucht wird, so entsteht die Empfindung des „Weiss“, diese Weiss-Empfindung ist aber um so stärker, wenn in der Nähe die Sehsubstanz nun relativ stärker sich anhäuft, hier also die Schwarz-Empfindung hervorgerufen wird. Weiss ist demnach die D-Farbe, Schwarz die A-Farbe.

Auch die Empfindung von Roth und Grün, Gelb und Blau entsteht durch Abnahme und Zunahme des jedem dieser Farbenpaare zugehörigen Antheils der Sehsubstanz. Doch ist H. noch unentschieden, welche hier die D- und welche die A-Farbe sei. Happe

(a. a. O. p. 41) meint, dass in dem einen Paare Grün, in dem andern Blau die A-Farben seien, während in jenem die rothen, in diesem die gelben Strahlen den Dissimilirungsprocess bewirken.

Zwischen Roth und Grün, Blau und Gelb giebt es aber keine stetige Reihe von Empfindungen, wie die grauen Uebergänge beim Schwarz-Weiss, deshalb nennt jene H. *antagonistische* oder *Gegenfarben*. Um z. B. vom Roth zu Grün zu gelangen, muss man entweder die blaue oder die gelbe Grundempfindung zu Hülfe nehmen, also Rothblau-Blaugrün-Grün oder Rothgelb-Gelbgrün-Grün.

Die Sehsubstanz zerfällt demnach nach Hering eigentlich in drei Substanzen, eine farblose und zwei farbige. Die erste, die für die schwarzweisse Empfindungsreihe bestimmt ist, ist am reichlichsten vorhanden, die beiden andern für sich wahrscheinlich wieder in ungleicher Menge.

Alle Lichtstrahlen, die im Spectrum vorhanden sind, wirken dissimilirend auf die schwarzweisse Sehsubstanz ein, aber die verschiedenen Lichtstrahlen in verschiedenem Grade. Auf die blaugelbe und auf die rothgrüne Substanz wirken gewisse Strahlen dissimilirend, andere assimilirend, noch andere gar nicht.

Eigentlich sehen wir nach H. drei Spectra über und durch einander gelegen. Für die schwarzweisse Substanz ist der Theil des Spectrum am hellsten, wo wir Gelb empfinden, sowohl nach links als nach rechts erscheint es allmählig dunkler. Das Spectrum der blaugelben Substanz zerfällt in einen gelben und einen blauen Theil, zwischen welchen ein für diese Substanz lichtloser Abschnitt eingeschoben ist, hier empfindet das Auge das reine Grün. Das Spectrum der rothgrünen Substanz hat einen mittlern, grünen und zwei rothe Endtheile, dazwischen liegen zwei für diese Substanz lichtlose Stellen, wo das Auge Gelb und Blau wahrnimmt.

Gemischtes Licht erscheint farblos, wenn es sowohl auf die blaugelbe, als auf die rothgrüne Substanz gleich stark dissimilirend und assimilirend wirkt. Dann bleibt eben nur die Wirkung auf die schwarzweisse Substanz übrig. Die Empfindung des „Weiss“ entsteht daher nach H. nicht durch eine Summirung aller farbigen Empfindung, sondern durch den übrigbleibenden Rest, nachdem in

den beiden farbigen Sehsubstanzen die Wirkung auf die D- und die A-Farbe sich gegenseitig aufgehoben.

Einer spätern Mittheilung (Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben. Jahrb. f. Naturwissensch. „Lotos“ N. F. I. 1880) entnehmen wir noch die Erklärung einiger von Hering erfundener Kunstausdrücke. Er nennt das Vermögen der Lichtstrahlen, die weisse Empfindung zu fördern, die *weisse Valenz*; ferner fasst er die Strahlen vom äussersten Roth bis zum Grün unter der Bezeichnung der Strahlen von *gelber Valenz*, die Strahlen vom Grün bis zum violetten Ende als Strahlen von *blauer Valenz* zusammen. Unter *Aequivalenz* versteht H. solche Farbenmischungen, welche, wiewohl aus Farben verschiedener Wellenlänge bestehend, doch unter Umständen gleiche Empfindung hervorrufen, z. B. Weiss und Grün, Weiss und Roth die Empfindung des Gelb. Diese sind „gleichfarbig äquivalent“, während eine für sich rein gelbwirkende Mischung mit einer andern für sich rein blau wirkenden Mischung „gegenfarbig äquivalent“ sind, d. h. sich in Bezug auf Blau und Gelb aufheben, aber ihre weissen Valenzen summiren.

Prof. Weinhold in Chemnitz hat diese Theorie mit der vorigen dadurch zu vereinigen gesucht, dass er die Empfindung des Roth, Grün und Violett zwar auch von einem Dissimilirungsprocess in der Sehsubstanz abhängig macht, den Assimilirungsprocess jedoch stets die Empfindung des Dunkeln erzeugen lässt. Ein bestimmtes Mengenverhältniss dieser dreierlei Dissimilationen nebst den entsprechenden Assimilationen würde der Empfindung des Weiss entsprechen. Es scheint indess dieser Vermittelungsvorschlag keinen Anklang gefunden zu haben, weshalb auch nur noch auf die Quelle (Annal. der Physik und Chemie. Jahrg. 1877. pag. 631) verwiesen werden mag.

3) *Andere Theorien über Farbenempfindung.* Es würde viel zu weit führen, frühere Ansichten hier zu reproduciren, die kaum noch ein historisches Interesse erwecken. Szokalski hat die bis zu seiner Zeit zur Erklärung der Farbenblindheit ausgesprochenen Vermuthungen (a. a. O. p. 118 fig.) zusammengestellt, ebenso hat Helmholtz in seiner physiol. Optik p. 267 — 272 mit ausführlichen Quellenangaben dieses Thema erschöpft. Auch Göthe's Farbenlehre enthält eine Menge Notizen von den ältesten Zeiten an bis Ende des vorigen Jahrhunderts. Es bleibt daher nur noch

übrig, einige erst in der jüngsten Zeit ausgesprochene Meinungen in aller Kürze zu erwähnen.

Während Brücke geneigt ist, den Stäbchen überhaupt jede Mitthätigkeit bei der Farbenempfindung abzusprechen (Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien, mathem.-naturw. Kl. III. Abth. 1879. Juli-Heft), will Lederer, österr. Marinearzt (Kosmos Bd. IV. Jahrg. 1879. März. p. 438—457), den Stäbchen und den Zapfen je eine besondere Art von Farbenempfindung zuertheilen. Die Zapfen sollen Roth und Blaugrün, die Stäbchen Violett und Gelbgrün der Empfindung übermitteln, die Grünempfindung durch Erregung beider Netzhautelemente entstehen. Lederer knüpft eigentlich an die ältern Anschauungen zu Newton's Zeiten an, wo man in der Farbenreihe eine Analogie mit der Tonleiter suchte, wie dies auch in unserer Zeit Unger in dem Bestreben, eine Farbenharmonie herzustellen, die den Künstler ebenso wie den Physiologen befriedigen sollte, gethan hatte. Lederer lässt die Aetherschwingungen als solche direkt Schwingungen der Netzhautelemente hervorrufen, die dickern Zapfen reagiren auf die langsamern, die dünnern Stäbchen auf die schnellern Lichtwellen. Die gemischten Farbenempfindungen erklärt L. durch den verschiedenen Schwingungsrhythmus und die Contrastfarben ähnlich wie das Mitklingen oder Nachklingen anderer, aber bestimmter Töne, wenn eine Saite angeschlagen wird. (Bei Wartmann und bei Kelland finden sich sehr ähnliche theoretische Vorstellungen.)

Galezowski nimmt an, dass jeder Lichtstrahl, der durch einen Zapfen der Retina hindurchgeht, auf diesem Wege in die sieben Farben des Prisma's zerlegt werde, sodass an der Basis des Zapfens ein Ring mit sieben concentrischen Farbkreisen entstehe. Dieser Ring werde aber einfach als weiss gesehen, weil auch die Empfindung die zerlegten Strahlen wieder componire. Treffe nur ein farbiger Strahl den Retina-Zapfen, so entstehe auch nur ein farbiger Kreis, der auch als solcher gesehen werde. Gemischte Farben würden auch beim Durchgang durch den Zapfen zerlegt, aber in der Empfindung wieder zusammengesetzt.

Ferner hat der selbst farbenblinde Prof. Delboeuf in Lüttich, dem wir weiter unten noch begegnen werden, die Netzhaut sich als

schwingende Membran vorgestellt, welche durch die kurzwelligen Strahlen in schnelle, durch die langwelligen in langsamere Bewegung versetzt werde. Die natürliche Elasticität der Netzhaut, um so zu sagen, entspricht denjenigen Schwingungen, welche die Empfindung des Grün hervorrufen. Allen andern Aetherwellen setzt die Netzhaut einen mehr oder weniger grössern Widerstand entgegen, indem sie entweder entspannt oder stärker gespannt werden muss. Grün ist daher nach Delboeuf eigentlich die Normalempfindung. Setzt man diese = 9, so wird es nur einer geringen Abweichung bedürfen, um den Werth von 10 (= Blau) oder von 8 (= Gelb) zu erhalten. Eine stärkere Aenderung des Spannungsgrades ist dann 11 (= Indigo) und nach der andern Seite hin 7 (= Orange), während die stärkste Anspannung 12 = Violett, die stärkste Abspannung der Zahl 6 = Roth entspricht. Seine eigene Rothblindheit erklärt D. dadurch, dass seine Netzhaut eine besonders gesteigerte Elasticität habe, welche die für die Rothempfindung nothwendige Abspannung nicht zulasse.

Wenn sowohl Young und Helmholtz als Hering in ihren, wenn auch sonst sehr verschiedenen Theorien die Lehre von der „specifischen Energie“ der Sinnesnerven weiter ausgebildet hatten, so haben neuerdings zwei andere Forscher sich zu einer einfachern Auffassung der Farbenempfindung hingeneigt. Diese sind Wundt und Krenchel. Beide protestiren gegen farbige Grundempfindungen, mögen sie nun bestimmten Nervenfasern oder verschiedenen Qualitäten der Sehsubstanz anhaften.

Wundt in seinen Grundzügen der physiologischen Psychologie (2. Aufl. Leipzig 1880. Bd. I. p. 454 flg.) unterscheidet lediglich eine chromatische und eine achromatische Erregung des Sehorgans, von denen die letztere für sich allein, die erstere dagegen nie ohne die letztere stattfinden könne. Diese Erregung ist chemischer Natur, die farblose Erregung entspricht einem einfachern, die farbige einem mannigfaltigen chemischen Vorgang. Dieser chemische Vorgang wird ein anderer, wechselnder, wenn die Länge der Aetherwellen sich verändert. Die Eintheilung in Hauptfarben und gemischte Farben u. s. w. ist nach Wundt keine physiologische, da die ver-

schiedenen Oscillationen des Aethers in ihrer Wirkung auf das Sehorgan an sich gleichwerthige Grössen sind.

Krenchel verwirft in seiner Arbeit über die Hypothesen von Grundfarben (Arch. f. Ophthalmol. XXVI. 1. p. 91. 1880) jede besondern Organe zur Differenzirung, denkt sich vielmehr in dem Theile des Gehirns, wo die Sehempfindung vor sich geht, die Moleküle derartig gelagert, dass sie allseitig beweglich sind. Die Angriffspunkte der farbigen Strahlen denkt er sich der Art, dass die des rothen und des grünen Lichtes, sowie die des blauen und des gelben gerade entgegengesetzt, jeder Angriffspunkt der einen von dem der andern dieser 4 Farben um den 4. Theil des Umfangs des Moleküls entfernt ist. Die Drehung des Moleküls nach der einen Richtung und die nach der entgegengesetzten entspricht den Contrastfarben; werden 2 entgegengesetzte Punkte des Moleküls gleichzeitig getroffen, so findet keine Drehung, sondern eine Fortbewegung statt, die der Empfindung des Weiss entspricht. Die Nervenfasern sind nach Kr. im Stande, alle Lichtqualitäten den Sehmolekülen zu übermitteln, gerade so wie die Drähte des Telephon alle Tonwellen ohne Unterschied leiten.

W. Preyer endlich hat in einer umfänglichen, vorwiegend kritischen Arbeit: „Ueber den Farben- und Temperatur-Sinn mit besonderer Rücksicht auf Farbenblindheit“ (Arch. f. Physiol. XXV. 1. 2. p. 31 — 100. 1881), in welcher er die Young'sche Hypothese vollständig, die Hering'sche zum Theil verwirft, eine Art Modifikation der letztern zu begründen versucht. Er geht davon aus, dass die Stäbchen lediglich die Licht-, die Zapfen aber sowohl die Licht- als auch die Farbenperception zu vermitteln vermögen. Jede Opticusfaser ist mittels einer Ganglienzelle der Netzhaut mit einem *Zapfenpaare* verbunden, der eine Zapfen vermag nur durch warmfarbige (anachromatische), der andere nur durch kaltfarbige (katachromatische) Strahlen erregt zu werden, oder, mit andern Worten, es ist je ein Rothzapfen mit einem Grünzapfen, und ein Gelbzapfen mit einem Blauzapfen durch eine Ganglienzelle verbunden. Im normalen Auge sind diese Zapfen gleichmässig vertheilt, nur an der Peripherie der Netzhaut fehlen die Rothgrünzapfen. Die Ganglienzelle der Netzhaut dient dazu, die Empfin-

dungen zu sondern. Die Ganglienzellen stehen wieder für sich mit den Sehnervenfasern, letztere mit den Ganglienzellen des Gehirns in Verbindung, wo diese gesonderte Erregung als Farbe empfunden wird. Wenn complementare Strahlenpaare gleichzeitig einwirken, so wird Weiss oder Grau empfunden. Das Violett des Physikers ist für Pr. nur eine Mischfarbe von Roth und Blau, welche durch Ueberwiegen des Roth zum Purpur wird. Braun entsteht durch Zusammensein von zwei warmen Farben bei geringer Helligkeit oder durch Verdunkelung des rothen Spectrumendes.

B.

Die Farbenblindheit.

1) Frühere Kenntnisse über angeborene Farbenblindheit.

Es ist nicht die Absicht, das schon wiederholt zusammengetragene casuistische Material hier nochmals zu gruppieren. Doch mögen wenigstens einige Data hervorgehoben werden.

Das älteste Beispiel, was man bis jetzt aufgefunden hat, ist von H u d d a r 1777 in dem 67. Bande der Philosoph. Transact. mitgetheilt. Es betrifft einen Schuster, Harris mit Namen, der als 4jähr. Knabe auf seine Anomalie aufmerksam geworden war, als er einen Strumpf auf der Gasse gefunden hatte, den Andere roth nannten, während er nichts Besonderes an ihm wahrnehmen konnte. Später merkte er auch, dass er die Kirschen¹⁾ nicht auf dem Baume sah, weil er sie nicht von den Blättern zu unterscheiden vermochte. Nach den Versuchen, die man später mit dem sehr intelligenten Manne anstellte, scheint ihm für Farben das Unterscheidungsvermögen überhaupt gefehlt zu haben, er vermochte zwar einfarbige Bänder von buntgestreiften zu unterscheiden, aber die Farben der letztern doch nur nach ihrer Helligkeit als different wahrzunehmen. Zwei seiner Brüder hatten dieselbe Anomalie, während zwei andere Brüder und die Schwester normalen Farbensinn hatten.

Diese Beobachtung ist 1779 in dem XIII. Band von R o z i e r's früher schon citirtem Journal referirt. Hier findet sich die auffällige Angabe, dass die fragliche Anomalie nicht so selten sei, wobei auf

1) Diese Angabe, noch öfter aber die, dass das Erdbeerensuchen solchen Farbenblinden besonders schwierig sei, findet sich wiederholt in solchen Fällen, wo die Anomalie während der Kindheit entdeckt wurde.

das Beispiel des Malers *Calardeau* hingewiesen wird, der in sein eigenes Portrait Gelb auf Blau, Roth neben Grün malte, ohne es zu merken, und am Schlusse folgt noch die interessante Bemerkung, welche bezeugt, wie klar *Rozier* diese Sache auffasste. Er sagt, es gebe Menschen, „denen die Natur zweifarbig“ zu sein scheine, bez. Solche, für welche die Farben nur „Degradationen“ des Lichts oder Nüancen von Schwarz oder Weiss seien. Diese Bemerkung streift nahe an die von *Herschel* im Jahre 1826, welcher nach Untersuchung eines Roth-Grünblinden mittels polarisirten Lichtes ausdrücklich constatirte, dass nur die gelben und die blauen Strahlen empfunden wurden. (Die Beobachtung selbst findet sich ausführlich excerptirt bei *Szokalski* a. a. O. p. 81.)

Unter den wenigen Beispielen, die dann noch im vorigen Jahrhundert erzählt werden, ist das von *Dalton*, dem engl. Chemiker, am bekanntesten. Er hat für die Franzosen der Anomalie den Namen geliefert. Er war es wohl zuerst, der seinen Farbensinn am Spectrum prüfte und fand, dass die Reihe vom Roth bis zum Grün ihm einfarbig, und zwar wie Gelb erschien. Die andere Hälfte des Spectrum erschien ihm Blau, nur dass ihm der violette Abschnitt etwas dunkler vorkam als der rein blaue. Einer seiner Brüder war ebenfalls rothblind, D. fand dann mehrere seiner Schüler mit ähnlichem Fehler behaftet. Ueber das Anekdotenhafte kamen aber auch die spätern casuistischen, meist aus England stammenden Mittheilungen nicht viel hinaus. Auch *Göthe*, der 2 Farbenblinde selbst untersuchte, vermochte sich aus der verwirrten Nomenclatur solcher Personen nicht herauszufinden und wurde erst von *Schiller* darauf aufmerksam gemacht, dass denselben der Sinn für Blau fehle, weshalb nun G. den Namen *Akyanoblepsie* erfand. [Wir wissen jetzt, dass seine Blaublinden thatsächlich rothblind waren.] Doch hat G. auf die methodische Untersuchung solcher Personen ausdrücklich gedrungen, auch als der Erste die Verwechslungsfarben auf Tab. 1 seiner Farbentafeln colorirt.

Erst *Purkynje* und *Seebeck* suchten nach einer einheitlichen Gruppierung. Letzterer insbesondere hat nicht nur die früheren zerstreuten Beobachtungen gesammelt, sondern auch zahlreiche eigene Untersuchungen gemacht, indem er darauf ausging, die Häufigkeit

des Vorkommens dieser Anomalie zu ermitteln, daher auch Reihen von Gesunden untersuchte (Poggend. Annalen Bd. 42. 1837). Seebeck experimentirte mit farbigen Papieren, farbigen Gläsern, zuweilen auch mit prismatischen und Interferenzfarben. Gefärbte Wollenproben macht er ebenfalls namhaft, während er Seide wegen ihres Glanzes verwirft. Er hebt ganz besonders hervor, dass man aus der Bezeichnung, die der Farbenblinde den Objekten giebt, keinen Schluss auf die Art der Anomalie machen dürfe. Sondern man solle die Farbenblinden die farbigen Gegenstände nach ihrer Weise ordnen lassen, eventuell solle man eine dritte Farbe noch hinzunehmen, die für das normale Auge einer der beiden Verwechslungsfarben sehr ähnlich sieht. Indem er die von Farbenblinden einer Art geordneten Reihen den Farbenblinden einer andern Gruppe vorlegt, sind ihm die charakteristischen Unterschiede nicht entgangen. Blau- (Violett-) Blindheit scheint S. nicht gekannt zu haben, vielmehr gehören seine Fälle den beiden Gruppen an, die wir jetzt als Roth- und Grünblindheit (alias: Roth-Grün-Blindheit mit und ohne Verkürzung des Spectrum) bezeichnen. S. weiss, dass bei der einen Gruppe das mit Grün verwechselte Roth weniger Gelb enthält, als bei der andern, bei letzterer ist das Spectrum am rothen Ende verkürzt, bei ersterer nicht. Der Rothblinde stellt Rosa mit Bläulich-Grün, Grasgrün mit Dunkelzinnoborroth zusammen; der Grünblinde Rosa mit Himmelblau und Grasgrün mit Orange. S. ermittelt auch (und bemerkt, dass sein Vater 20 Jahre früher dasselbe beobachtet), dass durch farbige Gläser der Farbenblinde ein viel besseres Unterscheidungsvermögen für Farben und Farbentöne erhalte, und unterscheidet dabei weiter, dass die Farbenblinden ohne verkürztes Spectrum am rothen Ende durch rothe oder grüne, die Farbenblinden mit verkürztem Spectrum durch orangefarbene Gläser am besten Verwechslungen vermeiden können.

Die schon bei der ersten Beobachtung constatirte *Heredität* wurde von S. durch weitere Nachweise sicher gestellt. Die Anomalie kann vom Vater auf den Sohn übergehen, aber auch vom Grossvater auf den Enkel überspringen. Sie kann sich bei mehrern Brüdern desselben Stammes finden, oder auch bei Neffen, deren Mütter Schwestern sind. Die Seltenheit der Anomalie beim weiblichen Geschlecht wird durch die von S. gesammelten und von ihm selbst

ermittelten Farbenblinden bezeugt. Seine Farbenblinden waren, ebenso wie die in England ermittelten, meistens Blondins mit blauen Augen, doch legt er darauf keinen grossen Werth, da in seiner Gegend überhaupt nur wenig Brünette waren.

Wir sehen somit in Seebeck's Mittheilungen den grössten Theil Dessen constatirt und vorbereitet, was wir heute über Farbenblindheit wissen. Es ist daher nur recht und billig, dass nach seiner Methode auch die spätern Untersucher sich richteten und sie gewissermaassen die schulgemässe wurde. Wie dem Verfasser aus der Ruete'schen Klinik bekannt ist, so sind gewiss auch anderwärts (von der v. Graefe'schen Klinik wird es durch Hirschberg wiederholt erwähnt) in jedem Semester die Studirenden, gelegentlich auch andere Personen, auf ihren Farbensinn geprüft und dabei der Eine oder der Andere als farbenblind erkannt worden.

Seebeck selbst hat sich jeder Theorie enthalten. Seine unmittelbaren Nachfolger, der schon oben erwähnte Szokalski und Wartmann in Genf (Letzterer in zwei Aufsätzen über den Daltonismus 1844 und 1849) haben die Beobachtungen nochmals gesammelt und möglichst mit den Vorgängen, die sie sich bei der Farbenempfindung als annehmbar dachten, in Einklang zu bringen gesucht. In Szokalski's Schrift kann man auf S. 118—124 eine Sammlung der bis zu seiner Zeit aufgestellten Theorien nachlesen, wobei zu bemerken, dass Sz. auch Young gekannt hat. Er selbst hält nichts von den Ansichten, die die Farbenempfindung in die Retina verlegen, sondern ist Anhänger der Gall'schen Lehre, wobei er sich auf Herschel stützt, und versetzt somit den Differenzirungsvorgang in das Gehirn selbst.

Die Casuistik wurde mehrfach bereichert, die Fälle wurden mit mehr oder weniger Zwang dem Schema Seebeck's oder Szokalski's einzureihen gesucht. Es interessirt uns hier nur eine Beobachtung von Cunier (Ann. d'Ocul. I. p. 417. 1838), weil dieselbe im Widerspruch steht mit der Annahme der Vererbung vom Vater auf den Sohn, oder durch die normalsichtige Tochter auf den Enkel. Bei ihr handelt es sich um eine *Vererbung* von der *Mutter* auf die *Tochter* in fünf Generationen, während die Söhne freiblieben: insgesamt 12 farbenblinde Frauen, die nicht kirschroth von blau unter-

scheiden konnten. Fünf stammten von einer und derselben Mutter, sämtliche 8 männliche Glieder der Familie waren nicht farbenblind.

Ein Fortschritt seit Seebeck ist aber im Grunde nicht zu verzeichnen, weder wurden die Methoden verbessert, noch suchte man die Terminologie von den Angaben der Farbenblinden selbst genügend freizumachen. Daher kommt es, dass in den meisten Geschichten die heitre Seite hervortritt; es macht besonders Vergnügen, wenn ein Farbenblinder, ohne es zu merken, einmal eine grüne Uniform statt der rothen anzieht, wenn ein Anderer einen Pflanzenstengel mit einer Stange Siegellack, oder eine Gurke mit einem gesottenen Krebse verwechselt, ein Dritter seiner Frau ein ganz anders gefärbtes Kleid einkauft als er eigentlich gewollt hat, ein Vierter sich wundert, warum man das Getreide im Frühling grün und im Herbst gelb bezeichnet, ein Fünfter angiebt, dass die Farbe einer Wiese, einer Rose und eines Esels ihm eigentlich dieselbe zu sein scheine, ein Sechster erklärt, dass er Gefahr laufe, rothe und schwarze Tinte zu verwechseln u. dgl. mehr.

Dass die Farbenblindheit auch eine *praktische* Seite haben könne, findet sich ganz ausdrücklich erst bei George Wilson (geb. 1818, gest. 1859) hervorgehoben. Seine Hauptarbeit ist im Edinb. Monthly Journ. 1853/1854 zuerst veröffentlicht und 1855 in Buchform erweitert erschienen. Er kennt die totale Farbenblindheit und die Formen der Roth-Grünblindheit aus eigener reicher Erfahrung, aber nicht die Blaugelb-Blindheit; am meisten Schwierigkeiten bereiten ihm die Fälle, in denen Roth mit Schwarz verwechselt wird. W. hat zuerst Massenuntersuchungen gemacht und mehr wie 1000 Personen, namentlich Soldaten, auf ihre Farbenempfindung geprüft (vgl. weiter unten). Wenn noch vor Kurzem die Farbenblindheit Gefahr lief, für eine Art Rückfall in prähistorische, oder in die Zeiten Homer's erklärt zu werden, so hielt W. diese Anomalie eher für eine Acquisition der modernen Civilisation, namentlich unter dem düstern, nordischen Himmel, während ihm die Südländer, insbesondere auch die Asiaten als Blumenzüchter, Weber und Färber seit jeher als besonders mit farbenkräftigen Augen ausgestattet erscheinen, und die Wilden Afrika's und Amerika's durch ihren Waffen- und Feder-schmuck, ihre Tätowirung und dergl. einen gleichen Vorzug beur-

kunden¹⁾. Seine Massenuntersuchungen lehrten ihn die bedeutende individuelle Verschiedenheit der Fälle; von der Nomenclatur der Farbenblinden hat sich W. möglichst freizuhalten gewusst, trotzdem aber fand er auf objektivem Wege die grössten Differenzen, welche die Einreihung in ein Schema erschwerten. Als *die Grenzen der Farbenblindheit nach der normalen Seite hin* betrachtet W. solche Fälle, in denen *Incarnat mit Blassblau oder mit Blassgelb*, ferner *Olivengrün mit Braun* verwechselt wird.

Wiewohl W. ausdrücklich bemerkt, dass die Unterscheidung zwischen rothem und grünem Licht für den Farbenblinden in der Nacht keine solche Schwierigkeit mache als am Tage, hat er doch *als der Erste* die praktische Wichtigkeit für den Signaldienst erkannt und die Anstellung von gewissen Kategorien der Eisenbahnbeamten von einem intakten Farbensinn abhängig zu machen den Rath gegeben.

In dieser Weise ist W. der wirkliche Vorläufer der Bestrebungen in den letztvergangnen Jahren geworden. Durch die Wahl der gefärbten Wollgarne zur Prüfung hat er gleichzeitig den rechten Weg gewiesen, da sich mit diesem Material eine grössere Auswahl von Farben erzielen lässt, als mit den seit Seebeck üblichen Papiermustern. Auch hat W. zur Abkürzung und Vereinfachung der Prüfung für *solche Fälle bereits vorgeschlagen, aus den Proben nur die grünen und rothen Farben heraussuchen zu lassen; auch war ihm bekannt, dass sich das farbenblinde Auge am leichtesten durch eine Verwechslung der lichten Schattirungen der Hauptfarben verrathe.*

Wilson's Arbeiten blieben unbeachtet. Ob in Schottland, bez. in England auch andre Eisenbahnverwaltungen damals, mit Ausnahme der einen von ihm selbst genannten, von seinen praktischen Vorschlägen Notiz genommen, ist mir nicht bekannt, so viel ist aber sicher, dass die Ophthalmologen in der 2. Hälfte der 50er und in

1) Die frühesten Untersuchungen an Farbigen sind wohl von B. A. Gould unter amerikanischen Soldaten angestellt worden. Er fand unter 8089 weissen Soldaten 178 farbenblind, unter 508 Negern nur 17, unter 512 Indianern nur 6 und unter 666 Mulatten nur 2 Farbenblinde. (Investigations in the military and anthropological statistic of american soldiers. pag. 543. New-York. 1869.)

den 60er Jahren sich nur äusserst wenig mit dieser Frage beschäftigt haben und dann auch nur, auf Grund der Arbeiten von Maxwell, nach exakt wissenschaftlichen Formeln für das Sehen der Farbenblinden suchten. Man wird auch die Abwendung von der Beschäftigung mit den rein funktionellen Störungen des Sehorgans nur zu natürlich finden in einer Zeit, wo Tag für Tag der Augenspiegel neue Thatsachen an's Licht brachte und neue Räthsel aufgab. Wie sollte eine Anomalie zur Forschung besonders reizen, bei der eben der Augenspiegel nichts erkennen liess, wie sollte diess geschehen in einer Zeit, wo man die Capitel über Amblyopie und Amaurose in den Lehrbüchern lieber einfach gestrichen hätte. Es musste in erster Linie die ganze Wucht der Bestrebungen in der öffentlichen Hygiene hinzukommen, in der Nervenpathologie mussten die Fragen über von Geschlecht zu Geschlecht übertragbare Störungen diskutirt werden, die Geheimnisse des Lebens musste man nach einer neuen Formel der allmäligen Entwicklung zu enträthseln suchen — ehe man auch diese längst vergessenen Curiositäten aus den Gräbern hervorholte. Denn es ist sehr bezeichnend für den Mangel an historischem Sinn in dem Forschungstrieb unsrer Tage, wenn wir bei Holmgren das Geständniss lesen, dass er erst nach dem Abschluss seiner Untersuchungen in die Arbeiten Wilson's, Favre's und Stilling's Einsicht genommen und dass auch sonst verschiedene Beweise (z. B. Cohn's Behauptung, Fälle angeborener Farbenblindheit seien noch nirgends beschrieben) sich dafür finden, wie längst bekannte Dinge auf's Neue entdeckt wurden.

Wenn aber Wilson's rein praktische Bestrebungen 20 Jahre lang an den Aerzten trotz zahlreicher Referate in französischer und deutscher Sprache spurlos vorübergegangen sind, wenn auch Frommüller's Hinweis im Jahr 1862 (Memorabil. VII. 7) auf die Wichtigkeit normalen Farbensinns für das Erkennen von Signalen unbeachtet blieb, ist es wohl zu verwundern, wenn Holmgren's Arbeiten nicht im Sturme die Verwaltung der Eisenbahnen eroberten und man der Eilfertigkeit: „Gefahren zu beseitigen, welche in jedem Augenblicke unzählige Menschenleben bedrohen“¹⁾ einigermaassen mit Kopfschütteln

1) Worte Holmgren's aus der Streitschrift gegen Cohn, p. 6.

antwortet? Denn das muss doch wohl zugestanden werden: in dieser Fassung ist der Satz eine Uebertreibung. Nicht die angeborene Farbenblindheit bietet die grosse Gefahr, da es recht wohl bekannt ist, dass der angeborenen Farbenblinde sehr oft ein feines Differenzierungsvermögen besitzt, oft ein feineres als der Normalsichtige. Die grössere Gefahr liegt in der erworbenen Farbenblindheit, um diess gleich hier zu sagen, da solche Personen erst sich neue Unterscheidungsmerkmale bilden müssen, die der von Geburt Farbenblinde unbewusst verwendet. Wie häufig aber die erworbene Farbenblindheit als *einziges* Anfangssymptom einer Abnahme des Sehvermögens überhaupt vorkommt, dafür fehlt jede Unterlage¹⁾, gewiss aber ist sie viel seltner als die angeborne, namentlich wenn man zu letzterer auch die schwächeren Grade des mangelhaften Farbensinns rechnet.

2) Der jetzige Stand der Frage.

Literatur. (Ausser der im Text erwähnten.)

Stilling, J., Beiträge zur Lehre von den Farbenempfindungen. Ausserord. Beilageh. zu d. Klin. Mon.-Bl. f. Ahkde. I. II. III. 1875. 1876.

Stilling, J., Ueber das Sehen der Farbenblinden. Mit 4 Doppeltafeln in Oeldruck. Kassel 1880. Th. Fischer.

Magnus, Hugo, Die Farbenblindheit, ihr Wesen und ihre Bedeutung. Breslau 1878. Kern's Verlag.

Magnus, H., Beiträge zur Kenntniss der physiologischen Farbenblindheit. Berlin 1878. H. Peters.

Cohn, Hermann, Studien über angeborne Farbenblindheit. Breslau 1879. E. Morgenstern.

Kalischer, S., Die Farbenblindheit. Berlin 1879. Gust. Hempel. 16.

Mauthner, Ludw., Vorträge aus dem Gesamtgebiet der Augenheilkunde. 4. Heft. Wiesbaden 1879. J. F. Bergmann.

Reuss, A. v., Ueber Farbenblindheit. Wiener Klinik V. 3; März 1879. p. 65—100.

Gintl, Heinr. E., Die Farbenblindheit bei Eisenbahnbediensteten. Wien 1880.

1) Die Angaben von Galezowski (Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde. IV. p. 350. 1880) sind insofern hier nicht maassgebend, als unter den von dem Arzt behandelten Kranken viel öfterer Sehnervenleiden mit Störungen des Sehens und des Farbensinns, als angeborne Farbenblindheit auftreten.

Hilbert, Richard, Das Verhalten der Farbenblinden gegenüber den Erscheinungen der Fluorescenz. Königsberg 1882.

Kolbe, Bruno, Geometrische Darstellung der Farbenblindheit. Petersburg 1881.

Holmgren, Frithjof, Die Farbenblindheit in ihren Beziehungen zu den Eisenbahnen und der Marine. Deutsche autoris. Uebersetzung. Leipzig 1878. F. C. W. Vogel.

Favre, Réforme des Employés de Chemin de Fer affectés de Daltonisme. Lyon 1873.

Favre, Recherches cliniques sur le Daltonisme. Lyon 1878.

Moeller, Du Daltonisme au point de vue théorique et pratique. Etude critique des méthodes d'exploration du sens chromatique. Bruxelles 1879.

Giraud-Teulon, Des aberrations du sens chromatique ou du Daltonisme. Arch. gén. de méd. VII. 6. Sér. Janv., Févr. 1881.

Jefferies, Joy B., Color-Blindness, its dangers and its detection. Boston 1879.

a) *Die Arten und die Nomenclatur der Farbenblindheit.*

Ein Berichterstatter über die Fortschritte der Kenntnisse, welche man über die Farbenblindheit gewonnen hat, ist in einer schwierigen Lage, sobald es sich um die Symptomatik handelt. Die oben erwähnte Spaltung der Autoren über den Vorgang der Farbenempfindung ist auch die Ursache, dass die Eintheilung der Arten der Farbenblindheit je nach diesem Standpunkt verschieden ausfällt. Gewissermaassen wäre man, wenn man ganz unparteiisch bleiben will, gezwungen, die Symptomatik doppelt abzuhandeln, einmal im Young-Helmholtz'schen, einmal im Hering'schen Sinne. Will man sich ganz frei von der Theorie machen und sucht nur aus der vorhandenen Casuistik sich die Bilder selbst zu construiren, so ist man von der Mannigfaltigkeit der individuellen Abweichungen überrascht und scheut vor der Schwierigkeit, richtiger gesagt vor der Unmöglichkeit, zurück, denselben den spanischen Stiefel des Systems anzulegen. Auch wenn man nur die neuern, nach allen Regeln der Kunst Untersuchten durchmustert, kommt man zu dem Resultate, dass jeder einzelne Fall wieder sein Eigenes und Besonderes hat. Vorurtheilsfreie Beobachter, wie Rose, Woinow, Pflüger u. A., machen auf die grossen Schwierigkeiten wiederholt aufmerksam und doch hatten sie es mit intelligenten Personen zu thun, welche selbst ein

grosses Interesse daran hatten, ihren Fehler möglichst genau kennen zu lernen. Wie viel mehr noch werden Zweifel geweckt durch die Fülle der C o h n'schen Beobachtungen, bei denen man sehr oft gar nicht weiss, ob der Untersuchte auch nur im Entferntesten eine Ahnung von Dem gehabt hat, was er eigentlich thun oder lassen sollte, und daher je nach der Methodik der Untersuchung die sonderbarsten Confusionen begeht. Unwillkürlich hat sich der Verf. bei der Durchsicht dieser äusserst verdienstvollen Publikation mit ihren hundert Protokollen gefragt, ob man es wirklich nur mit Fehlern der Empfindung, nicht auch mit Fehlern des Urtheils zu thun habe, und gewünscht, dass man die Kinder in unsern Weberdörfern oder in den Orten mit Spielwaaren-Industrie, wo auch der Knabe von klein auf lernt, die farbigen Spulen zu sortiren, bez. selbst den Pinsel führt, einmal untersuchen möge, um zu sehen, ob wirklich auch hier die Farbenverwechslungen so häufig seien als bei den Schülern der Unterrichtsanstalten einer grossen Stadt.

M a g n u s z. B. belehrt uns nach H o l m g r e n (Die Farbenblindheit u. s. w. p. 18): „einem *Rothblinden* erscheine das spectrale Roth als ein gesättigtes, lichtschwaches Grün, das Gelb als lichtstärkeres, gesättigtes Grün, das Grün als eine zwar lichtstärkere, aber weissliche Abstufung derselben Farbe wie Roth und Gelb; der *Grünblinde* dagegen sehe das Roth des Spectrum als ein lichtschwaches, aber sehr gesättigtes Roth, das Gelb als ein lichtstärkeres Roth, das Grün als Weiss oder Grau. M a u t h n e r dagegen (Vorträge u. s. w. 4. Heft) demonstriert uns an einem typischen Rothgrünblinden, dass diese Kategorie das Spectrum bis zum Blau nur als Gelb in verschiedener Helligkeit empfinde und dass jeder Farbentüchtige sich diess mit Hülfe eines rothen Glases sofort selbst klar machen könne, da durch dasselbe auf dem Index der R a d d e'schen Tafel (s. unten) Nr. 1 Zinnober bis zum Gelb Nr. 7 in einer einzigen Farbe (gelb) erscheine, worunter Nr. 7 am hellsten gelb auftritt. S t i l l i n g bildet auf den Tafeln, welche seiner Schrift: „über das Sehen der Farbenblinden“ beigegeben sind, die Spectra mehrerer solcher Rothgrünblinden ab, in welchen die Uebergänge des Roth zum Orange im Sonnenspectrum gelblich-braun bis gelb und sogar schwarz bis braungelb erscheinen. P f l ü g e r endlich (Arch. f. Ahkde. IX. 4. p. 381 fig. 1880) protokolliert genau die Aussagen zweier

Farbenblinden, welche die Zumuthung, sie müssten das ganze Spectrum nur zweifarbig (gelb-blau) sehen, als „ganz graue Theorie“ entschieden zurückweisen.

Was ist nun die Wahrheit? Wie viel tragen wir von unserem gemachten System in die Bildfläche des Farbenblinden hinein? Wie ist Letzterer überhaupt im Stande, seine Erscheinungen, für die er doch keine Sprache hat, uns klar zu machen?

Diese aufgeworfenen Bedenken führen uns darauf, zunächst von einer Symptomatologie der Farbenblindheit abzusehen und uns zuvörderst zu den Untersuchungsmethoden zu wenden.

Vorher wollen wir nur noch die *typischen Hauptformen*, wie sie zur Zeit von den Autoren angenommen werden, ihrer Nomenclatur nach anführen. Die griechischen Benennungen sind jetzt sehr aus der Mode gekommen, doch mögen sie der Vollständigkeit wegen mit erwähnt sein.

Die *totale Farbenblindheit* wird als Achromatopsie oder als chromatische Amaurose (Wilson), seltener als „lineare Daltonie“ (Rose) bezeichnet.

Die *partielle Farbenblindheit* oder Chromatopseudopsie (Sommer) ist entweder Rothblindheit (Anerythroptropie), oder Grünblindheit (Achloropsie, Aglaukopsie), oder Violett- oder Blaugelbblindheit (Akyanopsie, Axanthopsie). Die beiden ersten werden von Mehreren zu einer Klasse gerechnet. Alle drei fasst Rose mit dem Namen der „ebenen Daltonie“ zusammen.

Mauthner will lieber die Farbenblinden nach den Farben bezeichnen, die sie zu sehen vermögen, und trennt sie in Gelbblausichtige (Xanthokyanopen) und Rothgrünsichtige (Erythrochloropen). Schon Szokalski hatte seinen 5 Gruppen eine gleiche Idee zu Grunde gelegt.

Von der Farbenblindheit verschieden ist der *herabgesetzte Farbensinn* (Dyschromatopsie), wozu wohl auch die *chromatische Myopie* Wilson's zu rechnen ist.

b) *Untersuchungsmethoden und deren Hilfsmittel.*

Bei einer Schilderung der zur Entdeckung der Anomalien des Farbensinns vorgeschlagenen oder gebräuchlichen Untersuchungs-

methoden kann man in verschiedener Weise verfahren. Entweder kann man dieselben gruppieren nach dem Principe, welches dem Verfahren zu Grunde gelegt ist, oder nach dem Zwecke, den die Untersuchung zu erreichen strebt, oder nach den Hilfsmitteln oder den Instrumenten, mit welchen die Prüfung vorgenommen wird. Im Folgenden sollen diejenigen Methoden an die Spitze gestellt werden, welche wegen der Leichtigkeit und der Schnelligkeit der Ausführung sich zu Massenprüfungen empfehlen, dann sollen diejenigen folgen, welche nicht nur eine Ausscheidung der normal und anomal Farbsinnigen, sondern auch eine genauere Charakteristik derselben ermöglichen und endlich solche, welche für bestimmte Zwecke noch besondere Vortheile bieten.

1) *Die Holmgren'sche Methode*¹⁾. Im Allgemeinen schliesst sich diese Methode an Seebeck's und Wilson's Verfahren an, nur verzichtet sie darauf, sämtliche Reihen von Farbenverwechslungen, welchen die Farbenblinden unterworfen sind, zu ermitteln, begnügt sich vielmehr, die typischen Unterschiede festzustellen. Da sie ferner, abgesehen von der Tendenz, die Untersuchung sowohl für den zu Prüfenden als für den Untersucher möglichst abzukürzen, danach strebt, gerade die für den Signaldienst beim Eisenbahnverkehr wichtigen Momente zu kennzeichnen, so strebt sie nach einem kurzen Ausdruck für die Unterscheidungsfähigkeit rothen und grünen Lichts. Die Methode ist gänzlich unabhängig von der Bezeichnung, die der Untersuchende etwa dem farbigen Objekt beilegt, sie setzt ferner nur eine Durchschnittsbildung voraus und berücksichtigt endlich auch den Umstand, dass die zu Untersuchenden eher geneigt sind, ihre anomale Farbenempfindung zu verbergen, als den Untersucher zu unterstützen.

Als farbige Objekte hat Holmgren *Wollengarne* gewählt, und zwar die Stickwollen. Dieselben sind in den verschiedenen Farben, Farben-Tönen und -Nüancen in viel grösserer Auswahl zu erlangen als Papiermuster, sind auf allen Seiten gleichmässig ge-

1) Vgl. ausser der schon citirten Schrift noch dessen Aufsatz: „Zur Entdeckung der Farbenblindheit bei Massenuntersuchungen“ im Centr.-Bl. f. prakt. Augenheilk. II. p. 177—182 und Jefferies: a. a. O. p. 216.

färbt, lassen sich leicht verpacken und transportiren, sind, in die einzelnen Gebinde vertheilt, ohne weitere Zubereitung zu verwenden, stören nicht durch besondere Lichtreflexe ihrer Oberfläche, werden durch den Gebrauch nicht alsbald ruinirt.

Zur Prüfung sind nun eine Anzahl von farbigen Gebinden in den Farben des Spectrum mit ihren Zwischentönen, ausserdem aber auch purpurfarbene, graue und braune Farben nothwendig. Von jeder Farbe sind mehrere Nüancen und von jeder mindestens 5 Stufen von der hellsten bis zur dunkelsten nothwendig. Namentlich sind die hellern Nüancen von Braun, Gelb, Roth, Grün, Blau, Grau in grösserer Auswahl vorräthig zu halten.

Die Untersuchung muss bei hellem Tageslicht stattfinden, der Raum soll so beschaffen sein, dass eine möglichst grosse Anzahl von Personen gleichzeitig anwesend sein kann, welchen das, was sie leisten sollen, zunächst von dem Untersucher erklärt und vorgezeigt werden kann.

Um nun zunächst von den Anwesenden Diejenigen auszuscheiden, welche einen anomalen Farbensinn besitzen, verfährt H. folgendermaassen.

Aus dem auf dem Tische liegenden Haufen von Garngebinden sind die dunkelgrünen, gelbgrünen und blaugrünen Farben entfernt und nur die reingrünen Nüancen darin gelassen. Der Untersucher nimmt nun zunächst selbst einige reingrüne Nüancen in die Hand, zeigt diese den Anwesenden mit der Anweisung, sich dieselben gut einzuprägen. Hierauf legt der Untersucher die *hellste grüne Nüance* (welche als Probe I. bezeichnet ist) bei Seite und mischt die übrigen reingrünen wieder in die Sammlung hinein, sucht sie dann selbst wieder heraus und legt sie zu der bei Seite gelegten Probe. Ist man event. nach nochmaliger Wiederholung überzeugt, dass die Anwesenden verstanden haben, um was es sich handelt, so werden nun mit Ausnahme der Probe I. die reingrünen Nüancen wieder in die Sammlung gemischt und die Anwesenden aufgefordert, der Reihe nach einzeln an den Tisch heranzutreten und zu der abseits gelegten Probe I. die zugehörigen Farben herauszusuchen ¹⁾.

1) Wenn bei dieser Probe die grünen Gebinde, mit Ausnahme der reingrünen, aus der Sammlung herausgenommen sind, so hat diess nur den Grund der Zeitersparniss. Es stellte sich nämlich heraus, dass bei dem Vorhandensein aller grünen Farbentöne zwar nicht die Farbenblinden, aber die Normal-sichtigen sich Mühe gaben, zu der hellsten grünen Probe I. alle grünen Töne, gelbgrünen und blaugrünen, herauszusuchen und damit die Untersuchung unnöthiger Weise aufhielten.

Alle Diejenigen nun, welche zu der Probe I. nicht nur die in der Sammlung vorhandenen hellgrünen Schattirungen, sondern auch noch graue oder bläuliche oder gelbliche Gebinde herausuchen und dazulegen, sind farbenblind. Eine Anzahl von Verwechslungsfarben ist unter Nr. 1—5 auf der beigegebenen Tafel in Holmgren's und Jefferies' Monographie abgebildet, bei Jefferies ist die Ausführung besser ausgefallen. Aus der Raschheit oder Langsamkeit, mit welcher der Untersuchte mit seiner Aufgabe zu Stande kommt, lässt sich von dem geübten Untersucher von vorn herein die Diagnose stellen. Das Zögern bei der Auswahl deutet, wenn auch schließlich einige der anfänglich gewählten Verwechslungsfarben wieder zurückgelegt werden, häufig auf schwach entwickelten Farbensinn. Manche glauben ihrer Sache ganz sicher zu sein und vergreifen sich gleich im Anfange. Andere sind sehr unruhig und suchen mehr mit den Händen als mit den Augen: hier rath H. denselben, die Hände auf den Rücken zu legen und nicht eher zuzugreifen, als bis sie ein ihnen ähnlich scheinendes Bündel erblickt haben. Manche verfahren äusserst langsam, so dass es gerathen ist, ihnen etwas zu Hülfe zu kommen, indem man am besten ihnen selbst einige Verwechslungsfarben herausucht und sie fragt, ob diese der Probe I. ähnlich seien. Verschiedene andere Kunstgriffe, die H. noch angiebt, um nicht etwa nur durch mangelhaftes Verständniss Seitens der Untersuchten auf die Annahme einer Farbenblindheit geführt zu werden, mögen im Original nachgelesen werden.

Sobald nun unter den Anwesenden Die herausgefunden sind, welche die Probe I. nicht bestanden haben, werden dieselben einer 2., bez. einer 3. Probe unterworfen.

In der Sammlung müssen jetzt sämtliche grünen Töne vereinigt sein, namentlich die blaugrünen sind zur Ermittlung der Verwechslungsfarbe nöthig.

Diese *Probe II.* ist eine *Rosawolle*, welche zwischen dem hellsten und dunkelsten Purpur die Mitte hält. Es wird verlangt, dass nur die purpurfarbenen Gebinde herausgesucht werden sollen. Wer dies zu Stande bringt, ist nach H. als unvollständig farbenblind zu bezeichnen, weil er vorher die Probe I. nicht bestanden hatte. Wer aber ausser diesen oder auch allein noch blaue oder violette Farben zu der Rosaprobe legt, wird nach H. als Rothblinder, wer grüne oder graue Farben herausucht, als Grünblinder bezeichnet.

Die *Probe III.* dient als Controlprobe. Sie wird mit einer den rothen Fahnen beim Eisenbahndienst gleichen *lebhaft rothen* Farbenprobe ausgeführt, und zwar nur an Solchen, die nach Probe II. sich als vollständig roth- oder grünblind erwiesen haben. H. giebt an, dass der Rothblinde solche grüne und braune Nüancen hinzulege, welche dem Normalauge dunkler erscheinen als das vorgelegte Roth, umgekehrt wähle der Grünblinde solche grüne und braune Nüancen, welche dem normalen Farbensinn heller als die Probe erscheinen.

Die Methode ist zur Entdeckung der totalen Farbenblindheit zwar nicht bestimmt, doch würde man eine solche Anomalie daran erkennen, dass der Betreffende die Schattirungen nur nach der Helligkeit ohne jede Rücksicht auf die Farbe ordnete. Auch zur Entdeckung der Violettblindheit ist sie nicht ausreichend, weil aber diese Anomalie für den Eisenbahndienst nicht schädlich ist, so kann man daraus auch keinen Vorwurf gegen die Methode erheben.

Früher hatte H. sich mit der Prüfung durch rosafarbene Wolle begnügt, eine Methode, welche später Cohn auch für hinreichend erklärt, während H. die Probe I. mit hellgrüner Wolle jetzt für absolut nothwendig hält, um auch Solche mit schwach entwickeltem Farbensinn aufzufinden. An der Angabe, dass „in einer Stunde mehr als 100 Individuen, besonders Soldaten oder sonst disciplinirte Leute, mit völliger Sicherheit abgefertigt werden können“, gestattet sich *Verf.* einen bescheidenen Zweifel zu äussern.

Neuerdings mehren sich die Stimmen (Pflüger: Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde. V. Juli 1881. — Cohn: Berl. klin. Wehnschr. XVIII. 19. 1881), welche einestheils dieser Methode vorwerfen, dass sie unter Ungebildeten zu viel Farbenblinde entdecken lasse, anderntheils dass sie bei Gebildeten nicht die nöthige Sicherheit gebe.

Bruno Kolbe in Petersburg hat den Vorschlag gemacht, die Wollenbündel mit einem Papierstreifen zu versehen, welcher eine nur einmal vorkommende Nummer trägt. Lässt man die verwechselten Farben nach ihrer Helligkeit ordnen und notirt die Reihenfolge der Nummern, so hat man eine gute Controle, um etwaige Simulanten bei der Vorprüfung durch die Spezialuntersuchung zu entdecken.

2) *William Thomson's Methode.* Dieselbe wird von dem Autor mitgetheilt in einer Vorlesung über Farbenblindheit am Jefferson med. College (Philad. med. News and Abstract XXXVIII. 12; Dec. 1880. — Abgebildet in den Transact. of the Amer. Ophthalm. Soc. p. 142. 1880). Sie beruht vollständig auf Holmgren's Principe, ist aber mit Rücksicht auf amerikanische Verhältnisse derart vereinfacht, dass jeder Laie die Prüfung übernehmen kann. Es sind nur die Probefarben und die den Rothgrünblinden eigenen Verwechslungsfarben ausgewählt, alle übrigen Farben weggelassen.

Die entsprechenden Garnebinde sind an den Haken eines Gestelles befestigt. Nr. 1—20 enthält 10 grüne Farbenschattirungen nebst den zugehörigen grauen, gelblichen oder bräunlichen Verwechslungsfarben, Nr. 21

bis 30 5 purpurfarbene Proben und 5 blaue Verwechslungsfarben, Nr. 31 — 40 endlich 5 rothe Proben und 5 hell- bis olivenbraune Verwechslungsfarben. Die ungeraden Nummern entsprechen stets den Probefarben, die geraden Nummern den Verwechslungsfarben, es wechselt daher in jeder der 3 Reihen immer eine Probefarbe mit der Verwechslungsfarbe auf dem Gestelle ab. Die Nummer-Bezeichnung ist für den zu Prüfenden verdeckt. Derselbe hat nur die Aufgabe, zuerst 10 grüne Fäden, dann 5 purpurfarbene und zuletzt 5 rothe Wollen zusammenzufügen, der Controleur notirt dann einfach die gewählten Nummern, die Notiz wird für den Superrevisor aufbewahrt.

3) Analog erscheint die Verwerthung der Holmgren'schen Methode von Schenk (Prag. med. Wchnschr. VI. 19. 1881), welcher 40—50 mit farbiger Wolle überspinnene Spulen sternförmig an einen Holzring aufzustecken angiebt. Zu den beiden vertikalen Stäbchen wählt man die Probefarben; der zu Untersuchende hat die übrigen möglichst rasch zu entfernen, welche ihm verschiedenfarbig erscheinen, während er die gleichfarbigen stecken lässt.

4) *Die Farbentafeln von A. Daae* zu Kragerö in Norwegen. In 2. Aufl., vermehrt um die Farben für Blaugelbblindheit, bei P. Dörrfel und Hirschwald in Berlin (1878) käuflich. Dieselben stützen sich ebenfalls auf das Princip Holmgren's.

Die Tafel für die vornehmlich in Betracht kommende Rothgrünblindheit enthält 10 horizontale, aus Stickwolle zusammengestellte Reihen. Jede Reihe enthält 7 Muster. Nr. 3 enthält purpurne, Nr. 7 grüne und Nr. 9 rothe Fäden in verschiedener Schattirung, die übrigen Nummern enthalten verschiedene Farben. Der zu Untersuchende braucht auf die Frage, welche von den einzelnen Reihen er als gleichfarbig ansehe, nur mit Ja oder Nein zu antworten. Reihe 1 und 2, worin gelbe und blaue Fäden vorhanden, halten auch Rothgrünblinde natürlich für verschiedenfarbig, Nr. 8 und 10 werden auch von den im geringsten Grade Farbenblinden für einfarbig gehalten.

Auch diese Tafeln sind nur bei Tageslicht zur Prüfung zu verwenden. Sie werden von den Meisten, die damit Versuche angestellt, empfohlen, erheischen jedoch wohl in der Regel eine specielle Nachprüfung. Weniger intelligente Personen halten auch gleichfarbige Reihen für verschiedenfarbig, weil sie verschiedene Schattirung für identisch mit verschiedenen Farben halten. Umgekehrt kann Purpur, Blau und Violett auch wohl für gleichfarbig erklärt werden, nicht aus Mangel an Unterscheidungsvermögen, sondern aus Mangel an Urtheil.

5) Keersmaecker hat die Verwechslungsfarben in Wollproben neben einander in Streifenform angeordnet. Der zu Prüfende soll mit dem Zirkel die Breite der Streifen abmessen, welche ihm gleichfarbig erscheinen. Der Farbenblinde wird zwei oder mehr Streifen zugleich zwischen die Zirkelspitzen nehmen.

6) Badal hat 20 farbige Cylinder auf einer Platte mit Oeffnungen angebracht. Ueber jeder Oeffnung befindet sich ein Täfelchen mit der Farbe des betr. Cylinders. Zuerst soll man sich die Namen der Farben nennen lassen, dann nimmt man die Cylinder heraus und verlangt, sie in die entsprechende Oeffnung wieder einzupassen.

7) Die Untersuchung mittels *farbiger Pulver*. Diese wird von Cohn und Mauthner gerühmt, Letzterer bemerkt sogar, dass einer der von ihm geprüften Farbenblinden rothe Wollenproben an der Ungleichheit ihrer Oberfläche unterschieden habe, während er bei den in Gläschen eingeschlossenen Pulvern keine solche Anhaltspunkte besitze und sich verrathe (a. a. O. p. 224). Dass Farbenblinde, ähnlich wie wirklich Blinde, sich einüben könnten, die Farben durch das Gefühl zu unterscheiden, wird auch bei Wilson angedeutet. Mauthner hat nun nicht nur einfarbige Pulver verwendet, sondern auch die Gläschen je zur Hälfte mit verschiedenfarbigen Pulvern gefüllt, und zwar eine Anzahl mit solchen, welche dem normalen Auge als zweifarbig, dem farbenblinden als einfarbig erscheinen (sogenannte „*pseudoisochromatische*“ Pulver), eine Anzahl endlich mit solchen, welche sowohl dem normalen als auch dem farbenblinden Auge zweifarbig erscheinen („*anisochromatische*“ Pulver). Die für homöopathische Medikamente üblichen kleinen Fläschchen, insbesondere die von viereckiger Form, eignen sich zur Füllung mit den Pulvern am besten. Selbstverständlich sind, wenn zwei Pulver in einem Gläschen vereinigt sind, die Pulver nicht zu mischen, sondern nur übereinander zu füllen. Die Gläschen sind gut zu verschliessen und können leicht in einem compendiösen Apparate vereinigt werden. Die von Cohn verwendete Sammlung ist weniger reichhaltig, als die von Mauthner, weshalb wir letztere mittheilen.

a) Nr. 1—9. *Einfarbige Pulver*.

Carminzinnober, helles Schweinfurtergrün, Kobaltblau, Chromgelb-Citron, Zinnober 4mal gemahlen und Carminzinnober, hell Seidengrün und hell Victoriagrün, helles und dunkles Schweinfurtergrün, helles und dunkles Ultramarinblau, Chromgelb-Citron und Zinkgelb. Die letzten 5 Fläschchen enthalten also 2 Nüancen einer Farbe übereinander.

b) Nr. 10 — 23. *Pseudoisochromatische Pulver für Rothgrünblinde*, 2 in einem Fläschchen:

Carminzinnober und Rehbraun, Neuzinnober und Terra di Siena, hell Seidengrün und Rehbraun, hell Seidengrün und Carminzinnober, 4mal gemahlner Zinnober und mitteldunkles Seidengrün, hell Seidengrün und Chromgelb-Orange, Chromzinnober und Chromgelb-Orange, Carmin und Terra di Siena, Kobaltblau und Ultramarinviolett, Ultramarinblau dunkel und violetter Lack, Brillantroth und Ultramarinviolett, Krapprosa und Hellgrau, Scheel'sches Grün und Dunkelgrau, Krapprosa und Scheel'sches Grün.

c) Nr. 24 — 27. *Pseudoisochromatische Pulver für Gelbblaublinde*:

Zinkgelb und Krapprosa, Chromgelb-Orange und violetter Lack, Chromgelb-Citron und Carmin, Rehbraun und Krapprosa.

d) Nr. 28 — 33. *Zweifarbige Pulver für Normale und Farbenblinde*:

Carminzinnober und Kobaltblau, hell Schweinfurtergrün und Kobaltblau, dunkel Schweinfurtergrün und violetter Lack, Chromgelb-Citron und Hellgrau, Chromgelb-Citron und Scheel'sches Grün, dunkel Seidengrün und Zinkgelb.

Unter den angegebenen Namen sind diese Pulver in den Farbenwaarenhandlungen käuflich, nur die grauen Pulver müssen gemischt werden, und zwar nach Cohn's Angabe aus 3 Theilen gebrannten Elfenbeins, 1 Theil Englischroth und 1 Theil Ultramarinblau mit 100, 75 oder 50 Theilen weisser Schlemmkreide, um ein helles, mittleres und dunkles Grau zu erhalten. Cohn fügt auch noch ein Fläschchen mit Bleiweiss und eins mit Pariser Schwarz hinzu.

Die Prüfung verlangt Tageslicht. Der Untersucher verfährt ähnlich wie bei den Wollproben, demonstrirt zunächst, dass sich in den Gläsern gleichfarbige, bez. ungleichfarbige Pulver befinden und macht mit einer Anzahl derselben die Probe vor. Die zu Untersuchenden haben dann diejenigen Gläschen herauszusuchen, welche ihnen gleichfarbig, bez. mit zwei Nüancen, oder ungleichfarbig erscheinen. Der Name der Farbe braucht hierbei nicht genannt zu werden. In welcher Weise sich die Rothgrünblinden besonders verhalten, ergiebt sich aus der Reihe Nr. 10 — 23, natürlich ist nicht vorausgesetzt, dass jeder Rothgrünblinde dieselben Fehler macht und auch alle angegebenen Verwechslungen begeht.

8) *Pseudoisochromatische Wollrollen von Donders*. Die Geissler, Ueber Farbenblindheit.

Probefarbe bildet den Grund und von der Verwechslungsfarbe sind einige Doppelfäden mit aufgewickelt. Der zu Untersuchende hat die Streifen zu zählen, welche abweichend gefärbt sind. Wenn aber der Farbenblinde ein sehr feines Unterscheidungsvermögen für Helligkeit hat, wird er möglicherweise nicht zu überführen sein. Mauthner (a. a. O. p. 215) schlägt vor, diesen Rollen auch noch solche beizufügen, welche auch für Farbenblinde verschiedene Farben enthalten und sie nur anzuweisen, ohne Rücksicht auf die Helligkeit die ihnen gleichfarbig scheinenden herauszusuchen.

9) *Die Farbentäfelchen von v. Reuss.* Diese sind nach demselben Princip construirt, wie die oben erwähnten Pulver. Mauthner rühmt diese, noch um einige Muster vermehrte Collektion als sehr brauchbar.

Zehn Täfelchen sind isochromatisch, darunter 4 mit nur einem Farbenton (Roth, Grün, Blau, Gelb), dann 2 mit je 2 verschiedenen rothen, 2 mit je 2 verschiedenen grünen Nüancen, 1 Täfelchen mit 2 blauen und 1 mit 2 gelben Nüancen. Sechs Täfelchen sind so zusammengesetzt, dass sie einem Rothgrünblinden wie Gelb erscheinen: Roth und Braun, Grün und Braun, Roth und Grün, Grün und Orange, Braun und Orange, Lichtgrün und Lichtbraun. Sechs Täfelchen erscheinen dem Rothgrünblinden wie Blau: Blau und Violett, Blau und Purpur, Lichtblau und Rosa, Purpur und Violett, Rosa und Violett, Blaugrün und Blaugrau. Für die Klasse der Gelbblau-blinden würden die Täfelchen 4 pseudoisochromatische Wollen enthalten: Lichtgelb und Rosa, Orange und Violett, Roth und Gelb, Braun und Purpur. Hierzu kommen endlich noch 6 Täfelchen mit je 2 Wollen, die sowohl dem normalen als dem farbenblinden Auge verschiedenfarbig erscheinen: Roth und Blau, Grün und Blau, Grün und Violett, Gelb und Grau, Gelb und Blaugrün, Dunkelgrün und Hellgelb.

Der zu Prüfende wird zunächst unterrichtet, dass sich unter diesen 32 Täfelchen solche befinden, die nur einfarbig sind, andere die zwar einfarbig, aber diess in verschiedener Nüance sind, endlich solche, die verschiedenfarbig sind. Man zeigt ihm eine Anzahl solcher Täfelchen und mischt sie dann untereinander mit der Aufforderung, nun selbst die gleichfarbigen herauszusuchen. Jedes Täfelchen enthält 10 Fäden von je 2 Ctmtr. Länge, die in kurzem Abstand von einander befestigt sind. Diese Methode kann neben der Da a e'schen Tafel sehr zweckmässig als Controle dienen.

10) *Die Cohn'schen Stickmuster* sind nach dem Principe

der alsbald zu erwähnenden Stilling'schen Tafeln gebildet. In den Handel sind solche Muster nicht gekommen, Jeder, der sich ihrer bedienen will, muss sie also selbst construiren lassen.

Cohn hat sich 32 Proben herstellen lassen auf Canevas mit 4 Ctmtr. Seitenlänge und 2 Ctmtr. hohen Buchstaben, bez. Zeichen für solche, die nicht lesen können. Die Farben sind Hellblau und Hellrosa, Rosa und Hellgrau, Hellgrün und Rosa, Rosa und Grün, Grün und Grau, Gelb und Rosa, Rosa und Hellblau, Rothgrau und Grün, Purpur und Dunkelblau.

Vorbedingung ist, dass die Wollenfäden der Grund- und der Buchstabenfarben von ganz gleicher Dicke sind, auch müssen nach der Fertigung die Tafeln gepresst werden, um das Erkennen an der ungleichen Fläche auszuschliessen. Die Prüfung verlangt nur wenig Zeit, kann aber auch nur, wie alle bisher genannten Proben, bei Tageslicht vorgenommen werden.

11) *Die Stilling'schen Farbentafeln.* Diese sind bei Theodor Fischer in 3. Aufl. 1880 erschienen, eine grössere Ausgabe 1878/1879 in 3 Lieferungen. Die Tafeln sind auf chromolithographischem Wege hergestellt. Es liegt denselben das Princip zu Grunde, dass der Farbenblinde solche vom Gesunden leicht zu differenzirende Farben nicht zu unterscheiden vermag, falls sie sich auf derselben Seite seines zweifarbigen Spectrum befinden und möglichst dieselbe Helligkeit haben. Eine nähere Beschreibung ist wohl überflüssig, da eine verkleinerte Ausgabe dem viel verbreiteten Börner'schen Kalender beiliegt. Die Technik der Herstellung bietet ungewöhnliche Schwierigkeiten, die indessen in der neuen Ausgabe nahezu überwunden sind. Namentlich wird die Tafel II (Roth auf braunem Grunde) allseitig als gelungen gerühmt. Beim *Schiefhalt*en der Tafeln gelingt es den Farbenblinden leichter, die aus den einzelnen Quadraten zusammengesetzten Buchstaben zu entziffern. Andererseits giebt es immer einzelne Farbentüchtige, die sich in den Quadraten doch nicht zurecht finden und die Buchstaben nicht zu lesen vermögen. Solche sind in der Weise auf das, was sie anzugeben haben, anzuleiten, dass man ihnen an einem Objecte durch Nachfahren mit dem Finger markirt, wie die Buchstabenfigur aus den einzelnen farbigen Quadraten zusammengesetzt ist. Die Tafel III, Rosa auf Grün, welche auch von Farbenblinden gelesen werden

muss, ist am besten dazu geeignet, dem zu Untersuchenden das Verfahren klar zu machen. Immerhin werden sich die typischen Formen der Farbenblindheit in der Regel verrathen, während Solche, welche in dem Spectrum noch mehr als 2 Farben sicher unterscheiden, mit diesen Tafeln nicht überführt werden können. Stilling hat übrigens die baldige Ausgabe einer neuen, noch weitere Verbesserungen enthaltenden Auflage in Aussicht gestellt.

12) *Die Radde'sche Farbenscala* von der Société sténochromique in Paris herausgegeben. (Bei Otto Radde in Hamburg, die Taschenausgabe käuflich für 6 Mk.) Diese Tafel ist zwar nicht grade zur Untersuchung Farbenblinder bestimmt, lässt sich aber ebenfalls hierzu verwenden und bietet auch sonst mannigfache Vortheile, so dass deren Anschaffung Jedem, der sich praktisch mit diesen Dingen beschäftigt, aus voller Ueberzeugung angerathen werden kann.

Auf dem ersten Streifen sind die Hauptfarben und deren Uebergänge in 42 schmalen Streifen dargestellt. Nr. 1 ist Zinnober, 4 Orange, 7 Gelb, 10 Hellgrün, 13 Grün, 16 Blaugrün, 19 Blau, 22 Violett, 25 Purpur, die dazwischen liegenden Nummern sind die Zwischenstufen. Von 26—30 folgen die Uebergänge von Purpur zum Carmin und Zinnober, 31 ist Neutralgrau und von 32—42 folgen die Mischfarben von Grau mit den Hauptfarben. Auf den 42 folgenden Streifen ist nun wieder jeder Farbenton in 21 Nüancen zerlegt und mit den Buchstaben *a* bis *v* bezeichnet. Es gehen somit aus den 42 Farben des ersten Streifens 882 Schattirungen hervor, die von der hellsten bis zur dunkelsten aufsteigen.

Man kann nun z. B. diese Tafel beim Einkauf der Wollen der Holmgren'schen Probe benutzen, man kann die auf einem Streifen gruppirten Schattirungen von dem zu Prüfenden aus Wollenbündeln nachlegen lassen. Ein mit Ausschnitten versehener Pappstreifen gestattet, nur einzelne der farbigen Rechtecke zur Ansicht zu bringen und die übrigen zu verdecken. Auch eignet sich dieser Apparat vortrefflich, um die pseudo-isochromatischen Reihen eines Farbenblinden mit der Nummer des Streifens und den Buchstaben der Rechtecke zu notiren und auch später zu jeder Zeit nachlegen zu können.

13) Die Hierlinger'sche Tafel, bei P. Moser in Stuttgart für 2 Mk. käuflich, ist mir nicht aus eigener Anschauung bekannt.

Sie enthält in einer Reihe die Spectralfarben in 18 Schattirungen und davon getrennt dieselben Farben regellos durcheinander. Von Hirschberg (Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde. II. p. 158. 1878) wird bemerkt, dass die zweite Reihe doppelt hergestellt und auch Ultramarin und Purpur hinzugefügt werden möge.

14) Die Magnus'sche Tafel. Dieselbe ist zwar nur bestimmt, in den Schulen den Farbensinn zu wecken. Es sind ihr aber 72 auf beiden Seiten mit farbigem Papier überzogene, ovale Pappscheiben beigegeben, welche sich eventuell auch zur Prüfung Farbenblinder verwenden lassen. Ausser den eigentlichen Farben in 4 Schattirungen enthalten sie auch Schattirungen in Grau und in Braun.

Eine beträchtliche Vervielfältigung der Schattirungen und die Wahl möglichst glanzloser Papiersorten würde dann die Methode Seebeck's ausführbar machen, welche mit Unrecht in den Hintergrund gedrängt ist, aber doch auf einfache Weise, ohne Zuhülfnahme von Instrumenten, gestattet hat, ein klares Bild von dem Sehen der Farbenblinden, insbesondere von deren Unterscheidungsvermögen für Helligkeits-Differenzen, sich zu verschaffen.

15) *Das Farbendreieck von Lips in Bern* wird in der Inaug.-Diss. von Franz Minder „Beiträge zur Lehre von der Farbenblindheit“ (Bern, [Berlin] 1878) erwähnt. Es ist dasselbe ein gleichschenkliches Dreieck von je 50 Ctmtr. Seitenlänge. Die 3 Ecken sind gelb, blau und roth gefärbt, längs der Seiten sind die Uebergänge eingefügt, die nach der Mitte zu immer dunkler werden. Der Farbenblinde findet mit Leichtigkeit die Stellen heraus, welche ihm gleichfarbig erscheinen, die durch einen mit Ausschnitten versehenen Pappstreifen genauer markirt werden.

Diese Methode eignet sich für Einzeluntersuchungen und hängt einigermaassen von der Intelligenz und dem guten Willen der Untersuchten ab. [Die Idee geht in das vorige Jahrhundert zurück, wo Lambert nach dem Vorgang Tob. Mayer's (1758) eine Farbenpyramide construirte (1772). Auch Young hatte seiner Theorie gemäss ein solches Dreieck malen lassen.] —

Es mögen sich nun einige Methoden anschliessen, welche nicht sowohl zur Ermittlung der *Art der Empfindungs-Anomalie*, sondern

zur *Prüfung der Schärfe des Farbensinns* dienen; den Beschluss sollen diejenigen Methoden bilden, welche zur genauern *Bestimmung der Farbenblindheit* unerlässlich sind, sich übrigens nur zur Einzeluntersuchung eignen, auch einen mehr oder weniger kostspieligen Instrumentenapparat erfordern.

16) *Die Probetafel von Snellen* mit farbigem Druck ist der englischen Ausgabe der „Test-Types“ beigegeben. Sie enthält 5 Zeilen in Rosa, Gelb, Grün, Blau und Grau. Diese Tafel kann zur vorläufigen Untersuchung Solcher zweckmässig dienen, deren Farbensinn nach Ueberstehen einer schweren Krankheit möglicherweise alterirt ist. Die Gegenprobe ist mit der Probetafel von der gleichen Buchstabengrösse in gewöhnlichem Druck zu machen.

17) *Die Probetafel von Dor* (Echelle pour mesurer l'acuité de la vision chromatique. Paris et Lyon 1878) enthält auf 3 Tafeln farbige Objekte auf schwarzem Grunde, deren Grösse berechnet ist für das Erkennen durch das normale Auge auf 5, 10 und 20 Mtr. Entfernung bei Beleuchtung durch Tageslicht. Die 3 übrigen Tafeln enthalten farbige Objekte in ähnlicher Weise, nur dass als Beleuchtungsintensität die einer Normalkerze angenommen wird, welche seitlich angebracht dem Untersuchten durch einen Schirm verdeckt ist. (Vgl. auch: *Nouvelles Recherches sur la Détermination quantitative de la Vision chromatique par le Prof. Dor et le Dr. Favre.* Lyon 1878. Associat. typographique.)

18) *Der Apparat zur numerischen Prüfung des Farbensinns von Ad. Weber* besteht aus farbigen Scheiben, die auf schwarzem Sammt aufgeklebt sind. Mittels eines Schiebers wird je nur eine Farbe eingestellt. Die Grösse der farbigen Felder ist für eine Distanz von 1 — 20 Meter berechnet. Das seitliche Licht wird durch ein dem Gesicht angelegtes, innen geschwärztes Kästchen abgeschlossen. (Die Firma Ehrhardt und Metzger in Darmstadt vermittelt den Bezug der Objecte.)

19) *Die Methode von Donders* ist die Vorläuferin der eben erwähnten, bestimmt zur Ermittlung der Schärfe des Farbensinns. Zu der Untersuchung bei *auffallendem* Licht dienen kleine Scheiben aus farbigem Blumenpapier, die auf schwarzem Sammet befestigt sind. Für die Prüfung der Eisenbahnbeamten empfiehlt sich der

Stoff, aus dem die Signalfahnen gefertigt werden. Wenn das Objekt, welches vom normalen Auge in seiner Farbe z. B. auf 20 Mtr. Abstand erkannt wird, bei schwachem Farbensinn erst bei 4 Mtr. Distanz wahrgenommen wird, so würde man $FS = \frac{4}{20}$ ansetzen. Für die entsprechende Untersuchung bei *durchgehendem* Licht bedient man sich eines Schirmes mit einer Oeffnung, hinter welcher eine Drehscheibe mit verschiedenen farbigen Gläsern sich befindet, welche von rückwärts durch eine verschieden stellbare Lichtquelle erleuchtet werden (vgl. Arch. f. Ophthalm. XXIII. 4. p. 282. 1877).

20) Die *chromatoptometrische Tafel von Ole B. Bull* ist im Arch. f. Ophthalm. XXVII. 1. p. 104 fig. beschrieben. Auf mattschwarz grundirter Fläche sind Quadrate von 1 Ctmtr. Seite angebracht, und zwar von jedem Farbenton 8 Nüancen (ausser dem ungemischten), die durch Zusatz von Grau hergestellt sind. Die Art der Nüance ist vorher durch den Farbkreis genau bestimmt, so dass 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280 und 320 Grau auf 320, 280, 240, 200, 160, 120, 80 und 40 Farbe kommen. Der zu Untersuchende hat einfach die Quadrate zu bezeichnen, die ihm gleich oder ähnlich zu sein scheinen. Da die schwächste Nüance 40^0 so gewählt ist, dass sie von einem normalen Auge noch auf 1 Meter Entfernung erkannt wird, so dient diese Tafel zugleich zur numerischen Bestimmung der Farbensehschärfe. Würde z. B. ein Auge das Quadrat auf 1 Meter Entfernung nur dann als farbig wahrnehmen, wenn es 120^0 Farbe enthält, so wäre die betreffende Sehschärfe $\frac{40}{120} = \frac{1}{3}$ des normalen Farbensinns. — Eine ähnliche Idee liegt den Tafeln zu Grunde, welche Bruno Kolbe in Petersburg seiner Schrift über die Geometrische Darstellung der Farbenblindheit beigegeben hat.

21) Auch die von Charles A. Oliver in den Arch. of. Ophthalm. X. 4. Decbr. 1881 beschriebene Farbenscheibe gehört hieher. Durch einen stellbaren Maassstab kann von jedem 9 Ctmtr. Seitenlänge messenden Farbenfelde ein Abschnitt von 10 zu 10 Millimtr. besonders eingestellt werden. Es sind nur die vier Hauptfarben benutzt. Ueber die Lichtstärke der Farben ist nichts angegeben. Einer späteren Mittheilung zufolge (ebds. XI. 1. March 1882) hat Oliver einige Mittelwerthe bestimmt und zwar wird von ihm der

Farbensinn als normal angenommen, wenn bei Tageslicht auf 5 Mtr. Entfernung erkannt wird: Roth bei 2—3 mm., Blau bei 8—9 mm., Grün bei 10—15 mm. und Violett bei 22—23 mm. Seitenlänge eines Quadrats der betreffenden Farbe. — —

Die nachstehenden Methoden basiren auf dem Princip der im Auge selbst producirten *Contrastfarbe*. Sie lassen sich auch bei künstlichem Licht anwenden. Doch ist zu bemerken, dass nicht alle Augen mit gleicher Leichtigkeit zum Sehen der Contrastfarben geneigt sind, wiewohl ihr Farbensinn ganz normal ist. Es ist auch zu empfehlen, anstatt der blossen Nennung des Namens des wahrgenommenen farbigen Schattens, sich die Farbe aus Wollenproben nachlegen zu lassen. Eine feinere Untersuchung des Farbensinns ist mit Hülfe dieser Methoden nicht möglich.

22) Das *Heidelberger Farbenbüchlein*, bei Jul. Wettstein in Heidelberg käuflich. Dasselbe besteht aus mehreren Blättern in Rosa, Violett, Purpur, Blau, Hellgrün, Gelb. Ueber jedem farbigen Blatt befindet sich ein Blatt Florpapier. Zwischen diesem und dem Farbenblatt wird ein grauer Ring eingelegt. Man muss sich vergewissern, wie die Grundfarbe bezeichnet wird, da auch Farbenblinde z. B. den Ring auf lichtgrünem Papier scheinbar richtig als Rosa bezeichnen, weil sie die Grundfarbe auch Rosa sehen. *Masselon's* Schrift „*Examen fonctionel de l'oeil*“ enthält auch solche Proben.

Auch von Dr. *Galezowski* sind „*Echelles portatives des Caractères et des Couleurs*“ (Paris 1880. Baillièrre et fils) erschienen, welche sich hierzu eignen, nur muss das Florpapier und der für den Contrast bestimmte Ring oder Streifen noch dazu genommen werden.

Bekannt ist der Florcontrast seit *Martin Herm. Meyer's* Arbeit in *Poggendorf's Ann.* XCV. p. 170. 1855; vergl. auch *Helmholtz*, *physiol. Optik.* p. 398 fig. Es darf übrigens nicht übersehen werden, dass bei *längerm* Ansehen der Contrastschatten im Auge wieder ein Nachbild hervorrufft, welches nunmehr der Grundfarbe gleich erscheint. Der simultane Contrast wird also zu einem *succedaneum*, oder mit andern Worten, es wird die inducirte Farbe in die inducirende Farbe zurückverwandelt¹⁾.

1) Die Nachbilder der Contrastfarben sind von *H. Kuhnt* besonders studirt und für diese Erscheinung ein Erklärungsversuch auf Grund der

Schirmer hat auch solche *Nachbilder* zur Prüfung von Farbenblinden empfohlen. Doch übergehen wir diese Methode, da sie schon von ältern Beobachtern (Nicholl 1818, Szokalski) als gänzlich unzuverlässig erkannt wurde.

23) *Das Pflüger'sche Farbenbüchlein*, bei J. Dalp in Bern 1880 erschienen, Preis 4 Mark. In diesem sind schwarze, bez. graue Lettern auf farbigem Grund gedruckt. Es wird verlangt, dass der zu Untersuchende die Lettern durch ein, bez. durch zwei darübergelegte Florpapiere lesen soll.

Es handelt sich hier also gar nicht um die Angabe der gesehenen Contrastfarbe, bez. um das Nachlegen dieser durch farbige Muster. Wer für die Grundfarbe farbenblind ist, vermag auch die Lettern nicht zu entziffern, die grauen z. B. nicht auf grünem, die schwarzen nicht auf rothem Grunde. Pflüger behauptet (Arch. f. Ahkde. IX. 4. p. 395. 1880), dass zwar noch nicht alle Blätter, bez. nicht alle grauen Buchstaben in ihrer richtigen Helligkeit getroffen wären, dass aber sämtliche von ihm untersuchte Farbenblinde mehrere Fehler machten, und darunter solche Farbenblinde, welche nur zweifelhaft nach der Holmgren'schen Methode und auch nicht durch isolirte Spectralfarben oder durch das Polariskop (s. unten) zu überführen waren. Die Methode würde demnach eigentlich mehr leisten, als verlangt wird, da Personen, welche am Spectrum Roth und Grün richtig unterscheiden, wiewohl ihr Farbensinn sonst nicht ganz normal ist, Violett ihnen z. B. mit Blau oder Dunkelpurpur identisch erscheint, unbedenklich für den Signaldienst zugelassen werden können.

24) *Der Spiegel-Contrast nach Ragona Scina* (Racc. fis.-chim. II. p. 207. 1847. Vgl. Helmholtz, physiol. Optik. p. 405 mit Abbildung) kann leicht von Jedem nachgemacht werden. Ein Blatt steifes weisses Papier wird rechtwinkelig gebogen und sowohl auf die senkrechte, als auf die wagrechte Fläche ein Stück schwarzes Papier oder Sammet aufgeklebt. Zwischen beide Flächen, also in einem Winkel von 45° , wird in die Knickungsstelle des Papiers ein farbiges Glas gehalten. Das von oben herein auf die Glasplatte

Hering'schen Hypothese gegeben worden: Arch. f. Ophthalm. XXVII. 3. p. 1—32. 1881.

blickende Auge sieht auf der wagrechten Papierfläche zwei farbige Flecke, den einen in der Farbe des Glases, den andern in der Contrastfarbe. Der zweite, durch Spiegelung erzeugte, bewegt sich, wenn man das senkrechte Stück des Papiers bewegt.

Nach Cohn, welcher nebst Pflüger diese Methode vorgeschlagen hat (Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde. II. p. 36. 1878), soll der gelbgrüne Contrastschatten bei violetterm Glase auch von Farbenblinden richtig angegeben werden. Pflüger lässt die Farben durch Muster nachlegen oder auf Raddé's Farbetafel aufsuchen. In Moeller's Schrift ist (a. a. O. p. 107) diese Methode doppelt, nämlich noch als „Méthode de von Bezold“ angeführt, weil Dieser (Farbenlehre p. 183) einen besondern Apparat angegeben. Nach Aubert sind Ossan (Poggendorf's Ann. XXVII. p. 694. 1833) und Dove (ebendas. XLV. p. 158. 1838) zu nennen, welche vor Ragona Scina ganz dieselben Spiegelcontrastversuche gemacht haben.

Pflüger verwendet die farbigen Glasplatten in vier Intensitäten, um annähernd den Grad der Farbenblindheit zu bestimmen. Immerhin wird eine gewisse Intelligenz des zu Prüfenden vorausgesetzt, um ihm begreiflich zu machen, um was es sich hier handelt.

25) *Die farbigen Schatten nach Stilling* eignen sich im Nothfall auch zu Massenprüfungen. (Stilling, Ueber die Prüfung der Farbenempfindlichkeit durch den Contrast. Klin. Mon.-Bl. f. Ahkde. XIII. Ausserord. Beilageh. 1875. Cohn, der Simultan-Contrast zur Diagnose der Farbenblindheit. Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde. II. p. 35. 1878.) Man kann mit einer grünen und einer blauen Glasplatte auskommen, besser aber ist es, wenn man eine grössere Auswahl zur Verfügung hat. Am Tage bedarf man nur einer Lichtquelle, z. B. einer Petroleumflamme, vor welcher man das gefärbte Glasstück mit der einen Hand hält, während man mit der andern vor einen an der Wand befestigten Bogen weissen Papiers einen dünnen Körper, z. B. einen Bleistift hält. Der Schatten desselben tritt nun sofort auf der weissen Papierfläche in der Gegenfarbe des Glases zu Tage. Am leichtesten ist der blaue Schatten bei gelbem Glase bei Tageslicht wahrnehmbar. Man kann allerdings auch Abends mit einer Lichtquelle auskommen, wenn man dafür sorgt, dass ausser dem durch die farbige Glasplatte gehenden Licht der Lampe (z. B. durch einen mit weissem Papier überzogenen hinter die Lampe aufgestellten Pappschild, oder durch einen Spiegel)

noch andres Licht auf die weisse Wand fällt. Indessen ist es immer besser, das Tageslicht durch eine zweite Lichtquelle, durch eine seitlich aufgestellte Kerze zu ersetzen, wie diess bereits von Joh. Müller in seiner Physiologie angegeben wurde¹⁾. Auch wird der Untersucher gut thun, die Entfernung der Lampe und des schattengebenden Körpers von der Wand erst auszuprobiren, um die richtige Stellung zu finden, bei welcher die Contrastfarbe des Bleistiftschattens am besten zu sehen ist. Der Roth-Grünblinde, um den es sich ja namentlich handelt, wird den Schatten bei rothen oder bei grünen Gläsern entweder einfach für dunkel erklären, oder er wird ihn, weil ja das rothe Glas auch gelbe Strahlen durchlässt, für blau halten, während er ihn bei Vorhalten eines grünen Glases, weil dieses ebenfalls gelbe, aber auch blaue Strahlen durchlässt, entweder auch für blau, event. auch für gelb erklären. Diese Erscheinung entspricht nach Stilling ganz dem Verhalten der Nachbilder bei excentrischem Sehen, wobei peripherisch Roth auch als Gelb empfunden wird und das Nachbild blau erscheint. Wenn der Untersucher über die Angaben der Geprüften im Zweifel ist, wird er auch hier gut thun, sich die Farbe des Bleistiftschattens in Wollenbündeln nachlegen oder auf einer Farbentafel aufsuchen zu lassen.

Magnus giebt (Arch. f. Ophthalm. XXIV. 4. 1878) den beherzigenswerthen Rath, bei Rothgrünblinden mit den Contrasterscheinungen von Blau und Gelb zu beginnen, da sie bei diesen Farben, die am deutlichsten für sie sind, am leichtesten darüber instruiert werden, um welche Wahrnehmung es sich eigentlich handelt. Holmgren hat den Spiegel, den Halter für die Glasplatte, den schattengebenden Stift, nebst den zum Auffangen bestimmten Schirm, auf einem mit der Lampe verbundenen Maassstab vereinigt und diesen Apparat „*Chromatoskiameter*“ genannt. Er wendet nur eine rothe und eine grüne Glasplatte an. Während für das normale Auge die Entfernung des Spiegels von der Flamme nahezu die gleiche bleibt, man mag nun den rothen oder grünen Contrastschatten am deutlichsten sichtbar machen wollen, soll für Farbenblinde dieser Unter-

1) In dem „Versuch einer ganz neuen Theorie der Entstehung sämtlicher Farben“ von Ernst Friedrich Hoppe (1824) p. 90 flg. finden sich ähnliche Angaben.

schied in der Entfernung des Spiegels sehr beträchtlich sein, und zwar soll bei Rothblinden der Spiegel am weitesten für die rothe Glasplatte, bei Grünblinden am weitesten für die grüne Glasplatte von der Petroleumlampe abstehen müssen. (Vgl. Moeller, a. a. O. p. 102, Jefferies, a. a. O. p. 243.) — Cohn hat die Lampe gleich einer Laterne mit sieben Glasplatten in Roth, Orange, Gelb, Hellgrün, Dunkelgrün, Blau, Violett umgeben, und zwar so, dass dieselben um die Flamme herum drehbar sind: dieses „*Chromaski-opticon*“ ist beim Mechanikus Heidrich in Breslau käuflich. Cohn bemerkt selbst (in seinen „Studien etc.“ p. 13), dass man mit vier Gläsern (Roth, Hellgrün, Dunkelgrün, Violett) vollkommen ausreiche und dabei den Vortheil habe, die Gläser näher an die Flamme heranzustellen zu können.

26) *Farbige Laternen nach Holmgren*, eine mit rothen und eine mit grünen Gläsern, und zwar so, dass von jeder Farbe 3 Nüancen um die Flamme drehbar angebracht sind. Diese Methode kann man anwenden, um Solche, deren Farbenblindheit bereits erwiesen, von ihrem Fehler thatsächlich zu überzeugen. Man kann z. B. 2 Farbenblinde auffordern, sich gegenseitig Signale zu geben. Auch bemerkt H. noch, dass der Grünblinde ein einziges grünes Glas in der Regel roth nennt, bei zwei oder drei aufeinander gelegten grünen Platten meint er, dass das durchgehende Licht die Mitte zwischen Roth und Grün halte, eine vierte aufgelegte Platte endlich bewirkt die Empfindung des Grün, eine grössere Zahl hebt jede Farbenempfindung auf, wiewohl das normale Auge noch vollkommen Grün wahrnimmt. Bei dem Rothblinden verhalte sich die Sache anders: eine einzige Platte von grüner Farbe nennt er sofort grün, mehrere Platten erst unbestimmt zwischen roth und grün, endlich nur roth und zuletzt ebenfalls dunkel.

Maréchal in Brest hat eine besonders zu diesem Zwecke eingerichtete Laterne construirt, welche es ermöglicht, verschiedene farbige Gläser vor die Lichtquelle vorzuschieben, während der Untersucher durch eine Art Signalvorrichtung die erhaltenen Eindrücke mittheilt. (Transact. of the internat. med. Congress. Vol. III. p. 126. London 1881.)

27) Das in Belgien eingeführte Verfahren, an dem einen Ende

eines Optometers abwechselnd ein grünes, blaues, rothes und violettes Glas vorzuschieben, während der Untersuchte durch eine stenopäische Oeffnung in das Optometer hineinblickt und die Farbe des Glases sofort in Wollenproben nachlegt, beruht auf dem bereits oben nach *Donders* angegebenen Principe. Diese Methode gestattet auch, umschriebene centrale Defekte des Farbensinns zu ermitteln. Auch das von *Parinaud* beschriebene und abgebildete *Chromoptometer* (*Ann. d'Ocul.* LXXXV. [12. S. 5.] 3 und 4. p. 113. Mars—Avril 1881) gehört hierher. In demselben sind nur drei Farben (Roth, Grün und Blau) angebracht, deren Intensität sowohl durch ein verschieden grosses Diaphragma als auch durch ein mattes Glas verschieden regulirt werden kann. Ferner der Apparat von *Keersmaeker* (*Revue d'ophth.* Nr. 4. 1881), welcher so eingerichtet ist, dass von einer Beleuchtungsquelle aus mittels einer planconvexen Linse parallele Strahlen nach einem Diaphragma geworfen werden. Durch letzteres hat der zu Untersuchende hindurchzublicken. Zwischen Diaphragma und Linse befindet sich eine Scheibe mit sieben farbigen Gläsern, die man abwechselnd vorschiebt. Man stellt fest, wie gross das Diaphragma sein muss, damit der farbige Eindruck richtig erhalten wird.

28) Die Untersuchung mittels des *Spectroskops*. Der Untersuchte hat nicht nur die Aufgabe, die Farben des Spectrum der Reihe nach zu nennen, da ein Farbenblinder dieselben ja auswendig wissen könnte, sondern er soll dieselben in farbigen Objekten nachlegen, wie schon bezüglich anderer Methoden wiederholt bemerkt ist. Das Instrument soll eine solche Vorrichtung besitzen, dass jede beliebige Farbe des Spectrum in beliebiger Breite allein eingestellt werden kann und die Stelle an einer Skala bezeichnet wird. *Hirschberg* hat ein sogenanntes *Doppelspectroskop* construiren lassen, dessen Abbildung und nähere Beschreibung im *Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde.* III. p. 55. 1879 einzusehen ist. Der Untersuchte vermag an demselben zwei Spectra selbst übereinander einzustellen, deren Farben ihm identisch erscheinen: der Farbenblinde muss sich demnach bestimmt durch die eigene Handhabung des Instruments verrathen. Auch kann man mittels desselben Theile des Spectrums oder beide Spectra vollständig aufeinander fallen lassen.

Einen der Beschreibung nach sehr complicirten Apparat hat P. Glan (Arch. f. Physiol. XXIV. 7 und 8. pag. 307. 1881) angegeben: derselbe gestattet nicht bloß zwei Spectralfarben neben einander zu stellen, sondern auch ihre Helligkeitsverhältnisse beliebig zu verändern, sie zu mischen und mit Weiss zu vergleichen.

Ausserdem bezweckt aber die Prüfung mittels des Spectrum, zu erfahren, ob die Enden desselben, bez. wie weit sie dem Farbenblinden verkürzt erscheinen, ferner zu ermitteln, an welcher Stelle des Spectrum sich die grösste Helligkeit befindet.

Die Verkürzung des Spectrums am violetten Ende documentirt sich bei Farbenblinden besonders noch dadurch, dass sie nicht oder nur unvollkommen im Stande sind, die Erscheinungen der Fluorescenz wahrzunehmen. Während ein normales Auge z. B. jenseits des Violett einen mit concentrirter Chininlösung getränkten weissen Papierstreifen in blassblauer Farbe als deutlich verlängertes Spectrum mit einer Anzahl Fraunhoferscher Linien erblickt, wird von einem farbenblinden Auge diese Farbe entweder gar nicht oder nur eine kurze Strecke weit wahrgenommen. Ebenso wenig vermag der Farbenblinde die durch Curcumapapier bewirkte Verlängerung zu sehen.

Ein wichtiges Hilfsmittel bei der spectroscopischen Prüfung bieten noch die *Metallspectra*. Es kommen hier folgende in Betracht.

Rubidium kennzeichnet sich durch zwei dunkelrothe Linien im äussersten Roth und zwei lichtstarke violette Linien im Violett nahe dem Blau.

Kalium zeigt einen rothen Streifen im äussersten Roth und eine isolirte Linie im Violett.

Natrium giebt eine sehr scharf markirte gelbe Linie im Gelb.

Calcium bewirkt zwei rothgelbe Linien, von denen die erste sehr un- deutlich ist, und ausserdem eine hellgrüne Linie.

Lithium bildet einen sehr auffälligen rothen Streifen im Roth, eine zweite Linie in dem Gelb ist weniger deutlich.

Kupfer (salpeters. Kupferoxyd) bewirkt einen breiten hellgrünen Streifen.

Thallium giebt einen sehr markirten grünen Streifen im Anfangsstück des grünen Spectrum.

Caesium bewirkt ausser einer doppelten Linie im Orange zwei nahe aneinander stehende glänzend blaue Linien zwischen dem blaugrünen und dem blauen Theile des Spectrum.

Indium bildet einen tiefblauen Streifen fast an derselben Stelle wie die vorigen und eine schwache violette Linie am Ende des Blau.

An dem Rubidium-, Kalium- und Lithiumspectrum lässt sich speciell ermitteln, wie weit bei einem Rothblinden die Verkürzung des linken Endes des Spectrum reicht. An der Art, wie ein Farbenblinder die Kupfer-, bez. die Thalliumlinie bezeichnet oder durch Wollenproben nachlegt, lässt sich seine Empfindlichkeit für Grün bestimmen. Die betreffende Methode kann, wiewohl nur für wissenschaftliche Untersuchungen bestimmt, event. behufs Feststellung einer Anomalie in gerichtlichen Fällen auch einen praktischen Werth haben, weil das Spectrum als solches und speciell die Metallspectren gleichzeitig den Fall einem grossen Auditorium zu demonstrieren gestatten.

29) *Das Polariskop von E. Rose* (Virchow's Arch. XXVIII. p. 30. 1863. — Berl. klin. Wochenschr. II. 31. 1865 mit Abbildung).

In diesem, dem Aussehen nach einem Mikroskop ähnlichen Instrumente befinden sich am Anfang und am Ende des Tubus je ein *Nicol'sches* Prisma, dicht unter dem ersten Nicol eine Bergkrystallplatte und weiter nach abwärts in der Röhre noch ein doppeltbrechendes Prisma. Durch Drehung des obern Nicol, die der Untersuchte selbst vornimmt, wird ermittelt, bei welcher Stellung die beiden Farbenfelder die gleiche Farbe bekommen haben; ein Stift zeigt auf einem Kreise den Winkel der Drehung an.

Dieses Instrument hat leider die Beachtung nicht gefunden, die es verdient, da es Schnelligkeit mit Sicherheit der Untersuchung verbindet. Nach Pflüger (Arch. f. Ahkde. IX. 4. p. 399. 1880) lässt sich mit Hülfe dieses Instrumentes nachweisen, welche individuelle Differenzen bei den verschiedenen Rothgrünblinden vorkommen. Noch wichtiger ist aber nach Pflüger (Das. p. 406) die Füglichkeit, die das Polariskop gewährt, bei *erworbener* Farbenblindheit das Fortschreiten, bez. die Besserung des Zustandes nachzuweisen. Durch Drehung des *untern* Nicol kann man nämlich die Farbe, für welche die Empfindlichkeit geprüft werden soll, ganz zum Verschwinden bringen, während das andere Farbenbild das Maximum seiner Helligkeit zeigt. Die Stellung, wo die Farbe eben anfängt als Lichteindruck sichtbar zu werden und die, wo sie bei weiterer Drehung des untern Nicol als bestimmte Farbe erscheint, wird notirt, event. auch die Stelle, wo die Farbenempfindung wieder bei weiterer Drehung verschwindet. Es würde diese Methode

für feinere Prüfung des Farbensinns an Stelle des direkten Sehens vielleicht eben so werthvoll sein, wie die perimetrische Prüfung auf excentrische Farbenempfindung bei beginnendem Sehnervenleiden.

30) Die Untersuchung mit dem *Farbenkreisel* wurde besonders von Woinow kultivirt (Arch. f. Ophthalm. XVII. 2. p. 244. 1871 u. XXI. p. 249. 1875).

Seine Rotationsscheibe besteht aus 4 concentrischen Ringen, jeder davon wieder aus 2, einzeln für sich beweglichen Sektoren. Der innerste Kreis enthält nur Weiss und Schwarz mit einem Halbmesser von 2 Ctmtr., der zweite besteht aus Roth und Grün mit einem Halbmesser von $3\frac{1}{2}$ Ctmtr., der dritte aus Roth und Violett (Blau) mit einem Halbmesser von 5 Ctmtr. und der äusserste aus Grün und Violett (Blau) mit einem Halbmesser von $6\frac{1}{2}$ Ctmtr.; den zweiten Ring erklärte W. später für unnöthig.

W. bestätigte die zuerst von Maxwell gefundene, wichtige Thatsache, dass bei Farbenblinden *zwei* (anstatt drei) Grundfarben genügen, um unter Zuhülfenahme von Schwarz und Weiss eine Farbengleichung herzustellen. Er giebt auch an, dass man mittels des Farbenkreisels Roth- von Grünblindheit unterscheiden und auch die Mischformen beider nachweisen könne. Diese Behauptung wird indessen von anderer Seite, z. B. von dem selbst farbenblinden Dr. Hochecker, dem wir später noch begegnen werden, bestritten. Dem normalen Auge erscheint bei der Rotation der innere Ring grau, der zweite gelblich, der dritte rosenroth und der vierte blaugrün. Wenn der äusserste, blaugrüne Ring dem Farbenblinden so grau erscheine wie der innerste, so bestehe Grünblindheit; wenn dagegen der mittlere, rosafarbene Ring so grau wie das Centrum erscheine, so sei Rothblindheit vorhanden. Die Mischform werde dadurch erkannt, dass beide Ringe grau erschienen.

Die Untersuchung mit der Drehscheibe ist eine sehr mühsame und setzt sehr viel Geduld von beiden Seiten voraus. Erschwert wird dieselbe durch die ausgebildete Fähigkeit der Farbenblinden, Helligkeitsunterschiede wahrzunehmen, so dass manchmal trotz aller Mühe doch keine „Farbengleichung“ zu Stande kommt. Rose erwähnt, dass selbst eine Verschiebung um die Dicke eines Nagels genügt habe, für seinen Farbenblinden eine merkbare Differenz zu geben.

Neuerdings werden solche Farbenkreisel nach Hering's Angaben mit verbesserter Mechanik von *R. Rothe* in Prag für 30 Mk. hergestellt.

Anstatt dieser Drehscheiben hat *B. Kolbe* (Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde. V. p. 224. 1881) mit farbigem Papier überzogene abgestumpfte *Kegel* vorgeschlagen, welche vertikal gestellt in schnelle Umdrehung versetzt werden.

31) Die *perimetrische* Untersuchung ist bei Farbenblinden unseres Wissens ziemlich gleichzeitig zuerst von *Holmgren* (Med. Centr.-Bl. Nr. 52. 1872) und von *Schirmer* (Berl. klin. Wehnschr. X. 5. 1873. — Arch. f. Ophthalm. XIX. 2. p. 222. 1873) ausgeführt worden. Hier erwähnen wir diese Methode nur, um hervorzuheben, dass sie bei angeborener Farbenblindheit zwar von wissenschaftlichem Interesse ist, bei erworbener Farbenblindheit aber auch eine praktische Wichtigkeit hat. Wir brauchen zur Technik nur noch kurz hinzuzufügen, dass auch Derjenige, welcher nicht im Besitze eines besondern Instrumentes sich befindet, dieser Methode sich mit Vorthail bedienen kann. Indem man den zu Prüfenden auf einer Tafel einen weissen oder grauen Fleck fixiren lässt, hat man nur nöthig, in den verschiedenen Meridianen des Auges von der Peripherie her, farbige Papierstückchen zu verschieben und darnach die Grenzen der veränderten Farbenempfindung zu bestimmen. Auch sollte man nicht unterlassen, Individuen mit erworbener Farbenblindheit mit farbigen Objekten sowohl auf weissem als auf schwarzem Grunde zu prüfen.

Treitel empfiehlt (Arch. f. Ophthalm. XXV. 2. p. 29; XXV. 3. p. 1) weisse, blaue, rothe und grüne 2 Qu.-Ctmtr. grosse Papierstücke auf mattschwarzen Rechtecken von 3—4 Qu.-Ctmtr. zu befestigen und die Stellen, wo der richtige Farbenton erkannt wird, im Sehfeld zu markiren. Auch hat man farbige Kugeln oder kleine Garnknäuel empfohlen.

Macé und *Nicati* verfahren in der Weise, dass sie anstatt gefärbter Papierquadrate ein weisses von 20 mm Seitenfläche verschieben, dabei aber den zu Prüfenden durch ein farbiges (rothes, blaues oder grünes) Glas blicken lassen und dann die Grenzen des Sehfeldes bestimmen. Man soll die Prüfung bei heller, mittlerer und schwacher Beleuchtung vornehmen. (Arch. d'Ophthalm. I. 6. 1881.) —

Zum Schlusse dieser Uebersicht mag noch besonders betont werden, dass die *Holmgren'schen* Wollenproben, die *Stilling'schen* Farbentafeln und das *Pflüger'sche* Farbenbüchlein an Sicherheit und Einfachheit wohl kaum etwas für die Prüfung zu wünschen übrig lassen, vorausgesetzt, dass man diese drei Methoden zur gegenseitigen

Controle benutzt. Immer aber soll, wie Stilling neuerdings besonders hervorgehoben hat, diese Prüfung nur eine Vorprüfung sein. Wenn es sich um Eisenbahnbeamte handelt, soll die definitive Prüfung auf dem Terrain vorgenommen werden. Diese Schlussprüfung soll eine Commission anstellen, welche aus Aerzten und höheren Bahnbeamten besteht, letztere sollen dabei in der Majorität sein. Auf diese Weise wird den Bahnbeamten einerseits die Wichtigkeit des normalen Farbensinns demonstriert, andererseits wird vermieden, höhere Anforderungen an den Farbensinn zu stellen, als das praktische Bedürfniss wirklich verlangt.

c) *Das Sehen der Farbenblinden.*

Unter den Untersuchungsmethoden, deren Uebersicht wir soeben beendigt, haben wir absichtlich die Bezeichnung der farbigen Objekte gänzlich ausser Acht gelassen. Dieselbe führt, wie schon Göthe zu seinem Aerger erfahren musste, nur zu Täuschungen. Bestünde die Mehrzahl der Menschen z. B. aus Rothgrünblinden, so würden diese sich vielleicht auch eine besondere Sprache geschaffen haben, die noch mehr Bezeichnungen als Weiss, Schwarz, Grau, Blau und Gelb enthielte, sie würden auch vielleicht ihre Sprache der geringen Minorität von Normalsichtigen in unserem Sinne oktroyirt haben und nur als Helligkeitsunterschiede bezeichnen, was wir rothe und grüne Farbtöne nennen.

Nur bei intelligenten Farbenblinden kann auch die Nennung der Farben von Nutzen sein, in das System ihrer Farbenempfindung Einsicht zu gewinnen. Bei einseitiger Farbenblindheit hat natürlich auch die Nennung noch ein ganz besonderes Interesse, weil ja solchen Personen die Farbensprache, mit der wir uns mit ihnen verständigen können, selbst zur Controle ihrer Farbenempfindungen dient, was bei doppelseitiger Farbenblindheit natürlich nicht der Fall sein kann.

Dem Nachlegen einer Farbenprobe in verschiedenen Nüancen muss ein grosser Werth beigelegt werden, wir haben demselben daher auch einen grossen Raum unter den Untersuchungsmethoden eingeräumt. Indessen darf man nicht ganz ausser Acht lassen, dass man auf begangene Irrthümer auch leicht einen zu grossen Werth legen kann. Wenn man sich auf den Streifen der Radde'schen Skala

die Uebergänge vom Violett zum Purpur, vom Purpur zum Carmin, vom Carmin zum Zinnober und dann die Mischungen von Violettgrau und Blaugrau ansieht, wird es erklärlich, warum ein ganz Farben-tüchtiger in gutem Glauben allmählig aus dem Hellrosa in das Violett oder Blau, oder auch in die hellrothen Farbentöne hineingeräth und mit dem Nachlegen nicht fertig wird. Auch möchte bei Manchen die leichte Erregbarkeit, subjektive Nachbilder zu erzeugen, die Ursache sein, dass bei längerem Probiren sich Irrthum an Irrthum reiht. Eine gewisse Beschränkung ist daher hier am Platze und das Nachlegen nur so lange fortzusetzen, als die Proben derselben Farbe angehören, auf die Verwechselungen bei dem Nachlegen „ähnlicher“ Farben bei wenig Intelligenten nur dann Rücksicht zu nehmen, wenn dieselben auch bei einer Controlprüfung sich als farbenblind erwiesen.

Stilling hat den Versuch gemacht, die Verwechselungen durch Mischung von Malerfarben herzustellen. Nur ganz besonders intelligente Farbenblinde wurden dazu veranlasst. Das Nähere ist in seiner Schrift: „Ueber das Sehen der Farbenblinden“ (Cassel 1880. Theodor Fischer) nachzulesen. Die Tafeln in Oeldruck sind ein ganz vorzügliches Beispiel von der Leistungsfähigkeit dieser Technik. Wie sich die Empfindungsreihen bei den Haupttypen der Farbenblindheit gestalten, ist durch diese Darstellung klar gelegt und möge es daher gestattet sein, die folgende Darstellung im Wesentlichen auf dieselbe zu stützen, dabei aber auch einzelne andere besonders charakteristische Beispiele von den zuverlässigen Angaben Farbenblinder mit heranzuziehen.

1) Die *totale Farbenblindheit*. Ueber die Art, wie sich unsere farbige Welt dem total Farbenblinden gestaltet, herrscht bei den Autoren nur wenig Differenz. Die Sache liegt hier eben klar genug. Wem das Spectrum achromatisch erscheint, dem ist nur, um mit Hering zu reden, die schwarzweisse Empfindungsreihe übrig geblieben. Das Gelb oder das Grün erscheint am hellsten grau und von da an wird sowohl nach dem rothen als nach dem violetten Ende des Spectrum zu das Grau immer dunkler, fast Schwarz. Das Spectrum kann an einem oder an beiden Enden verkürzt sein, ohne dass dies auf die Art, wie sich solche Farbenblinde äussern, einen Einfluss ausübt.

Die total farbenblinde Lehrerin, über welche Magnus neuerlich berichtet (Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde. IV. p. 373. Dec. 1880), verglich das Spectrum mit einer ganz fein ausgeführten Bleistiftschattirung, die von der Natronlinie aus nach den (nicht verkürzten) Enden hin immer dunkler wurde, und zwar in so zarten Uebergängen, dass die verschiedenen grauen Wollproben nicht genügten, sie zu charakterisiren.

Die beiden Brüder, welche v. Wecker untersuchte (Traité complet d'Ophthalmologie I. 1. p. 566), bezeichneten ihre Reihe von dem hellsten bis zum dunkelsten Grau aufsteigend: Weiss, Gelb, Hellgrün, ein etwas dunkleres Gelb, Blau, Orange, Violett und Roth. Orange war ihnen nur kaum merklich heller Grau als Violett und das Spectralroth war für sie = Schwarz, sogar dunkler als ein Dunkelblau, welches ein gesundes Auge auf einem schwarzen Grunde kaum zu unterscheiden vermochte.

Der von Landolt erwähnte (Arch. d'Ophthalm. I. Janv.—Févr. 1881) total Farbenblinde, dessen Sehschärfe in Folge von beträchtlicher Kurzsichtigkeit überhaupt sehr geschwächt war, legte violette Nüancen, blaue, hellgrüne und hellblaue Muster zusammen, ebenso dunkelviolette und lebhaft rothe; und hellgelbe, hellgrüne, graulichgelbe. Die rothen Wollenproben erschienen ihm dunkler, als die violetten, blauen und braunen; die gelben, grünen und grauen erschienen am hellsten. Wenn ein normales Auge bei einer so schwachen Beleuchtung, dass die Farben nicht mehr erkennbar waren, die Proben nur nach der Helligkeit ordnete, so war die Reihenfolge annähernd dieselbe, wie sie der Achromatope gelegt hatte.

Aus den Cohn'schen Mittheilungen (a. a. O. p. 247) ist wenig mehr zu entnehmen, als dass seine 12 als total farbenblind bezeichneten Schüler die unmöglichsten Zusammenstellungen machten, z. B. Gelb mit Rosa und Indigo, Schwarz mit Gelb, Rosa und Grün, Chromgrün mit Schwarz, Kobaltblau und Gelb, Kobaltblau mit Zinnober zusammenlegten, so dass man schliessen musste, dass sowohl die Empfindung für Roth und Grün, als auch die für Gelb und Blau alterirt war.

Wiederholt findet sich die Bemerkung, dass solche Farbenblinde ein Gemälde nur wie einen Kupferstich oder wie eine Photographie (v. Wecker) sehen. In der seelischen Aufnahme einer Winterlandschaft werden sie also mit dem farbensinnigen Auge übereinstimmen, im Uebrigen werden sie Das, was wir bunt nennen, nur in verschiedenen Helligkeitsabstufungen des Grau sehen.

Im Polariskop sehen solche Farbenblinde, wie Donders (Klin. Mon.-Bl. f. Ahkde. IX. p. 470. 1871) angiebt, bei einer Drehung von 90° in regelmässigem Wechsel maximale Differenz der Helligkeit und vollständig gleiche Helle beider Felder: die grösste Differenz fiel bei seinem total Farbenblinden auf die Stellung, wo das normale

Auge Purpur und Grün, die gleiche Helligkeit auf jene Stellung, wo das normale Auge Blau und Gelb wahrnimmt.

Nach 2 von Edm. Rose mitgetheilten (Arch. f. Ophthalmol. VII. 2. p. 98. 1860) Beobachtungen scheint zwischen totaler Farbenblindheit und den gewöhnlichen Formen partieller Farbenblindheit noch eine *Uebergangsform* vorzukommen. Diese wäre also die Form eines *monochromatischen* Spectrum, nach welcher Szokalski vergebens gesucht hat. Der eine der von Rose Untersuchten sah im Gitterspectrum alle Farbenbänder gleichmässig gelb, die durch gelbe Gläser noch gelber wurden, auch war Gelb seine Lieblingsfarbe, während er die übrigen Farben verwechselte. Der Andere sah ebenfalls alle Bänder einfarbig, doch ist die Farbe nicht namhaft gemacht, scheint aber dem Gelbgrün des normalen Auges entsprochen zu haben. Rose bemerkt, dass man Unrecht thue, solchen Leuten den Farbensinn ganz abzusprechen, da sie nicht blos Hell und Dunkel, sondern auch Hellgelb und Dunkelgelb unterschieden und mit diesen die andern Farben verwechselten.

Eine solche nicht vollständig in den Rahmen der totalen Farbenblindheit passende Beobachtung wird auch von Becker (Arch. f. Ophthalmol. XXV. 2. p. 205. 1879) mitgetheilt, die in mehrfacher Beziehung grosses Interesse hat.

Es handelt sich um ein 17jähriges, sehr intelligentes Mädchen, aus einer Familie stammend, in welcher neben hoch entwickeltem Farbensinn (ein Bruder war Maler) auch Farbenblindheit vorkam. Die Farbenblindheit war *einseitig*, und zwar linkseitig. Man hatte die Anomalie schon entdeckt, als sie noch ein 3jähriges Kind war und eines Tages gefragt hatte, warum die Tapete anders aussehe, wenn sie auf der linken Seite liege. B. fand, dass für das farbenblinde Auge das Spectrum am rothen Ende eben so weit reichte, als für das gesunde rechte, während das blaue Ende etwas verkürzt schien. Die grösste Helligkeit lag für das linke Auge fast genau in der Natronlinie, für das rechte etwas mehr nach rechts. Mittels der farbigen Contrastschatten und dem Florpapier-Contrastschatten geprüft, erklärte sie die rothen, grünen, blauen und gelben Schatten sämmtlich für Grün, aber in der Helligkeit verschieden. Sie vermochte diese Unterschiede ganz genau anzugeben. Mit dem Polariskop geprüft, erklärte sie Blau, Orange, Roth und Grün für eine und dieselbe Farbe und bezeichnete an der Woinow'schen Scheibe die Farbenringe nur nach ihrem hellern oder dunklern Grau. Zur hellgrünen Wollenprobe legte sie andere grüne Nüancen, Fleischroth, reines Roth, Blaugrün, Gelbgrün. Zur Rosaprobe fügte sie andere Purpurfarben, Blau, Blaugrün, Olivengrün, Dunkel-

grün. Zur hellrothen Probe legte sie andere rothe Farben, Dunkelbraun und Blaugrün. Sie bezeichnete aber alle Farben nur als heller oder dunkler Grau, mit der einzigen Ausnahme, dass sie *Braun* stets für farbig erklärte, und zwar war es gleich, auf welchem Stoffe diese Farbe sich befand. Noch eine zweite Beobachtung war sehr merkwürdig: das farbenblinde Auge war beim binocularen Sehakt doch bei der Beurtheilung von Farben betheilig. Wenn man nämlich im Stereoskop für das farbenblinde Auge eine Farbe unterlegte, die heller war, als die für das rechte Auge, so war beim Gesamteindruck auch die ganze Fläche heller, als wenn das farbenblinde Auge geschlossen wurde. Wurde dem farbenblinden Auge Roth, dem gesunden Auge Blau vorgelegt, so war der Gesamteindruck Blau, bei umgekehrter Anordnung der farbigen Flächen war er Roth, aber die Helligkeit dieses Blau oder Roth richtete sich danach, wie hell die dem farbenblinden Auge vorgelegte Fläche war. Auch der Glanzversuch mittels des Stereoskop (s. oben S. 7) gelang bei dieser einseitig Farbenblinden in überraschender Weise.

2) *Die Violett- oder Blaublindheit (Blau-Gelbblindheit)*. Für die typische Form dieser Anomalie ist das Spectrum bichromatisch, besteht aber nur aus Roth und Grün. So weit man nach den frühern, nicht sehr zahlreichen Mittheilungen über diese Form schliessen darf, ist mit nur seltenen Ausnahmen das rechte Ende des Spectrum erheblich verkürzt, und zwar in solchem Grade, dass von der Thalliumlinie ab nach dem violetten Ende hin nicht einmal mehr Helligkeit wahrgenommen wird.

Eine seltene Ausnahme ist von Stilling (Centr.-Bl. f. prakt. Abkde. II. p. 99. Mai 1878) mitgetheilt, dem wir überhaupt die ersten eingehenden Beobachtungen über diese Anomalie verdanken. In diesem Ausnahmefalle, der eine 20jährige Dame betraf, wurde das isolirte Blau, bez. Violett des Spectrum, wenn es lichtstark genug war, für identisch mit Roth gehalten, im lichtschwachen Spectrum wurde keine Farbe, d. i. nur Grau, am rechten Ende wahrgenommen.

Cohn hat dann für seine 5 Blaugelbblinden ebenfalls das unverkürzte Spectrum nachgewiesen, auch Magnus erwähnt für 7 Farbenblinde solcher Art nur, dass sie den blauen Theil des Spectrum für Grün hielten.

Blaugelbblinde müssen, ihre Störung als reine, typische Form genommen, das spectrale Roth und das spectrale Grün richtig erkennen und ausschliesslich mit den entsprechenden Wollproben nachlegen. Das spectrale Gelb wurde von den Cohn'schen hierhergehörigen Farbenblinden mit Rosa, Roth, Grau oder Rothviolett verwechselt und die Natriumlinie durch braune, graue, rosafarbene, weisse, blauviolette Wolle nachgelegt. Entsprechend wurde Blau

im Spectrum stets durch grüne Wolle markirt, auch die Indiumlinie meist durch grüne Nüancen bezeichnet. Holmgren's einseitig Blaugelbblinder hatte eine neutrale farblose, schmale Zone im Grüngelb, welche die rothe Hälfte seines Spectrum von der grünen schied, sie wurde ihrer Farbe nach als „papierweiss“ bezeichnet.

Mit der Verwerthung der von Blaugelbblinden gebrauchten Bezeichnungen muss man sehr vorsichtig sein, ebenso mit den Verwechslungen von Pigmentfarben. Der von Stilling als Nr. 2 bezeichnete Fall zeichnet sich z. B. durch seine verschiedenen Angaben an verschiedenen Tagen aus.

Die Reihe der Daae'schen Tafel: Weissgelb, Blaugrau, Gelblichgrau, Rosa, Blau, Orange, Violett entspricht theoretisch am besten einer dem Blaugelbblinden isochromatischen Reihe, während kein Rothgrünblinder seine Verwechslungsfarben in dieser Weise ordnen wird. Holmgren giebt als Verwechslungsfarben: Grün mit Blau, Purpur mit Roth, Orange mit Gelb, Violett mit Gelbgrün und Grau an. Bei zwei einseitig Blaugelbblinden vermochte derselbe Forscher eine beträchtliche Verkürzung des Spectrums nachzuweisen: bei dem einen endete es an der Uebergangsstelle von Indigo und Violett, bei dem andern bereits im hellblauen Theile, die neutrale weisse Linie fiel entweder vor oder hinter die Linie D. Was vor dieser neutralen Linie lag, erschien Carminroth, der dahintergelegene Theil Grün oder Bläulichgrün.

In seinem schon erwähnten Atlas bezeichnet Stilling die Verwechslungsfarben für Orange Roth, aber heller als das spectrale Roth, für Gelb ebenfalls Roth, Grüngelb ebenfalls mehr röthlich, an Stelle des Blau folgen graue Tinten und an Stelle des Violett ein röthliches Grau.

Die Anstellung der Schatten-Contrastfarbenprüfung mit Blaugelbblinden ist insofern unerlässlich, als sie den rothen und den grünen richtig angeben müssen, während sie den blauen und gelben Schatten entweder grau oder dunkel oder unbestimmt bezeichnen. Wenn das Spectrum erheblich (bis zur Thalliumlinie) verkürzt ist, kann indessen auch ein Theil der Grün-Empfindung alterirt sein. Die Thallium- und die Kaliumlinie sollen jedoch auch in solchen Fällen stets richtig markirt werden. Magnus bemerkt indessen,

dass hochgradig Violettblinde auch blaue Wolle dafür herauslegten, wohl aber nur deswegen, weil ihnen Blau wie Grün erschien. Die Lithiumlinie wurde stets richtig bezeichnet.

Das blaue Fluorescenzlicht einer Chinin- oder einer Aesculinlösung nahm Hilbert's Blaugelbblinder nicht wahr, die grüngelbe Fluorescenz einer Eosinlösung nannte er grün, die bläulich-grüne der Stechapfelsamentinctur grünlich, den violetten Lichtkegel im Petroleum gelbroth.

Versuche mit dem Polariskop und mittels des Farbenkreisels sind unseres Wissens bei Blaugelbblinden noch nicht angestellt. Auch ist die Casuistik noch eine zu geringe, um die volle Klarheit über das Sehen solcher zu geben. Selbst darüber, wie sie die uns umgebende farbige Natur auffassen, ist noch wenig bekannt; manches lebhaft gelbgrün der Vegetation muss ihnen (nach Stilling) farblos erscheinen, das Blau des Himmels erscheint ihnen grau und so geht ihnen jedenfalls noch mehr als den Rothgrünblinden an Naturschönheit verloren.

3) *Die Rothgrünblindheit.* Diess ist die zweite Form der Anomalie des Farbensinns, bei welcher das Spectrum ebenfalls bichromatisch ist; erhalten ist die Empfindung für gelbes und blaues Licht, die für grünes und für rothes ist mehr oder weniger aufgehoben. Diese Form ist es auch vorzugsweise, bei welcher die beiden Theorien auf einander platzen. Es ist indessen nicht die Absicht, die Streitfrage nochmals hier durchtönen zu lassen¹⁾. Da beide Parteien zugeben, dass sich zahlreiche Uebergangsfälle vorfinden, da ferner theoretisch nicht voreingenommene Untersucher (wie Rose und Andere, unter den Neuern namentlich Pflüger) gezeigt haben, dass die Methodik der Prüfung die Einstellung der Fälle unter die eine oder unter die andere Rubrik zulässt oder veranlasst, da endlich die ganze Frage in praktischer Hinsicht nur einen ganz untergeordneten Werth hat, können wir es dem Belieben des Lesers überlassen, ob er die nachstehenden beiden Kategorien

1) In Amerika macht selbst der Buchbinder für die Hypothese dreier Grundfarben Reklame, indem er das Buch von Jefferies mit einem grell-roth-grün-violetten Einband versehen hat, was, nebenbei bemerkt, ganz abscheulich aussieht.

als wesentlich verschiedene Formen oder nur als Unterabtheilungen einer und derselben Klasse ansehen will.

a) *Die Grünblindheit oder die Rothgrünblindheit mit unverkürztem Spectrum.* Der Grünblinde verwechselt *hellgrüne* Farbtöne mit *dunkelrothen*. Auf schwarzem Grunde vermag er ein dunkelgrünes Muster nicht zu unterscheiden, wohl aber ein rothes. Im Spectrum ist das Maximum der Helligkeit für ihn im Gelb gelegen; die Stelle, wo für ihn das gelbe und das blaue Spectrum zusammenstossen, befindet sich im *reinen Grün*, dicht neben der Thalliumlinie. Bei manchen stösst das Gelb dicht an das Blau, bei andern ist zwischen Gelb und Blau eine neutrale, graue Zone eingeschoben. Letztere sind es insbesondere, welche Grün für Grau halten und auch die Thalliumlinie für Grau erklären.

Ob der Grünblinde die links von der neutralen Zone liegenden Farben — die sogenannten warmen nach Donders, im Gegensatz zu den kalten, d. i. blauen und violetten — roth, grün oder gelb bezeichnet, hängt ganz von Umständen ab. Indessen sehen Grünblinde das dunkelste spectrale Roth immer noch etwas gelb, gelbbraunlich; die Natriumlinie markiren sie durch hellere Wolle als die Lithiumlinie, letztere wieder durch dunklere Nüancen als die Thalliumlinie.

Sowohl Grünblinden als Rothblinden vereinigt sich, weil Beiden die Empfindung des Violett mangelt, am rechten Ende des Spectrum der blaue und der violette Theil zu einer einzigen, der blauen Empfindung. Hierin stimmen Stilling, Magnus und Pflüger überein. Die purpurnen Farbtöne aber, welche die Uebergänge vom Violett nach dem Roth bilden und im Spectrum, wie wiederholt erwähnt, nicht vorhanden sind, vermag der Grünblinde vom Blau zu unterscheiden, während der Rothblinde sie für Blau hält. *Letzterer legt daher zu Purpur Blau und Violett, Ersterer grüne und graue Muster.*

Nach v. Kries und Küster (Arch. f. Anat. und Physiol. [Physiol. Abth.] 5 und 6. p. 513. 1879) bedarf es für Grünblinde eines viel stärkern Zusatzes von spectralem Indigo zu spectralem Roth, um eine dem spectralen Blaugrün identische Farbe zu erzeugen, als für Rothblinde.

Mittels des Polariskop ist für die Grünblinden eine besondere Charakteristik, wodurch sie sich ohne Weiteres von den Rothblinden unterschieden, unseres Wissens nicht gefunden worden. Wohl aber dient, wie schon erwähnt, dieses Instrument zur besonderen Individualisirung der Fälle, je nachdem die identisch erscheinenden Farben eingestellt werden.

Die farbigen Contrastschatten geben keine bestimmten Anhaltspunkte.

Was die mittels des Farbenkreisels gefundenen Unterschiede anlangt, so ist schon oben Einiges darüber erwähnt und sollen später bei der Rothblindheit einige typische Merkmale angegeben werden.

W. Preyer behauptet (Arch. f. Physiol. I. 4. 5. p. 299. 1868), dass kein Grünblinder Roth Grün nenne, wohl aber bezeichnen sie grüne Objekte als rothe, falls ihnen nicht aus andern Gründen die richtige Bezeichnung bekannt ist. Ein Grünblinder wird als Kind die Wiesen roth nennen, als Erwachsener allerdings nicht mehr, wenn man ihm aber eine ihm unbekannt Chlorophylllösung vorhält, so nennt er diese unbedenklich roth. Preyer führt noch eine Reihe der bei zwei intelligenten Grünblinden ermittelten Verwechslungsfarben an, welche wir im Interesse dieser doch sehr wichtigen Frage hier wiederholen. Die verwechselten Farben sind durch - verbunden, selbstverständlich kann nicht gesagt sein, dass auch jeder Grünblinde dieselben Verwechslungen macht.

Braun-Dunkelgrün, Hellbraun-Rothgelb, Roth-Grün, Roth-Orange, Roth-Gelb, Rothgelb-Grüngelb, Gelb-Gelbgrün-Orange, Hellgrün-Grau-Rosa, Dunkelgrün-Schwarz, Blaugrün-Purpur, Dunkelgrünblau-Dunkelblau, Hellblau-Rosa, Blau-Violett, Purpur-Dunkelroth, Pariser Roth-Chromgrün, Eisenoxyd-Laubgrün, Anilinviolett-Ultramarin, Rosenroth-Bremerblau, Pariser Grün-Grau, Anilingrün-Kienruss, Zinnoberroth-Goldocker, Roth Quecksilberoxyd-Dunkelchromgelb, Eisenvitriol-Grau, Kupferchlorid-Grau, Bierbraun-Tannengrün.

Roth mit Blau oder Gelb mit Blau verwechselt der Grünblinde nicht, auch ihm ist der Himmel „blau“, durch künstliche hellblaue Farben lässt er sich indessen täuschen und hält sie für Rosa.

Für graue Pigmente hat er ein feineres Unterscheidungsvermögen als der Gesunde. Wo Letzterer nur Grau wahrnimmt, fühlt er schon die blauen oder die gelben Strahlen heraus.

Manche haben sich im Sortiren von Mustern ausserordentlich geübt, da sie ihr Beruf dazu brachte. Solche sind schwer zu überführen, wenn sie nicht bereitwillig ihren Fehler eingestehen. Dem Verf. selbst ist ein Fall bekannt, wo der Betreffende Jahre lang in einer Fabrik halb- und ganzwollener Stoffe als Waarenschauer zu ganz besonderer Zufriedenheit thätig gewesen war, derselbe verrieth sich ganz zufällig, als er zu einem Wollenmuster die gleiche Farbe in Seidengarn aus dem Lager holen sollte. Minder erzählt in seiner Dissertation ebenfalls eine solche, Stilling mehrere Beobachtungen, welche beweisen, wie weit es solche Personen bringen können, an geringen Unterschieden sich vor Verwechslungen zu behüten.

Der *einseitig Grünblinden* Woinow's (Arch. f. Ophthalmol. XVII. 2. p. 241. 1871) erschien beim Schlusse des gesunden, linken Auges die ganze Aussenwelt röthlich; blaue oder grünblaue Beleuchtung war ihr angenehm, gegen die rothen Farben hatte sie von Kindheit an eine grosse Abneigung, Hellgrün verwechselte das grünblinde Auge mit Dunkelrosa und das Gelb des Spectrum erschien ihr wie Hellblau.

Auch Seebeck hat eine Beobachtung einseitiger Grünblindheit mitgetheilt.

Sehr belehrend ist auch der von Hirschberg erzählte (Arch. f. Anat. u. Physiol. [Physiol. Abth.] 3. 4. p. 324. 332. 1878) Fall eines grünblinden Malers. Ihm war das Spectrum nicht verkürzt, die hellste Stelle lag im Gelb, die rothgelbe Partie und die blaue (mit Einschluss der violetten) waren von derselben Länge wie für das gesunde Auge, zwischen beiden befand sich eine graue Zone, welche genau dem spectralen Grün entsprach. Letztere Farbe verwechselte er mit Grau oder Gelbgrau, auch mit Dunkelroth, Blasspurpur mit Roth. Mittels des Florcontrastes reagierte er nur auf Gelb und auf Blau, unbestimmt auf Orange, Carmin, Grün und Rosa. Ein grünes Quadrat auf schwarzem Grunde erschien ihm grau.

Von besonderm Interesse ist noch der von Hippel mitgetheilte Fall (Arch. f. Ophthalmol. XXVI. 1. p. 176. 1880 und XXVII. 3. p. 47. 1881) *einseitiger* Rothgrünblindheit ohne Verkürzung des Spectrum.

Ein Gymnasiast wurde gelegentlich einer Schielstellung auf seinen Farbensinn geprüft, den er bis dahin für normal gehalten. Beiderseits waren die Grenzen für Gelb und Blau annähernd die gleichen, dagegen wurde mit dem rechten Auge Roth und Grün fortwährend verwechselt, bez. für Gelb erklärt. Das Farbenspectrum erschien nicht verkürzt, die Farben wurden als: Roth, Gelb, Grün, „Gelblich oder Grünlich“, der Reihe nach, alle übrigen Farben bis zum rechten Ende als Blau erklärt. Blendete man aber die einzelnen Farben mittels der *Vierordt'schen* Spaltvorrichtung ab, so wurde vom äussersten Roth bis zum Blaugrün Alles als „Gelb“, von da ab Alles als „Blau“ bezeichnet. Die einzelnen Farben wurden nur nach ihrer Helligkeit innerhalb der Reihe der subjektiven Gelb- oder Blauempfindung unterschieden. Die hellste Stelle des Spectrum lag rechts von der Natriumlinie, etwa in der Mitte

zwischen dieser und der grünen Calciumlinie. Beide Farben, Gelb und Blau, berührten sich unmittelbar, waren demnach nicht durch eine ungefärbte Stelle getrennt. (Später wurde indess eine farblose Trennungszone zwischen den Linien E und F ermittelt, die mit Vermehrung der Helligkeit mehr der Linie F nahe rückte.) Die Rubidiumlinie im äussersten Roth erschien schwach gelb, die rothe Kalium- und die rothe Lithium-, die grüne Thallium- und die gelbe Natriumlinie erschienen dem rechten Auge völlig gleich, nur erschien die letztere etwas heller gelb, die blaue Indiumlinie wurde stets als blau bezeichnet. — Die Farben der *Radde'schen* Scala unterschied er auch mit dem farbenblindem Auge ziemlich richtig, wenn er sie in ihrer ganzen Reihe vor sich sah, wurden aber nur einzelne Rechtecke eingestellt, so hatte er nur die Bezeichnungen: Gelb, Grünlich oder Gelblich, Blau, Hellblau, Roth, Hellgrün, während mit dem linken Auge auch alle einzelnen Farben richtig genannt wurden. Nachdem er sich gewöhnt hatte, mit beiden Augen Vergleiche anzustellen, bezeichnete er Nr. 1—14 als gelb, 15 als grau, 16 und 17 dunkelgrau, 18 etwas blau, 19—21 blau, 22 und 23 dunkelgrau, 24 schwärzlich, 25—27 dunkelgrau, 28—30 gelbgrau, 31 grau, 32 dunkler grau, 33—36 gelb, 37 graugelb, 38 dunkelgrau, 39 hellblau, 40—42 blaugrau. — Bei der Wollenprobe legte er zu Blassrosa vier Schattirungen von Carmin, ausserdem aber auch drei hellrothe Muster; die hellgrüne Probe nannte er bläulich und legte zu ihr, ausser Schattirungen von Grün, auch mehrere von Grau und eine von Hellblau; zu Dunkelroth legte er mehrere Nüancen von Braun und von Roth; zu Goldgelb solche von Grünlich- bis Bräunlichgelb und eine von Grün; zu Indigo sämmtliche Blau und Violett: sämmtliche Irrthümer wurden mit Hülfe des rechten Auges sofort corrigirt. Auf den *Stilling'schen*, für die Blaugelbblinden bestimmten Tafeln bezeichnete er sofort die betreffenden Buchstaben, in den für *seine* Anomalie bestimmten pseudoisochromatischen Quadraten vermochte er dagegen keine Buchstaben herauszubringen, da ihm alle Quadrate gleichfarbig vorkamen. — Die Prüfung mittels farbiger Schattirungen und des Florpapiers ergab, dass Roth und Grün nur „farblos“ oder „grau“ genannt wurde. — Versuche mit farbigen, rotirenden Scheiben gelangen nur insofern, als die Farbenringe nur blau, gelb oder grau erschienen, dagegen konnte man für sein Auge keine Farbmischung herstellen, welche einem aus Schwarz und Weiss componirten Grau entsprach. — Auf der *Dor'schen* Tafel wurde selbst bei grösster Annäherung Roth als dunkles Gelb, übrigens aber Roth, Orange und Grün als Gelb gesehen. — Nach längerem Fixiren der Blätter im Heidelberger Farbenbüchlein nahm er mit dem linken Auge die normalen Nachbilder wahr, dagegen empfand er mit dem farbenblindem Auge die Nachbilder von Roth, Zinnoberroth, Gelbgrün und Grün als Hellblau, die von Orange und Gelb als Blau, die von Hellblau und Blau (wie mit dem gesunden Auge) als Hellgelb. Bei Tageslicht wurden die durch rothe oder grüne Gläser gehenden Strahlen meist richtig bezeichnet, dagegen wurden diese im Dunkeln transparent beleuchteten Gläser beide als gelb be-

zeichnet, gelbe und blaue aber richtig erkannt. Der Lichtsinn war beiderseits vollkommen normal.

b) *Die Rothblindheit oder die Rothgrünblindheit mit verkürztem Spectrum*, auch *Daltonismus* (im engern Sinne) genannt. Der Rothblinde verwechselt *hellrothe* Farbentöne mit *dunkelgrünen*. Auf schwarzem Grunde vermag er ein dem spectralen Roth gleich gefärbtes Quadrat nicht wahrzunehmen. Diess kommt daher, dass sein Spectrum zwar auch, wie beim Grünblinden, aus Gelb und Blau zusammengesetzt ist, aber das Gelb erst im Orange beginnt, weiter nach links hin sieht er das Spectrum farblos, in ausgesprochenen Fällen vollständig lichtlos. Die grösste Helligkeit des Spectrum liegt für ihn ebenfalls im Gelb, aber ein wenig *weiter nach rechts* nach dem Gelbgrün hin, als beim Grünblinden. Die Stelle, wo sein gelbes Spectrum mit dem blauen zusammenstösst, bez. wo sich die neutrale graue Zone befindet, ist ebenfalls etwas weiter nach rechts gerückt, so dass sie dem *Grünblau* des normalen Farbensinns entspricht.

Bei dem Rothblinden sind also drei wichtige Punkte: der Anfang des Spectrum, die grösste Helligkeit und die Grenze zwischen Gelb und Blau (bez. die neutrale Zone) mehr nach rechts verschoben. Nach Hering lässt sich diess auch so ausdrücken: dasjenige Roth, welches dem Rothgrünblinden = Grau erscheint, erscheint dem Farbentüchtigen entweder purpurfarben (bläulich) oder spectralroth (gelblich). Im ersten Falle würde jener zu der Klasse der Grünblinden, im zweiten zu der Kategorie der Rothblinden gehören. Violett ist für ihn identisch mit dem Blau, als Blau bezeichnet er auch Purpur und Carmin oder er erklärt sie, wenn sie sehr dunkel sind, für tiefgrau oder braun. Während der Grünblinde die Calcium-, Kalium- und Lithiumlinien wahrnimmt, wenn auch als gelb erklärt, verschwinden dem Rothblinden entweder nur die rothe Kalium-, oder auch die rothe Lithiumlinie, oder sogar die rothgelben Calciumlinien. Die Verkürzung kann also nur das Roth, oder auch das Orange betreffen, oder selbst bis in das Rothgelbe zwischen C und D (siehe S. 3) heranreichen. Die Natrium- und Thalliumlinie werden jedoch wahrgenommen, letztere auch als gelb oder auch als farblos bezeichnet. Die rothe Lithiumlinie wird, wenn

sie gesehen wird, öfters durch grüne Wollen nachgelegt, aber auch durch graue oder braune. Die Thalliumlinie wurde nach Magnus auch oft durch grüne Proben markirt, und zwar durch dieselben wie die Lithiumlinie, häufig aber vermochten die Betreffenden trotz richtiger Bezeichnung des spectralen Grün doch die Proben nicht herauszufinden, sondern markirten es durch graue oder braune Töne.

Das neutrale Grau des Rothblinden erscheint dem normalen Auge dunkler, als das des Grünblinden. Ersterer braucht mittels des Farbenkreisels eine grössere Fläche von Schwarz, als der letztere, um eine seinen Augen als grau erscheinende Mischung herzustellen. Diejenigen Farbmischungen, welche der Rothblinde seinem Grau für identisch erklärt, bedürfen einer grössern Menge gelber „Valenz“ zu blaurothen oder blauen Farbentönen, als sie der Grünblinde nöthig hat. Sehr instructiv sind die nachstehenden von Pflüger (Arch. f. Augenhk. XI. 1. p. 9. 1881) mitgetheilten Untersuchungen:

Rothblinder.	Grünblinder.
35 Weiss + 325 Schwarz = Grau	105 Weis + 255 Schwarz = Grau
Diesem Grau identisch:	Diesem Grau identisch:
65 Gelb + 295 Geraniumlack	30 Gelb + 330 Geraniumlack
335 Carminroth + 25 Blau	290 Carmin + 70 Blau
270 Zinnober + 90 Blau	235 Zinnober + 125 Blau
220 Gelblichgrün + 140 Blau	240 Gelblichgrün + 120 Blau
300 Schweinf. Grün + 60 Blau	265 Schweinf. Grün + 95 Blau
315 Dunkelgr. + 35 Blau + 10 Weiss	300 Dunkelgrün + 60 Blau
210 Orange + 150 Blau	160 Orange + 200 Blau
145 Orange + 215 Violett	95 Orange + 265 Violett

Preyer (a. a. O.) giebt für einen exquisiten Rothblinden folgende Verwechslungsfarben an:

Roth-lichtschwaches Grün, Orange-lichtstärkeres Grün, Gelb und Gelbgrün-sehr lichtstarkes Grün, Grün-lichtstarkes Roth, Blaugrün-Weiss-Grau, Indigo-Violett, Pariser Roth-Chromgrün, Zinnoberroth-Kastanienbraun, Ziegelroth-Rostbraun-Olivengrün, Fleischroth-Graubraun-Bläulichgrün, Rosa-Grünlichblau-Bläulichgrau, Carminroth-Dunkelblaugrün, Purpurroth-Violett-Schwarzblau, Orange-Goldgelb-Grasgrün-Gelbbraun-Roth, Orange-Grüngelb-Roth, Grünblau-Grau-Violett, Anilinviolett-Ultramarin, Braunroth-Grau, Violett-Schwarz.

Eine äusserst genaue Schilderung *seiner eigenen* Rothblindheit verdanken wir Dr. Hochecker (Arch. f. Ophthalmol. XIX. 3. p. 1—37. 1873).

Er hält Braunroth, Zinnober und Olivengrün = Braun; Gelbroth, Orange und Grasgrün = Roth; Gelbgrün, Goldgelb, Schwefelgelb und die weisslichen Nüancen = Gelb; Grün = Gelbgrau; Weisslichroth, Fleischfarben, Weisslichgrün und Weisslichorange = Grau; Purpur, Rosa, Violett, Cyanblau und Indigo = Blau. Blau erscheine ihm überhaupt jeder, bei diffuser Beleuchtung grauschwarz erscheinende Gegenstand. Mit Grün und Violett wisse er keine Vorstellung zu verbinden, gebrauche daher nie diese Ausdrücke. Nach Preyer (s. oben) würde der Nichtgebrauch des Wortes „Grün“ auf Grünblindheit deuten, indessen spricht die Verwechslung des Zinnoberroth mit Braun, sowie die genau gemessene Verkürzung des linken Endes seines Spectrum bis über die Linie D heran für Rothblindheit. Die hellste Stelle lag für Hochecker im Gelb, die Grenzen seines gelben und blauen Farbenfeldes im Blaugrün, und zwar lagen sie dicht aneinander, ohne eine graue Zone dazwischen, nur wurde das Gelb vor dem Blau etwas matter. — Mit dem Periskop fanden sich vier verschiedene Stellungen der Nikols, bei denen ihm mattes Roth und Blaugrün gleich erschien, während bei jeder andern Einstellung er die beiden Contrastfarben Blau und Gelb richtig wahrnahm. — Von den zahlreich mitgetheilten Versuchen H.'s mit dem Farbkreis sei hier nur zur Charakterisirung erwähnt, dass 360° Zinnoberroth ihm ebenso dunkelbraun erschien, wie 8° Gelb + 352° Schwarz, welche letztere Mischung dem gesunden Auge dunkelolivengrün vorkam, 360° Grün erschien ebenso gelblich wie 147° Gelb + 118° Weiss + 95° Schwarz.

Donders hatte aus den frischesten Tinten von Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Purpur durch Vermengung oder Deckung mit Lackfarbe sich 100 Nüancen hergestellt, die er in Form von Streifen an die Peripherie eines Kreises derart strahlenförmig befestigte, dass die Complementarfarben nahezu diametral gegenüberstanden (Arch. f. Ophthalmol. XXVII. 1. p. 155 fig. 1881). Er liess nun von einem Roth- und von einem Grünblinden lediglich mit Hülfe von Neapelgelb und Kobaltblau je einen 2. und 3. Kreis innerhalb der hundertfarbigen Peripherie malen. In allen drei Kreisen entsprachen einander das hellste Gelb und das hellste Blau vollkommen, aber vom Gelb nach dem Roth hin enthielt die Nachahmung des Rothblinden viel rascher Dunkeltöne, während in dem Kreise des Grünblinden die Verdunkelung schneller vom Gelb nach dem Grün hin zunahm. Vom Blau an nahm die Verdunkelung bei

dem Rothblinden rascher nach der Seite des Grün, bei dem Grünblinden rascher nach der Seite des Roth hin zu. Jeder Farbenblinde hielt seine Nachahmung des Aussenkreises für gelungen, dagegen durchaus nicht die des andern Farbenblinden.

Die farbigen Contrastschatten ergeben, wie es scheint, für Rothblindheit keine von der Grünblindheit specifisch verschiedenen Eigenthümlichkeiten. Der blaue und der gelbe Contrast wird bei beiden richtig wahrgenommen, der rothe und der grüne entweder als dunkel, braun oder grau bezeichnet, oder er wird aus dem schon oben (S. 59) angegebenen Grunde ebenfalls als bläulich oder als gelblich erklärt. Siehe übrigens S. 60 die Prüfung mit dem „Chromatoskiameter“.

Gegenüber den Erscheinungen der Fluorescenz kennzeichnen sich die beiden Klassen der Rothgrünblindheit unter einander nicht besonders. Das Fluorescenzlicht einer Chlorophylllösung, einer Eosinlösung wird in der Regel nur als eine hellere Abstufung der Grundfarbe dieser Flüssigkeiten bezeichnet. Die blaue Fluorescenz des Chinins und des Aesculins wird dagegen richtig bezeichnet. Der violette Fluorescenzkegel im Petroleum erscheint nur blau, das Uranglas anstatt grün nur gelb. (Hilbert.)

Der von Holmgren als einseitige typische Rothblindheit beschriebene Fall (Med. Centr.-Bl. 49. 50. 1880) betrifft dieselbe Persönlichkeit, die nach Hippel als grünblind bezeichnet werden muss. Die von Holmgren gefundene Verkürzung des rothen Endes bis zur Linie C im Spectrum scheint auf irriger Beobachtung beruht zu haben, da die fast am linken Ende auftretende Rubidiumlinie als „schwach gelb“ deutlich erkannt wurde. Mir ist in der Literatur ein Fall von zweifelloser einseitiger Rothblindheit nicht bekannt geworden.

Die in dem Vorhergehenden möglichst treu hervorgehobenen Unterschiede beider Arten der Rothgrünblindheit¹⁾ treten natürlich

1) Doch möge noch hinzugefügt werden, dass W. Preyer in seiner jüngsten Publikation (Arch. f. Physiol. XXV. 1 u. 2. p. 45 u. 47. 1881) weder auf die Lage der neutralen Zone, noch auf die Verkürzung am rothen Ende einen Werth zu legen geneigt ist. Der vermeintliche Unterschied der Lage der Trennungslinie des gelben und blauen Spectrum bei dem Roth-

um so stärker hervor, je mehr bei der Rothblindheit das Spectrum verkürzt und je deutlicher die graue, neutrale Zone im Grün bei der Grünblindheit ausgesprochen ist. Die Unterschiede werden sich bezüglich der Verwechslung der Farben um so weniger bemerklich machen, wenn das Spectrum nur wenig verkürzt ist und wenn die gelbe und die blaue Empfindung im Grün oder im Grünblau dicht aneinander stossen. Solche Fälle aber besonders zu schildern, lohnt nicht der Mühe. Wenn das Zusammenlegen von Proben die Zweifel nicht zu lösen vermag, so ist daran zu erinnern, dass unsre Pigmentfarben ja stets mehrfaches Licht reflektiren, für welches das farbenblinde unter Umständen empfindlicher ist als ein gesundes Auge. Man wird daher die Proben, indem man kleine Abschnitte auf ein Stück schwarzes Zeug legt, mittels eines Prismas, dessen brechende Kante parallel der Richtung der Fäden zu halten ist, in ihre verschiedenen Strahlen zerlegen und darnach ermessen können, nach welchen sich das anomale Auge bei seiner Wahl richtet.

Für den Rothgrünblinden hat die farbige Landschaft den Charakter einer herbsthlichen. Der Sonnenuntergang, das Alpenglühen, die Fülle unsrer rothen Blumen mit den Uebergängen nach Blau und Violett lassen ihn gleichgültig, die gelben und die blauen Blumen sind für ihn allein vorhanden, die mannigfachen Grün des Frühlings sind für ihn nur gelbe Helligkeitsstufen und das satte Grün¹⁾ des Sommers erscheint ihm so bräunlichgelb wie das gefallene Laub im Herbst. Seine feine Empfindlichkeit für grau-weiss-blaue Schatten bewirkt, dass ihm Gletscherlandschaften einen höhern Reiz als dem Normalsichtigen gewähren. Intelligente Farbenblinde sehen Gegenstände in gemischten Farben wie mit einem durchsichtigen Schleier überzogen, so dass, wie bereits G ö t h e hervorhebt, die eine Farbe über der andern zu schweben scheint. Dieser Schleier giebt auch den grauen Farben einen eigenthüm-

blinden einer- und dem Grünblinden andererseits sei nicht grösser, als er bei einem und demselben Farbenblinden lediglich nach der Lichtstärke wechsele. Auch Hippel (s. oben) stimmt damit überein.

1) *Homer*, der das Verbum *θαλλειν* so vielfach variirt und in seinen Bildern verwendet, ist gewiss kein Grünblinder gewesen.

lichen Schimmer, von dem der Normale keine Vorstellung hat. Es scheint, als ob sich bei Farbenblinden für die verschiedenen brechbaren Lichtstrahlen eine besondere Accommodation ausgebildet hätte, die sie befähigt, feine Schattirungen wie mittels eines Prisma zu analysiren. Der Engländer Pole, welcher in den Philosoph. Transact. Bd. 149 (1859). S. 323 eine sehr genaue Analyse seiner eigenen Farbenblindheit gibt, erklärt ganz ausdrücklich, dass er ausser dem gelben und dem blauen Theil des Spectrum noch eine Menge Schattirungen sah. Er war zwar seit der Kindheit sich bewusst, dass er in seinen Farbenbezeichnungen nicht immer mit den Angaben Anderer übereinstimmte, dass er aber nur für zwei Farben eine mit dem Normalauge übereinstimmende Empfindung besass, ist ihm erst später durch specielle Untersuchung bekannt geworden. Bis dahin hielt er die verschiedenen Schattirungen auch für differente Farben. So armselig und so bedauernswerth, wie man manchmal das Sehen der Farbenblinden bezeichnen hört, ist es daher keinesfalls: auch ihnen kann die bichromatische Welt zu einer Quelle des Reizes werden, der Gleichgültige wird natürlich, ebenso wie unter den Vollsinnigen, die Natur nicht zu empfinden versuchen.

4) *Der herabgesetzte Farbensinn.* In diese Gruppe kann man alle diejenigen Abweichungen rechnen, wo nur quantitative Störungen der Farbenempfindung vorhanden, bei genügender Grösse der farbigen Objekte und genügender Beleuchtung aber keine Irrthümer begangen werden, oder wo Zumischungen von Weiss, Grau oder Schwarz zu einer Hauptfarbe den Charakter derselben rascher verändern und sie undeutlicher werden lassen, als sie für das normale Auge sind. Alle diese Störungen sind aber principiell verschieden von der eigentlichen Farbenblindheit, bei welcher ja für die Farben, die übrig geblieben sind, ein ganz vortreffliches Unterscheidungsvermögen besteht. Wichtiger sind diese Störungen, wenn sie erst erworben sind, da sie die Gebrauchsfähigkeit der Augen bei ungenügender Beleuchtung ernstlich in Frage stellen können.

Holmgren hat, wie schon oben angegeben (S. 45), als unvollständig Farbenblinde solche Personen bezeichnet, welche in

stark mit Weiss gemischten Farbenüancen nicht mehr die Grundfarbe zu erkennen vermögen, sondern vorwiegend Grau oder auch Braun zu sehen glauben. Wilson hat, wenn auch nicht mit denselben Worten, ganz ähnliche Angaben gemacht.

Zu dieser Gruppe kann man, wenn man will, auch solche Personen zählen, die nur einzelne Theile des Spectrum nicht zu erkennen vermögen. Wie die meisten Menschen für die ultravioletten Strahlen unempfindlich sind, so giebt es auch nicht Wenige, welche sich in dem violetten Theile nicht gut zurecht zu finden wissen, sie fassen es nicht, warum man denselben vom blauen trennt, oder nennen ihn grau oder braun, die übrigen spectralen Farben bezeichnen sie richtig.

Nicht selten ist auch die Unsicherheit in der Bezeichnung Grün und Blau. Bei künstlicher Beleuchtung ist bekanntlich die Verwechslung dieser Farben, wenigstens wenn sie gleiche Helligkeit haben, die Regel. Charakteristisch sind auch die beiden Ausdrücke in der deutschen Sprache: „Stahlgrün“ und „Stahlblau“ für gewisse Uebergänge beider Farben.

Auch kommen zuweilen Absonderlichkeiten vor, die in keine Theorie passen, z. B. das totale Unvermögen Gelb von Weiss zu unterscheiden, von welchem Gintl (a. a. O. p. 7) zwei Fälle berichtet. Mehr auf Unkenntniss ist wohl die Verwechslung von Grau und Braun zu beziehen.

Es wurde schon gelegentlich darauf aufmerksam gemacht, dass nicht wenige Farbenblinde, falls sie das volle Spectrum in seiner ganzen Länge, namentlich wenn es lichtstark ist, zu übersehen vermögen, die Grenzen der einzelnen Farben wegen ihrer verschiedenen Helligkeit genau markiren und auch richtig bezeichnen. Isolirt man aber einzelne Theile mittels der Spaltvorrichtung, so vermögen sie die richtige Bezeichnung nicht zu finden, erklären auch im Doppelspectroskop die über einander gestellten Abschnitte Roth und Grün für identisch. Es finden sich aber auch solche Farbenblinde, welche mittels isolirter farbiger Spectren nicht zu überführen sind, ebensowenig als mittels des Polariskops.

Es wird nicht gut angehen, solche anders als ebenfalls zu den Personen mit herabgesetztem Farbensinn zu zählen, wenn sie bei der Prüfung mittels farbiger Schatten in verschiedene Irrthümer fallen, auch durch Florpapier die Buchstaben auf farbigem Grund nicht zu erkennen vermögen, auch die Probe I nach Holmgren nicht bestehen, zuweilen auch pseudo-isochromatische Muster nicht zu sortiren im Stande sind. Pflüger's wiederholt citirte Beobachtungen enthalten mehrere solche Belege. (Fall Nr. 5 und Nr. 11.)

Endlich sei es gestattet, darauf hinzuweisen, dass es nicht immer leicht erscheint, zwischen Fehlern des Sinns und falscher Auffassung zu unterscheiden. Es giebt Farbenirre im seelischen Sinne, welche Farbenblindheit vortäuschen, Confusionäre von Haus aus, die sich noch am ehesten dadurch verrathen, dass sie Fehler begehen, die selbst ein Farbenblinder nicht begehen könnte.

Mit unsern Anforderungen an den Farbensinn der Gesamtbevölkerung ist es fast umgekehrt gegangen, als mit den Anforderungen an die Sehschärfe. Die Sehweite, die nach Untersuchungen an Gebildeten als normale bezeichnet und nach der der Maassstab für die Probelettern berechnet ist, erwies sich als zu kurz, als die Untersucher in die Gebirgsdörfer kamen oder gar zu den Naturvölkern und den Bewohnern der Steppe. Da gab es so und soviel Procent „übernormale“ Augen, was doch eigentlich einen Nonsens bezeichnete. Wenn wir nun auch mit dem Maassstab des Gebildeten und mit der Mannigfaltigkeit seiner Farbensprache die grosse Menge prüfen, so werden wir zwar keine hyperchromatopischen, aber leicht zu viel unternormale Augen finden, insbesondere in solchen Gegenden, wo weder die Beschäftigung noch die Volkstracht zu der Unterscheidung der Farben von Jugend auf veranlasst.

Cohn bemerkt, dass Menschen mit herabgesetztem Farbensinn wohl in der Nähe, aber nicht in der Ferne die wichtigen Signale unterscheiden können, es könne deshalb eine Herabsetzung ebenso gefährlich werden als ein Mangel des Rothgrünsinns. Dies Bedenken geht indess wohl zu weit und beweist, wie nothwendig es

ist, die Proben aus der Stube noch auf das Terrain zu verlegen, ehe man solche Beamte aus dem Dienste entfernt¹⁾.

d) *Vorkommen der Farbenblindheit und sonstiges Verhalten der Farbenblinden.*

Da die erworbene Farbenblindheit einem besondern Capitel vorbehalten ist, haben wir es hier nur mit der *angeborenen* zu thun. Hier sind nun zunächst die *Hereditätsverhältnisse* und die *Geschlechtsverhältnisse* zu besprechen.

1) Die *angeborene totale Farbenblindheit* kommt, soweit die wenigen bisher genau ermittelten Fälle erkennen lassen, mit seltenen Ausnahmen nur beim *männlichen* Geschlecht vor. Wiederholt waren mehrere Brüder mit diesem Uebel behaftet. In dem oben erwähnten Fall, den v. Wecker mitgetheilt hat, hatten die drei erstgeborenen Kinder aus einer baskischen Familie (Geschlechtsangabe fehlt) ein schlechtes Gesicht gehabt ohne nähere Bezeichnung, die drei nächsten Kinder hatten normale Augen, der 7., 8. und 9. Sohn waren absolut farbenblind, das letzte Kind hatte wieder normales Gesicht. Die Eltern hatten normale Augen, über die Grosseltern fehlt die Angabe. Unter den Cohn'schen Fällen ist nur 2mal erwähnt, dass je ein Bruder farbenblind war.

Soviel mir bekannt, hatten mit der einzigen oben erwähnten Ausnahme alle total Farbenblinde auf *beiden* Augen die gleiche Anomalie.

Die totale Farbenblindheit scheint zuweilen (darunter die 3 Brüder bei v. Wecker, ein von Alfr. Graefe erwähntes 16jähriges Mädchen) mit *Nystagmus* verbunden zu sein. Nicht selten sind daher total farbenblinde Augen als *kranke* Augen zu bezeichnen, da eine Art Amblyopie gleichzeitig vorhanden ist.

2) Am besten sind die Hereditätsverhältnisse bei den *Rothgrünblinden* studirt. Man wusste hier schon längst, dass die Anomalie vom Grossvater in der Regel auf den Enkel übergeht, wäh-

• 1) In ähnlicher Weise haben sich die Anforderungen der Specialisten an die Hörfähigkeit der Locomotivführer als über das practische Bedürfniss hinausgehend erwiesen.

rend die Tochter eines farbenblinden Vaters fast ausnahmslos, sehr häufig auch der Sohn, freibleibt.

Besonders prägnante Beispiele sind mehrere mitgetheilt, z. B. von Pliny Earle (Amer. Journ. of med. Sc. April 1845), in welchem Falle in vier Generationen aus 17 Ehen 32 männliche Sprossen mit 18 Farbenblinden und 29 weibliche Sprossen mit 2 Farbenblinden stammten. Die 4. Generation war in 9 Familien getheilt, unter ihnen 21 männliche mit 9 und 22 weibliche Glieder mit 2 Farbenblinden (die zu jungen Kinder sind dabei nicht gezählt), in diesen Familien kam es einmal vor, dass weder Vater noch Grossvater die Anomalie hatte, sie aber in dem Urenkel wieder zu Tage trat.

Ferner theilt Horner (entnommen aus Jefferies a. a. O. p. 58, da das Original nicht zugänglich) zwei Stammbäume mit, welche das Ueberspringen der Anomalie vom Grossvater auf den Enkel deutlich machen.

In dem einen stammen von einem hypothetischen, im Jahre 1642 geborenen Stammvater sieben Generationen mit 14 farbenblinden männlichen Sprossen. Die Descendenz der Anomalie ist nun der Art, dass kein weiblicher Sprössling daran litt, dass mit einer einzigen Ausnahme die farbenblinden Väter normalsichtige Söhne hatten, dass endlich die farbenblinden männlichen Glieder normalsichtige Mütter hatten, aber (den einen Sohn ausgenommen) stets die Enkel farbenblinder Grossväter mütterlicherseits waren. Erst in der letzten Generation schien die Kraft der Vererbung etwas verringert zu sein, da von den 5 verheiratheten Töchtern eines farbenblinden Vaters, welche zusammen wieder 7 Söhne und 8 Töchter hatten, wenigstens die eine unter ihren 3 Söhnen zwei mit normalem Farbensinn hatte.

Bei dem 2. Stammbaum stammen von einem farbenblinden Vater 5 normalsichtige Töchter, von diesen wieder hatten 2 nur weibliche Nachkommen (8) mit normalen Augen, 3 zusammen 18 Kinder, darunter 6 Söhne (sämmtlich farbenblind) und 12 normalsichtige Töchter. Drei von den Letzteren hatten wieder geheirathet, die eine hatte 2 farbenblinde Knaben, die zweite 2 farbenblinde Knaben und 2 normalsichtige Mädchen, die dritte 3 farbenblinde Knaben und 1 normalsichtiges Mädchen.

Es stammten daher von dem einen farbenblinden Urgrossvater 13 Enkel und Urenkel mit der gleichen Anomalie, während sämmtliche weibliche Nachkommen frei geblieben waren, aber sie auf ihre Söhne übertragen hatten.

Fontenay theilt einen Stammbaum mit, wo der farbenblinde Stammvater 5 normalsichtige Söhne und 3 normalsichtige Töchter hatte. Die von den Söhnen stammenden 8 Enkel und 3 Enkelinnen waren normalsichtig geblieben, dagegen war unter den von den Töchtern

stammenden Enkeln die Hälfte wieder rothblind wie der Grossvater, auch 2 verheirathete Enkelinnen hatten 3 rothblinde Söhne.

Es scheint aber, als ob die Vererbung allmählig erlösche. Mauthner erwähnt (a. a. O. 4. Heft. p. 250) zum Beweise, dass die Anomalie des Farbensinns auch analog andren erblichen Störungen des Gesichtssinnes verläuft, dass in den Gliedern einer hochadligen Familie früher mütterlicherseits Blindheit erblich war, so dass ein Theil der Nachkommen entweder blind geboren wurde oder im spätern Leben erblindete, diese Neigung zu Amaurose war nach und nach erloschen, aber die jetzt noch lebenden männlichen Sprossen zeigten zum Theil Farbenblindheit, welche aber auch in dem jüngsten Nachkommen zurückgetreten war.

Es verhält sich mit der Farbenblindheit ähnlich wie mit der Nachtblindheit, von welcher Anomalie unter anderen ein Beispiel von einer Familie in Kentucky bekannt ist, in welcher sie seit 200 Jahren erblich und zwar so, dass stets ein Kind um das andre mit der pigmentirten Netzhaut behaftet war.

In der Familie des oben erwähnten Hochecker waren drei Brüder der Mutter, sein Vetter und sein Neffe ebenfalls farbenblind. In einem zweiten von Letzterem gelegentlich erwähnten Falle waren 2 Brüder, deren Mutter und der Mutter Bruder farbenblind.

Cohn gedenkt eines farbenblinden Vaters mit 7 normalsichtigen Kindern, der Bruder und der Vetter seiner Mutter und sämtliche Söhne seiner Schwester, aber nicht deren Töchter, waren farbenblind. — Die Uebertragung auf die weiblichen Glieder einer Familie oder von der Mutter auf den Sohn ist eine Ausnahme. Das oben schon nach Cunier erwähnte Beispiel von Vererbung *lediglich* auf die *weibliche* Nachkommenschaft ist ganz vereinzelt geblieben.

Nicht uninteressant ist, dass der individuelle Charakter der Rothgrünblindheit bei Gliedern eines Stammes ausserordentlich übereinstimmt, so dass z. B. farbenblinde Brüder nahezu dieselben Fehler machen, dieselbe Verkürzung des Spectrum haben, das Polariskop in gleicher Weise einstellen u. s. w.

Das Sehvermögen ist bei Farbenblinden dieser Art in der

Regel sehr gut, Kurzsichtigkeit kommt natürlich bei solchen auch vor. Nystagmus findet sich bei Rothgrünblinden nicht. Die Doppelseitigkeit ist die Regel, die nur wenig Ausnahmen hat. Beide Augen zeigen annähernd denselben Grad der Anomalie, wenigstens konnte Verf. kein Beispiel finden, dass man das eine für rothblind, das andre für grünblind oder gar für blaublind oder für totalfarbenblind hätte halten müssen. Cohn, welcher auf den Farbensinn beider Augen besonders mit geachtet, konnte keine wesentlichen Differenzen finden, auch hat er bei seinen Massenbeobachtungen keinen einseitig Farbenblinden entdeckt.

Abstammung aus *Ehen* unter *Verwandten* tritt bei dieser Anomalie in keiner irgendwie auffälligen Häufigkeit hervor, so dass solche Ehen wohl kaum Einfluss auf die Disposition haben können (Cohn). Fontenay hat bei seinen 217 Farbenblinden zwar 34mal Erblichkeit, aber niemals Abstammung aus consanguinen Ehen ermitteln können.

3) Die *Blaugelbblindheit* hat sich bisher noch nicht als hereditäre Anomalie nachweisen lassen. Da sie sich aber nicht so leicht verräth, auch erst nur wenige sichere Beobachtungen bekannt sind, wäre die Heredität noch nicht auszuschliessen. Konnte doch auch bei der Rothgrünblindheit von Cohn nichts von den Verhältnissen der Grosseltern in Erfahrung gebracht werden und selbst die Angaben über das Vorkommen derselben Anomalie unter den Geschwistern waren dürftig, da selbst das Vorkommen unter Brüdern nur 14mal zu constatiren war. Wenn daher auch darüber nichts bekannt ist, dass Blaugelbblinde auch Geschwister mit der gleichen Anomalie behaftet besessen haben, so wird man sie vorläufig als ein besonderes Naturspiel betrachten können.

Einseitige Blaugelbblindheit wurde dreimal von Holmgren (Med. Centr.-Bl. 49. 50. 1880, Centr.-Bl. f. pr. Augenhk. V. p. 476. 1881) aufgefunden; das fast ausschliessliche Vorkommen bei dem männlichen Geschlechte scheint sie mit den verwandten Anomalien gemeinsam zu charakterisiren.

Von sonstigen Anomalien des Auges, die gleichzeitig mit Blaugelbblindheit vorkommen, ist nichts bekannt. —

Anhangsweise ist zu erwähnen, dass einzelne Beobachter bei

ihren Farbenblinden auch ein besonders *mangelhaftes Unterscheidungsvermögen für Töne* angeben (Darwin, Preyer z. B.). Vielleicht war dieses nur ein zufälliges Zusammentreffen, sehr oft wird überhaupt nicht danach gefragt worden sein und wo diess, wie von Cohn, bei Massenuntersuchungen regelmässig geschah, war ein besonderes musikalisches Ungeschick nur exceptionell. Ein von Jefferies (a. a. O. p. 105) erwähnter, sehr berühmter, noch lebender amerikanischer Dichter ist hochgradig farbenblind und vollständig unfähig, Töne zu unterscheiden, ist aber fähig, in seinen Gedichten die Welt in der treffendsten, farbenreichsten Art zu schildern.

Von sonstigen angeborenen Abnormitäten am Körper bei farbenblinden Personen ist mir bei der Durchsicht der Literatur kein Beispiel bekannt geworden.

Die Vermuthung, dass unter den *Juden* die Farbenblindheit besonders häufig sich zeige, darf wohl vorläufig noch als unerwiesen bezeichnet werden, wiewohl einzelne Beobachter, z. B. Brailey in England, ein überwiegendes Vorkommen der Rothblindheit bei den Juden betonen.

Auch finden sich unter den Farbenblinden nicht häufiger Blondhaarige und Blauäugige als unter der germanischen Rasse überhaupt.

Der *Augenabstand* — die *Pupillardistanz* — ist kurz nach einander von Holmgren, Cohn und Pflüger bei einer grössern Anzahl von Farbenblinden gemessen worden.

Holmgren hat nur Erwachsene gemessen, die Zahlen schwankten von 54 und 69.5 Mmtr., genau wie bei Normalsichtigen, das Mittel betrug 62.97 Mmtr. bei jenen, bei diesen 62.64. Cohn fand bei Kindern Distanz der Pupillen von 54—62 Mmtr., bei Erwachsenen von 63—66 Mmtr., Pflüger bei Kindern 54—62 Mmtr., bei Erwachsenen 61—63.

Es ist somit erwiesen, dass sich nach dieser Richtung hin keine irgendwie erhebliche Abweichung von der Norm vorfindet.

Veranlasst waren diese Untersuchungen durch die Behauptung Niemetschek's (Prag. Vjhrschr. C. [XXV. 4.] p. 224. 1868), welcher bei 4 farbenblinden Erwachsenen einen Augenabstand von nur 49.6 bis 54 Mmtr. gefunden, auch bei einer ein

seitigen Farbensinnanomalie (Grünsehen) eine verkümmerte Entwicklung des betreffenden Stirnthteils wahrgenommen hatte. N. ging dabei auf die ältern phrenologischen Ansichten zurück, auf welche vielleicht eine weitere Forschung wieder Rücksicht nehmen wird¹⁾.

Die Angabe von A. Schmitz (Centr.-Bl. f. prakt. Ahkde. IV. p. 275. 1880), dass in Familien mit farbenblinden Mitgliedern *schwere nervöse Störungen*, namentlich auch *Epilepsie* und *geistige Schwäche*, *ungewöhnlich häufig* seien, steht bisher ganz vereinzelt da. Alle ältern Beobachter erwähnen nichts davon.

e) *Die erworbene Farbenblindheit.*

Bereits Szokalski (a. a. O. p. 148) hatte erkannt, dass bei der erworbenen Farbenblindheit entweder nur die schwarzweisse Empfindungsreihe übrig geblieben, oder auch nur die Rothgrünempfindung alterirt sein könne. Die ophthalmoskopischen Entdeckungen der Netzhaut- und Sehnervenleiden brachten binnen Kurzem auch eine feinere Diagnostik der amblyopischen Erscheinungen zu Stande und somit ist es ganz natürlich, dass in den 60er und 70er Jahren zuvörderst die Kenntniss von den erworbenen Anomalien des Farbensinns gefördert wurde.

Da die erworbene Farbenblindheit sich nicht immer durch auffällige Verwechselungen beim Sortiren von Mustern verräth, so ist in allen solchen Fällen eine genaue Prüfung des Sehfelds und der centralen Sehschärfe, wie oben S. 54 und 65 angegeben, unerlässlich. Auch wird insbesondere bei erworbener Farbenblindheit bemerkt, dass das Unterscheiden in der Nähe noch wenig Mühe macht, während in etwas grösserer Entfernung Roth und Grün dem weissen Lichte gleichen.

Nuel in Löwen dringt daher mit grosser Entschiedenheit (Ann. d'Oculist. LXXXII. [12. Sér. 2.] 1 et 2. p. 64. Juillet — Août 1879) auf sehr strenge Untersuchung solcher Kranker und

1) Wilson sowohl als Jefferies wollen zuweilen bei Farbenblinden einen eigenthümlichen starren, leblosen Blick beobachtet haben. Wenn man mit solchen Farbenblinden spreche, habe ihr Gesichtsausdruck etwas Theilnahmloses.

verwirft für dieselbe die Holmgren'sche Methode als unzuverlässig und trügerisch. Er erzählt ein Beispiel, wo ein derartig farbenblinder Bahnwärter das grüne für das rothe Signal gegeben und nur durch ein zufälliges Nähertreten den verhängnissvollen Irrthum noch rechtzeitig erkannt und corrigirt hatte. Derselbe war ca. 1 Jahr früher wegen eines Sehnervenleidens behandelt worden, wurde aber erst bei dieser Gelegenheit gewahr, dass mit seinem Farbensinn etwas nicht in Ordnung sei, ging zu einem Arzte, der ihn aber mit der Vermuthung, er sei wohl betrunken gewesen, fortschickte. Der Betreffende hatte nicht lange danach alle Zeichen progressiver Paralyse.

Schirmer's Angaben über die Entwicklung der Farbenblindheit bei *Sehnervenleiden* sind so wichtig, dass wir sie nur wenig abgekürzt hier wiedergeben wollen (vgl. Arch. f. Ophthalm. XIX. 2. p. 194. 1873). Zuerst tritt die anomale Störung bei der grünen Farbe auf, welche gelb, später graulich erscheint, während alle andern Farben noch richtig erkannt werden; bald aber wird auch das Roth graulich, unrein gesehen, im Orange wird nur das Gelb, im Purpur das Blau empfunden. Der Grünblindheit folgt somit bald auch die Rothblindheit und so kommt es vor, dass Grün, Roth und Gelb und nach der Verdunkelung von Roth und Grün auch Braun damit verwechselt wird. Violett wird für Dunkelblau gehalten. Roth erscheint nach und nach ganz wie Grau, ebenso Orange, Purpur, Violett, dann geht auch die Gelb- und schlusslich auch wohl die Blauempfindung verloren. Diese Reihenfolge im Verschwinden der Farben rückt von der Peripherie nach dem Centrum zu, die Untersuchung der Farbenempfindung in der Gegend des centralen Sehens ergiebt anfangs für grössere farbige Objekte noch die Norm, nur für kleine ist die Empfindung geschwächt (vgl. oben die Methode von Donders und von Rose, S. 54 und 63). Die früheren Mittheilungen von Leber (Das. XV. 3. p. 26. 1869) stimmen fast durchgängig mit dem eben Gesagten überein.

Bei *beginnender Tabes* ist wiederholt eine ganz ähnliche Anomalie des Farbensinns — Rothgrünblindheit — beobachtet worden. Zuweilen scheinen die Defecte des Farbensinns den übrigen

Symptomen der Tabes längere Zeit voranzugehen. Zuerst verschwindet z. B. die Empfindlichkeit für Hellgrün, welches für Gelb gehalten wird, dann wird Dunkelgrün für Grau gehalten, erst später auch Roth nicht mehr vom Grün unterschieden. Neben dieser abnehmenden Empfindung kann eine besondere Hyperästhesie für andre Farben, z. B. für Hellblau vorhanden sein.

Unter den *umschriebenen Skotomen* ist insbesondere das *centrale Skotom* für die *rothe* Farbe zu erwähnen, wie es sich bei der *Tabaks-*, vielleicht auch bei der *Alkoholamblyopie* vorfindet. Auch bei *syphilitischer Netzhauterkrankung* wurden zuweilen *centrale Skotome* mit defektem Farbensinn beobachtet.

Ausser diesen Allgemeinerkrankungen chronischer Natur können auch akute Infektionskrankheiten (*Typhus, schwere Malaria, Erysipel* u. s. w.) mit einem während der Krankheit selbst nicht nachweisbaren Sehnervenleiden einhergehen, welches dann während oder auch nach der Reconvaleszenz sich in dem Unvermögen, farbige Objekte in der früher gewohnten Entfernung zu erkennen, zu markiren pfl egt. Sind auch solche Fälle im Verhältniss zur Häufigkeit akuter Infektionskrankheiten auch nur sehr selten beobachtet worden, so wird es doch gerathen sein, ein solches Vorkommen nicht ausser Acht zu lassen.

Ferner kommt es auch zuweilen vor, dass in *noch unaufgeklärter Weise der Farbensinn ganz plötzlich* gestört wird, ohne dass, wie es scheint, sonst ein Symptom einer herabgesetzten Sehschärfe überhaupt — wie diess doch in den vorher besprochenen Formen erworbener Farbenblindheit der Fall ist — immer nachweisbar ist.

Jefferies (a. a. O. p. 51) berichtet nach Tyndall von einer Beobachtung White Cooper's, in welcher ein Seecapitän, der sich die Längeweile mit Sticken zu vertreiben pfl egte, eines Abends die Farben nicht mehr genau zu unterscheiden vermochte, Blau war ihm ganz deutlich, aber Lichtgrün und Scharlachroth, grünes und rothes Glas erschienen ihm nahezu gleichfarbig, sehr dunkle Farbtöne bezeichnete er als Schwarz. Goldstücke von Silberstücken zu unterscheiden war ihm nicht mehr möglich. Als er mehrere Jahre später einmal durch ein rothes Glas nach einem elektrischen Lichte sah, freute er sich sehr, die Empfindung der rothen Farbe wieder einmal zu haben, doch gelang das Experiment nicht bei Gaslicht.

Alexander (Arch. f. Ophthalm. XV. 3. p. 103. 1869) führt den Fall eines Reisenden in einem Seidenwaarengeschäft an, welcher ohne jede Ursache das Vermögen verlor, Farben zu unterscheiden, so dass er z. B. Scharlach und Braun mit Gelb, Rosa mit Grau verwechselte. Die Anomalie ging über das ganze Sehfeld beider Augen. Noch nach 2 Jahren nannte er die rothe Lithiumlinie grün, die grüne Thalliumlinie roth, erkannte aber die hellgrüne Calciumlinie richtig, in seinen Mustern hatte er so ziemlich gelernt sich zurecht zu finden. Sehschärfe und Sehnerv waren ganz normal.

Schirmer erzählt (a. a. O. p. 208), dass einem Schiffer, als er in der Nacht nach dem Wachtfeuer spähte, plötzlich ein Nebel über das Sehfeld zog, und er zwar Gelb und Blau, aber nicht Blaugrün von Gelb, Orange und Roth von Grün, Purpur von Blau unterscheiden konnte; die Sehschärfe erwies sich später beträchtlich herabgesetzt und der Sehnerv atrophisch.

Steffen hat neuerdings (Arch. f. Ophthalm. XXVII. 2. p. 11. 1881) über einen 62jährigen, in einer Farbendruckerei beschäftigten Mann berichtet, welcher nach einem apoplektiformen Insult plötzlich auf beiden Augen, ohne sonstige Sehstörung, das Unterscheidungsvermögen für die ihm wohlbekanntesten Farben eingebüsst hatte. Am auffälligsten war die Unempfindlichkeit für Grün, den betreffenden Theil des Spectrums nannte er dunkel. Das rothe Ende des Spectrums erkannte er und bezeichnete es richtig, doch fiel auch bei lichtstarkem Spectrum die Farbebenennung nach dem blauen und violetten Ende hin schwierig aus. Die Anomalie war nach 4 Jahren noch ziemlich die gleiche, der Lichtsinn war vollkommen erhalten und der Augenhintergrund ganz normal geblieben.

Am wichtigsten für unsern Zweck sind aber schlüsslich diejenigen Fälle, in denen nach einer *Verletzung* (*Gehirnerschütterung*) der Farbensinn zeitweilig oder für immer alterirt ist. Bereits Wilson wies darauf hin und erzählt, dass ein Arzt nach einem Sturz vom Pferde nicht mehr im Stande war, die verschiedenen Schattirungen der Blumen zu unterscheiden und ihm Stengel und Blätter eines Rosenstrauchs gleichfarbig wie die Rose selbst erschienen.

Verschiedene erworbene Anomalien des Farbensinns, wie die bei der hysterischen Amblyopie vorkommenden Störungen, das Gelbsehen bei Ikterischen, die Wirkungen des Santonin und einige andere können hier, als dem speciellen Zwecke ferner liegend, übergangen werden.

Auch müssen wir uns hier begnügen, auf jenes dunkle Gebiet des „*Hypnotismus*“ lediglich hinzuweisen, auf welchem es unter Anderem auch gelingen soll (vgl. Cohn, Bresl. ärztl. Ztschr. II. 6. 7. 1880), bei gewissen Personen einseitige totale Farben-

blindheit, bez. auch Rothblindheit durch gewisse Manipulationen vorübergehend zu erzeugen.

f) *Die praktischen Beziehungen der Farbenblindheit.*

Sind auch in dem Abschnitte p. 43 fig. die für die Praxis wichtigen Untersuchungsmethoden mitgetheilt, so müssen wir uns doch zum Schluss mit der Frage beschäftigen, wie es gekommen ist, dass dem Vorkommen der Farbenblindheit in immer dringlicherer Weise eine erhöhte Bedeutung zugesprochen wird. Wenn es sich nur darum handelt, Verkäufer in Handlungen mit Kleiderstoffen, Schneider, Chemiker, Maler und Landkartenzeichner vor den Nachtheilen eines anomalen Farbensinns bei der Wahl eines solchen Berufs zu warnen, würde kaum Jemand der Farbenblindheit eine grosse Wichtigkeit beilegen.

Dass die Farbenblindheit auch für andere Personen einen Nachtheil haben könne, war trotz Wilson's Warnung unbeachtet geblieben. Da ereignete sich Folgendes.

In der Nacht zum 15. November 1875 fand bei Lagerlunda in Schweden ein Zusammenstoss zweier Schnellzüge statt, wobei eine Reisende und acht Beamte (darunter der Maschinenführer des einen Zuges) getödtet, ein Reisender und ein Beamter, abgesehen von leicht Contusionirten, verletzt wurden. Bei der Untersuchung ergaben sich Umstände, welche Holmgren „zu der Voraussetzung berechtigten, dass jener Unglücksfall vorzugsweise durch Farbenblindheit veranlasst worden sei“¹⁾. Er hat zunächst in seinem

1) Die Gründe giebt H. leider nicht an. Der über ein Jahr später veröffentlichte Bericht in den „Statens Jernvägstrafik för år 1875“ p. 48, welcher mir als alleinige Quelle zu Gebote steht, macht gar keine Angabe über die Ursache der Collision. Auch ein weiterer Passus in Holmgren's Darstellung (a. a. O. p. 53): „Festgestellt ist, dass die Farbenblindheit in andern Ländern zahlreiche und schwere Unglücksfälle zur Folge gehabt hat“ ermangelt jeder nähern Angabe, auch habe ich mich vergebens anderwärts nach Beweisen für diese schwere Beschuldigung umgesehen. Dr. Gintl war so gütig, mir mitzutheilen, dass ihm auch nur ein einziges Beispiel bekannt geworden sei. Dasselbe betrifft einen im Juli 1876 auf der finnländischen Bahn zwischen Helsingfors und Tawastehus vorgekommenen Unglücksfall, der durch einen farbenblinden Weichenwärter veranlasst war, welcher dem einfahrenden Zuge die grüne anstatt der rothen Laterne entgegengehalten hatte.

Vaterlande diese Angelegenheit mit ausserordentlicher Energie betrieben und seinen Bemühungen ist es zu verdanken, dass seit Beginn des Jahres 1877 der Bahndienst in Schweden nur von Vollsinnigen versehen wird.

Zunächst musste natürlich ermittelt werden, in welchem Verhältniss die Farbenblindheit oder speciell die Rothgrünblindheit unter der Bevölkerung sich findet. Die Untersuchungen Wilson's, die ja ohnehin vergessen waren, konnten nicht in Frage kommen. Allerdings hatte bereits seit 1864 in Frankreich Dr. Favre zunächst Eisenbahnbeamte, später auch Matrosen auf die Erkennung von Farben geprüft. Indessen konnte seine Methode, die Untersuchung auf die Nennung der Farben zu basiren, kaum maassgebend sein, da sie augenscheinlich einen zu hohen Procentsatz ergab.

Es sind nun wesentlich in Folge von Holmgren's, in Deutschland auch noch durch Stilling's Bestrebungen nach und nach eine grosse Menge von Untersuchungen in den verschiedensten Ländern angestellt worden.

Ohne auf Vollständigkeit Anspruch zu erheben, wollen wir ein Bild von dem Umfange des gewonnenen Materials in den nachstehenden Gruppen zusammenfassen. Die Einzelheiten sind theils der wiederholt genannten Monographie, theils kleinern Artikeln, namentlich dem Centr.-Bl. f. prakt. Ahlkde. entnommen.

a) *Schüler verschiedener Bildungsanstalten* wurden untersucht, vornehmlich nach der Holmgren'schen Methode:

	Unter- suchte	Roth- blinde	Grün- blinde	Unvollst. Farbenbl.	Summa	Procent
<i>Holmgren</i> und Andere in						
Schweden a) Volksschüler	3654	36	51	79	166	4.54
b) Elementarschüler	8682	83	72	145	300	3.45
<i>Fontenay (Hansen)</i> in						
Dänemark	1287	11	1	22	34	2.64
<i>Daae</i> in Norwegen	205	8	2	11	21	10.24
<i>Burnett</i> in Amerika (Far- bige)	1349	17	3	78	100 ¹⁾	7.41

1) Inklus. 2 Violettblinden.

	Unter- suchte	Roth- blinde	Grün- blinde	Unvollst. Farbenbl.	Summa	Procent
<i>Jefferies</i> in Amerika, 1. Reihe	9303	258	60	53	371	3.90
<i>Jefferies</i> in Amerika, voll- ständige Reihe	14469	?	?	?	608	4.20
<i>Macé</i> und <i>Nicati</i> in 3 fran- zösischen Lyceen . . .	925	—	—	—	33	3.57
<i>Cohn</i> in Breslau	2429	—	—	—	95 ¹⁾	4.00
<i>Magnus</i> in Breslau . . .	3273	30	48	20	107 ²⁾	3.27
<i>Carl</i> in Frankfurt a/M. Höhere Schulen	1504	—	—	—	26	1.7
Niedere Schulen	1000	—	—	—	35	3.5
<i>Just</i> in Zittau	794		21	2	23	2.6

Zählt man nur die Roth- und Grünblinden zusammen, so kamen auf je 100 Schüler in Schweden 1.96⁰/₀ solcher Farbenblinden, in Dänemark ca. 1⁰/₀, in Norwegen fast 5⁰/₀, in Amerika bei den Farbigen nach Burnett 1.5⁰/₀, nach Jefferies 3.4⁰/₀, in Breslau nach Cohn und Magnus 2.7⁰/₀. Man sieht, die Angaben differiren noch bedeutend, so dass kleine Zahlenreihen von vorn herein als unbrauchbar anzusehen sein werden. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Rothgrünblindheit etwas häufiger vorkommt, als jene mit dem Namen der unvollständigen Farbenblindheit bezeichnete Affektion, bei welcher ohnehin wohl die subjektive Anschauung beträchtlich mit maassgebend ist. Dass in niedern Schulen die Zahl der Farbenblinden höher ist, wird von allen Beobachtern bemerkt, sehr bedeutend ist aber der Unterschied nicht, so dass auch nur mangelhafte Auffassung die Ursache sein kann, dass in den niedern Schulen sich mehr Farbenblinde fanden.

b) *Erwachsene* ergaben folgende Ziffern beim *männlichen* Geschlecht:

1) Darunter 5 als violettblind, 12 als totalfarbenblind, die Uebrigen als rothgrünblind bezeichnet, unvollständig Farbenblinde nicht mit aufgeführt.

2) Darunter noch 7 Violettblinde und 2 total Farbenblinde.

	Unter- suchte	Roth- blinde	Grün- blinde	Unvollst. Farbenbl.	Summa	Procent
<i>Holmgren</i> u. andere schwe- dische Aerzte						
Studenten	1523	8	13	26	47	3.08
Wehrpflichtige	2752	23	27	55	105	3.81
Junge Leute	555	6	7	12	25	4.50
Eisenbahnpersonal	7953	45	48	78	171	2.15
Seeleute	4225	22	30	42	94	2.22
Soldaten	1851	13	20	29	62	3.54
Fabrikarbeiter	649	9	4	18	31	4.77
Gefangene	321	5	4	9	18	5.60
<i>Fontenay</i> ¹⁾						
in den niedern Ständen	3072	26	13	83	124 ²⁾	4.04
in den höhern Ständen	928	12	3	16	31	3.34
<i>Jefferies</i> , Lehrer und Stu- denten						
	1084	30	15	15	60	5.54
<i>Jefferies</i> , Aerzte						
	465	14	2	6	22	4.73

Die obigen Reihen würden, wenn man nur die vollständig Farbenblinden rechnet, auf fast 25000 Untersuchte ca. 1.58 % Rothblinde und Grünblinde zusammen ergeben, bei dem schwed. *Eisenb.-Personal* und den schwed. *Seeleuten* bildeten sie nur 1.1—1.2 % sämmtlicher Untersuchten.

Die Zahlen differiren auch hier ausserordentlich: *Fontenay* hatte in Kopenhagen beim *Eisenb.-Personal* Farbenblinde überhaupt: 2.87 %, *Donders* in Utrecht 6.60 %, *Krohn* in Finland 5.0 %, *Stilling* 6 %, *v. Reuss* in Wien 3.5 %, *Gintl* untersuchte 1682 vom Personal der österr.-rumänischen Linien und fand darunter 207mal (= 12.3 %) Abnormitäten, unter ihnen aber auch 107mal Verwechslung von Blau mit Violett und nur 42 mal (2.5 %) Verwechslung von Roth mit Grün. *Lederer* bei österreichischen Seeleuten fand 4.8 % farbenblind.

Wilson hatte auf 1154 Untersuchte 5.6 % Farbenblinde gehabt, nach den einzelnen Kategorien (Soldaten, Studenten, Polizeipersonal u. s. w.) differirten die Zahlen von 2 bis fast 12 %. *Favre* fand anfangs beim Eisenbahnpersonal nur 1.2 % Rothgrünblinde, später 5.8 % und bei Soldaten sogar 9.3 % Farbenblinde, doch hat er das letztere Verhältniss durch Abzug von Solchen, welche bei der Bezeichnung von Farben nur zögernd verfahren, auch auf 5.8 % herabgemindert. *Féris* hat auch, wie *Favre*, die Untersuchung

1) Eine später vervollständigte Reihe ergab unter 9659 Personen (4492 Männer, 2453 Frauen, 1348 Knaben, 1366 Mädchen) 217 Farbenblinde, von denen 56 als Roth-, 24 als Grün-, 2 als Blaublinde und 135 als unvollständig Farbenblinde verzeichnet sind.

2) Darunter noch 2 Violettblinde.

auf die Kenntniss der Farbennamen gegründet und fand von 500 Seeleuten nicht weniger als 47 mit Abnormitäten behaftet. Keyser in Amerika fand 3.5 % Rothgrünblinde und 8.5 %, welche unsicher in den Schattirungen waren. In England ermittelte ein Comité nach Brailey's Bericht unter c. 18000 Personen verschiedener Lebensstellung 3.4 % Rothgrünblinde, Rothblinde waren anscheinend etwas häufiger als Grünblinde. Unter 16431 männlichen Personen wurden, den schwachen Farbensinn mit eingerechnet, 4.76 % Farbenblinde gefunden.

Ist in einigen Beispielen zu viel geschehen, so scheint bei den unter dem deutsch-österreichischen Bahnpersonal angestellten Untersuchungen zu wenig ermittelt worden zu sein. Die Gintl'sche Tabelle, welche sich bei Jefferies (a. a. O. p. 270) abgedruckt findet, ergibt im Extrakt Folgendes:

Untersuchung mittels	Untersuchte	Farbenblinde	Procent
Stillings Tafeln allein	8110	115	1.42
Stillings Tafeln, Spektroskop oder farbige Papiere	12894	104	0.81
Farbige Garne und Spektroskop	1514	3	0.20
Colorirte Papiere allein	5799	29	0.50
Colorirte Tafeln und Gläser	11960	62	0.52
Laternen	1167	6	0.51
Zusammen	41444	319	0.77

In der *Zeitg. des Ver. deutsch. Eisenb.-Verwaltungen* ist die officiële Uebersicht abgedruckt (Bd. XIX. p. 1008. 1879), wie sie die allgemeine Enquête ergeben hatte:

	Untersuchte	Farbenblinde	Procent
Stationsbeamte	7266	27	0.37
Bahnmeister und Adspiranten	1731	5	0.29
Rangirer	3475	28	0.81
Weichensteller	13523	80	0.59
Bahnwärter	26055	180	0.69
Lokomotivführer und Heizer	11066	80	0.72
Zugführer, Packer, Schaffner	13646	72	0.53
Ständige Arbeiter	6360	47	0.74
Sonstige Beamte	2866	18	0.63
Hauptsumme	85996	537	0.62

Trotz dieser Menge ist doch ein sehr grosser Theil des Personals nicht untersucht worden. Ein zuverlässiges Ergebniss haben diese Untersuchungen nicht liefern können, da die verwendeten Methoden zu ungleich und augenscheinlich auch nicht genau durchgeführt waren.

Beim weiblichen Geschlecht haben die Massenuntersuchungen nur verschwindend kleine Ziffern von Farbenblinden ergeben.

Holmgren fand bei 4718 Mädchen nur 1 Roth- und 1 Grünblinde und 13 mit unvollständigem Farbensinn (= 0.3) und bei 2401 weibl. Erwachsenen nur 1 Rothblinde und 4 mit unvollständigem Farbensinn. Jefferies hat bei 7942 Mädchen und Frauen nur 1 Roth-, 1 Grünblinde und 2 mit unvollständigem Farbensinn gefunden, was sogar nur 5 auf 10000 ergiebt. Einer späteren Mittheilung nach fand J. unter 13813 weiblichen Personen nur 10 Farbenblinde. Nach Brailey war die Ziffer bei dem weiblichen Geschlecht 0.4%, nach Fontenay 0.42%. Unter den höheren Ständen fand Letzterer bei 632 untersuchten Frauen gar keine Farbenblinden. Wenn Minder unter 846 Schulmädchen 11 Farbenblinde fand, so ist diess gewiss nur ein Zufall, wie ja auch seine Ziffer beim männlichen Geschlecht ($1429 : 95 = 6.6\%$) ungewöhnlich hoch ist.

Diess ist die eine Seite der Frage. Die andere Seite aber, die nicht ganz zu übergehen sein dürfte, ist die, in welchem Maasse die Zahl der Betriebsstörungen auf den Eisenbahnen bei der gewaltigen Ausdehnung derselben und der Steigerung des Betriebes seiner Intensität nach Grund zu Befürchtungen giebt, dass der Farbenblindheit eines Theils des Personals ein nicht unerheblicher Antheil an solchen Betriebsstörungen und Unglücksfällen zugesprochen werden müsse.

Angesichts der zahlreichen Möglichkeiten, welche bei dem Eisenbahnbetriebe die Gesundheit und das Leben der Beamten und der Reisenden bedrohen, hat man schon frühzeitig einen Maassstab für diese Gefahr zu ermitteln gesucht. In Deutschland verdanken wir dem Freiherrn M. M. v. Weber die eingehendsten Arbeiten hierüber¹⁾. Es ergiebt sich aus diesen Zusammenstellungen, dass die Gefahr eine ausserordentlich geringe ist, auch ergiebt ein Vergleich mit den spätern Jahren bis jetzt, dass diese Gefahr mehr und mehr verringert worden ist. Bei der Wichtigkeit der Sache möge es gestattet sein, hierbei einen Augenblick zu verweilen.

Die *englische* Statistik der Jahre 1840—1852 ergiebt, dass auf je 100 deutsche Meilen betriebener Bahn jährlich durchschnittlich:

1.7 getödteter	} Mann vom Lokomotivpersonal,
1.9 verletzter	

1) Siehe dessen Schriften: Die Technik des Eisenbahnbetriebs in Bezug auf die Sicherheit desselben. 1854. — Die Lebensversicherung der Eisenbahnpassagiere etc. 1855. — Die Gefährdungen des Personals beim Maschinen- und Fahrdienst der Eisenbahnen. Leipzig 1862. B. G. Teubner.

1.1 getödteter }
 0.9 verletzter } Mann vom Zugpersonal

kommen. In den Jahren 1851—1858 kamen in *Preussen* auf je 100 deutsche Meilen Bahnlänge jährlich:

0.8 getödteter }
 1.7 verletzter } Mann vom Maschinenpersonal,
 1.7 getödteter }
 3.2 verletzter } Mann vom Zugpersonal.

In den 3 Jahren 1850—1852 kamen in England auf ca. 232¹/₂ Mill. Passagiere noch 1814 Getödtete oder Verletzte, d. i. 1 auf 128000 in runder Ziffer. Bedeutend geringer war Ausgangs der 40er und Anfang der 50er Jahre die Gefahr für die deutschen Passagiere, da nach der Zusammenstellung v. Weber's nur 29 Getödtete und Verletzte auf rund 177¹/₂ Mill. Passagiermeilen¹⁾ bei 13 Bahnen kamen (1 auf ca. 6 Mill. Meilen oder fast 980000 Passagiere).

Einer Zusammenstellung in der „Times“ entnehme ich zum weiteren Beweis für die wesentliche Verbesserung in dem Eisenbahnbetrieb und dadurch erzielte verringerte Gefährdung der Passagiere die nachstehenden Ziffern.

Ein getödteter Passagier kam auf Passagiere überhaupt in

	Frankreich	England	Belgien
1835/59	1955555	5256290	8861804
1859/69	13323014	15229073	13000000
1872/79	27879000	13423000	25289421

Dagegen kam ein verletzter Passagier auf Passagiere überhaupt in:

	Frankreich	England	Belgien
1835/59	496551	311345	200000
1859/69	673927	407260	1793108

Die Unfälle vertheilen sich sehr ungleichmässig auf die einzelnen Jahre, sodass z. B. die 6 grossen französischen Eisenbahngesellschaften, welche in den Jahren 1868—1877 zusammen 773 Unglücksfälle zählten, wobei 218 Passagiere getödtet und 2158 verletzt wurden, im Jahre 1871 allein 155 Unfälle, im Jahre 1873 dagegen keinen einzigen Unfall zu verzeichnen hatten.

In den Jahren 1863—1876 wurden nach den statistischen Nachrichten des Handelsministeriums in *Preussen* von 1384912 Eisenbahnbeamten und Bahnarbeitern 2535 getödtet (= jährlich 1.83‰) und 7364 (= jährlich 5.32‰) verletzt.

Aus den Jahreshften der deutschen Eisenbahnstatistik habe ich die Unfälle bei fahrenden Zügen (incl. ihres Aufenthalts auf den Bahnhöfen) auf *deutschen Bahnen* extrahirt, bei welchen Personen verletzt oder getödtet worden

1) Man rechnete auf jeden Passagier 6¹/₄ durchfahrene Meilen in Deutschland.

sind. Alle Unfälle, die nur Beschädigungen des Materials zur Folge hatten, sind weggelassen. Eine 10jährige Reihe (1868—1877) ergibt als Ursachen:

Zusammenstöße von Zügen	342
Entgleisungen	275
Falsche Weichenstellung	138
Zu schnelles Einfahren in die Bahnhöfe	28
Achsenbrüche	34
Andere Ursachen	397
Zusammen	1214

Dabei wurden:	a) verletzt	b) getötet
Reisende	647	58
Beamte und Arbeiter	1390	237
Dritte Personen	97	26
Zusammen	2134	321
	2455	

Es kommen demnach in runder Ziffer auf jeden Unfall bei fahrenden Zügen, welcher überhaupt mit Gefährdung von Menschenleben verbunden war, 2 Verletzte incl. Getödtete in dem gedachten Zeitraume.

Wie *ausserordentlich gering* aber die Gefährdung der *Passagiere* gegenüber der der Eisenbahnbeamten ist, wird ersichtlich aus einer der Ztg. des Ver. deutsch. Eisenb.-Verwalt. (Jahrg. XX. p. 495. 1880) entnommenen Aufstellung:

	1876	1877	1878	1879
Ein Reisender wurde getödtet von	11,830447	10,879523	7,245559	13,058091
„ „ „ verletzt „	2,957611	1,673484	2,717084	1,601464
Ein Beamter wurde getödtet von	819	703	919	946
„ „ „ verletzt „	183	199	215	200
Eine Verunglückung überhaupt kam auf:				
Achskilometer	3,819306	4,249558	4,220325	4,052330
Jahresgleislänge in Kilometern	18	21	22	21

Da der Umfang der Erde ca. 40000 Kilometer beträgt, so würde im Durchschnitt der letzten 4 Jahre diese Länge 100mal von einer Achse oder von einem Zug mit 100 Achsen 1mal zurückgelegt worden sein, ehe sich eine einzige tödtliche oder nicht tödtliche Verletzung ereignet hätte.

Da die Anregung zu dieser Frage von *Schweden* ausgegangen, so darf dieses Land in einer solchen Statistik nicht fehlen. Laut der Zusammen-

stellung in der schon citirten „Statens Jernvägstrafik“ (Jahrg. 1880. p. 36) sind in den 15 Jahren von 1856 — 1880 auf den schwedischen Staatsbahnen 12 Reisende, 60 Beamte und 30mal dritte Personen verletzt, 11 Reisende (darunter 3 durch eigene Schuld), 100 Beamte und 109mal dritte Personen getödtet worden. In dem genannten Zeitraum wurden etwas über 42 Millionen Passagiere befördert und über 80 Millionen Kilometer durchfahren. Ein Unfall bei den Reisenden kam daher auf 1,829509 Reisende oder auf 3,504785 durchfahrene Kilometer. Beim Personal kam eine Verletzung auf 1,343500 und eine Tödtung auf 806100 Kilometer. (Warum in Schweden die Zahl der Getödteten höher als die der Verletzten ist, entzieht sich meiner nähern Beurtheilung, bei den „dritten Personen“ erklärt es sich vielleicht durch die mit hinzugezählten Selbstmörder, die sich absichtlich überfahren liessen.)

Jede Verbesserung der Technik in dem Eisenbahnbetrieb wird danach in ersichtlicher Weise dem Eisenbahnpersonal selbst zu Gute kommen, für die Reisenden wird sie bei der ohnehin ganz minimalen Gefahr kaum bemerkbar sein. Es wird diess hier nur um deswillen erwähnt, weil anzunehmen ist, dass die Ausscheidung eines einzigen möglichen Faktors zur Herbeiführung von Betriebsstörungen, wie dies unleugbar die Farbenblindheit ist, gegenüber den andern zahlreichen Möglichkeiten, ziffermässig vielleicht gar nicht nachweisbar sein wird.

v. Weber widmet (s. die Technik u. s. w. p. 196 flg.) dem *Signalwesen* in seiner Bedeutung für die Sicherheit des Betriebs ein ausführliches Capitel. Er erwähnt, dass die Gebrüder *Chappe* in Frankreich Untersuchungen angestellt haben über die Entfernung (den Gesichtswinkel) der weissen und farbigen Lichtsignale, bei der sie überhaupt sichtbar sind. Er beklagt, dass man keine genaue Statistik über die Zahl der Unfälle besitze, welche durch Mängel der Signale entstanden. Er gedenkt zwar nicht der Farbenblindheit (auch nicht in seiner letzten Schrift 1862), kennt aber genau verschiedene andere Schwierigkeiten, welche sich der Unterscheidung farbiger Signale entgegensetzen. Nach seinen Angaben ist es wohl unzweifelhaft, dass die Sicherheit des Betriebes zugenommen hat, nachdem die „durchgehenden“ optischen Signale durch die elektrischen ersetzt worden sind. Unersetzbar sind aber zunächst noch geblieben die optischen Signale zur Bezeichnung der örtlichen Zustände der Strecken und Stationen

und diejenigen, welche der Zug selbst dem Strecken- oder Stationspersonale zu geben hat.

In Deutschland wird, abgesehen von den meist durch die Stellung charakteristischen Tagessignalen, die freie Bahn durch *weisses* Licht, die gesperrte Bahn durch *rothes* Licht angezeigt, das *grüne* Licht ist das Signal für „langsam fahren“. Für unsere Verhältnisse ist es daher eigentlich nicht ganz zutreffend, wenn man rothes und grünes Licht als Gegensätze betrachtet, richtiger wäre es, die grösste Gefahr der Verwechslung darin zu sehen, überhaupt ein farbiges Signal für ein weisses zu halten (das weisse Licht enthält bekanntlich vorwiegend noch gelbe Strahlen).

Nun entsteht die Frage: Wenn im Allgemeinen auf 1000 männliche Erwachsene 25—35 Farbenblinde kommen, und wenn sich dasselbe Verhältniss auch bei den Eisenbahnbeamten unter der Voraussetzung einer guten und geschickt ausgeführten Untersuchungsmethode wiederholt, wie ist es zu erklären, dass nicht viel häufiger Unglücksfälle im Eisenbahnbetrieb vorkommen, dass vielmehr derselbe eine so ausserordentlich grosse Sicherheit bietet, wie thatsächlich kein anderer Betrieb oder kein anderes Gewerbe, bei dem es sich um Bewegung oder Fortbewegung grosser Lasten handelt?

Holmgren und Jefferies haben in ihren Monographien diesem Punkte eine grosse Aufmerksamkeit und ausführliche Darstellung gewidmet. Das darüber von ihnen, sowie von andern Autoren Gesagte lässt sich in der Kürze etwa folgendermaassen zusammenfassen.

Die Sicherheit des Betriebes hängt in erster Linie von der Pünktlichkeit überhaupt ab, bei deren Einhaltung nach Ort und Zeit von vornherein keine Veranlassung zu Betriebsstörungen gegeben wird.

Nur praktisch geschulte und auch nach ihren moralischen Eigenschaften für tüchtig befundene Männer qualificiren sich überhaupt zu solchem Dienste und werden zu solchem verwendet.

Von den Farbenblinden sind (abgesehen von den äusserst

seltenen total Farbenblinden und Blaugelbblinden)¹⁾ auch noch Diejenigen wohl in der Regel als unschädlich zu bezeichnen, welche nur als unvollständig farbenblind zu bezeichnen waren. Es bleibt daher ein beträchtlich geringerer Procentsatz als schädlicher Faktor an und für sich schon übrig.

Die Rothgrünblinden haben, da es sich in der Praxis nur um die beiden Hauptfarben, aber nicht um Farbentöne oder Schattierungen handelt, bereits gelernt, die Signale an für den Normal-sichtigen nicht oder weniger wahrnehmbaren Kennzeichen, insbesondere der verschiedenen Helligkeit, zu unterscheiden.

Es ist wenig wahrscheinlich, dass ein Rothgrünblinder, wenn er Signale zu geben hat, die beiden farbigen Laternen unter sich oder mit der weissen verwechseln wird, da sie sich in der Nähe durch ihm bekannte verschiedene Helligkeiten sehr deutlich markiren. Von den Bahnwärtern aus wird daher nicht so leicht ein verhängnissvoller Irrthum veranlasst werden. Der schon erwähnte Dr. Keyser fand, dass die ermittelten Rothgrünblinden die rothe Laterne auf 3 Fuss Entfernung unterscheiden konnten, aber auf 10, 20 oder 30 Fuss die Farbe für Grün hielten. Selbst Holmgren hält es für zulässig, solche in ihrem Dienst zu belassen, nur solle man die von ihnen bedienten Signale zu grösserer Sicherheit noch mit Buchstaben (R und G) bezeichnen.

Derjenige, der auf die gegebenen Signale zu achten hat also der Maschinenführer und der Zugführer, auf grössern Bahnhöfen auch der Stationsvorstand, läuft als Farbenblinder allerdings weit grössere Gefahr, sich zu täuschen, da er die Signale aus grösseren Entfernungen wahrzunehmen hat und eine Korrektur zu spät sein würde, wenn er nahe genug ist, die Unterschiede wahrzunehmen. Wenn trotzdem auch hier die Gefahren geringer zu sein scheinen, als die Voraussetzung es annimmt, so kann man diess einmal dadurch erklären, dass am Tage dem Führer in der Regel eine Menge Gegenstände zur Vergleichung zu Gebote stehen, in der Nacht aber auch die Stellung der Signale an und für sich,

1) Stilling hält Letztere um deswillen für bedenklich, weil sie Roth, vielleicht auch Grün, in grösserer Distanz für Weiss halten können.

ferner die Uebung in Beurtheilung der Helligkeit deren Unterschiede ihm bewusst werden lässt, endlich dass er, wie das von Dr. Minder erzählte Beispiel beweist, von seinem Gefährten auf der Maschine in seinem Urtheil unterstützt wird. Als in dem erwähnten Falle auch ein neuer Gefährte farbenunsicher zu sein schien, fing der Zustand nach der eigenen Aussage des Führers an „ungemüthlich“ zu werden. Immer aber wird dann die Gefahr am drohendsten sein, wenn er das rothe Licht für ein weisses, weniger schon, wenn er es für ein grünes hält, der umgekehrte Fall kann ihn ja nur veranlassen, den Zug halten zu lassen. Dass aber ein von Geburt Rothgrünblinder das rothe oder grüne Signal für weisses Licht halten sollte, ist zwar möglich, aber doch sehr unwahrscheinlich, weil auch für ihn wie für den Gesunden die hellste Stelle im Weiss, bez. im Gelb liegt.

Doch ist darin Holmgren vollkommen beizustimmen, dass alle diese glücklichen Umstände, welche im Grossen und Ganzen die Nachteile der Farbenblindheit vielleicht in der ganzen Lebenszeit eines Lokomotivführers nicht hervortreten lassen, doch im konkreten Fall versagen können. Ungünstige Witterungsverhältnisse, Sturm, Regen und Schnee, besonders Nebel erschweren auch für den Vollsinnigen den Dienst, wie viel mehr noch für den Farbenblinden. Schlecht brennende, rauchende Flammen, beschlagene Gläser u. s. w. machen es möglich, dass ihn sein feines Gefühl für Helligkeitsunterschiede im Stiche lässt, wo der Farbentüchtige sich noch nicht täuscht.

Endlich aber gelten, wie nochmals ausdrücklich hervorgehoben werden mag, alle die erwähnten günstigen Umstände nur für den von Kindheit an Farbenblinden. Wer die Anomalie erst später erworben hat, ist unter allen Verhältnissen als absolut unfähig zu bezeichnen, auch wenn seine sonstige Sehschärfe noch nicht gelitten hätte. Es mag sein, dass verhältnissmässig nur selten ein solcher Zufall sich ereignet, dass gerade ein Bahnbeamter in dieser Weise befallen wird, — immerhin aber wird mit vollem Rechte insbesondere von französischen Beobachtern darauf gedrungen, eine genaue Untersuchung nach dieser Richtung hin vorzunehmen.

Für den *Verkehr auf der See* hat die Farbenblindheit nach der Ansicht von Féris und Jefferies noch eine grössere Bedeutung. Die Bewegung des Schiffes seiner Richtung nach wird in der Nacht durch farbige Laternen angezeigt, von denen die grüne auf der Steuerbordseite, die rothe auf der entgegengesetzten sich befindet. Eine Verwechslung dieser Signale kann zu Collisionen auf offener See führen. Jefferies führt (a. a. O. p. 161) eine Statistik von Dr. Romberg in Bremen an, wonach in den Jahren 1859 bis 1866 unter 2408 Seeunfällen über 800 in Folge von Versehen des Piloten oder des Capitäns gezählt werden, von welchen wahrscheinlich mehrere durch Farbenblindheit verursacht wurden. Féris weist auch auf die Nothwendigkeit hin, dass der Seefahrer die Lichter an der Küste richtig zu erkennen vermöge. Da bei dem Schiffsverkehr es nicht ausreicht zur Sicherheit, dass nur die Angehörigen eines Staates vorbeugende Maassregeln treffen, verlangt Daae ein internationales Gesetz hierüber. Wegen des Nähern müssen wir auf Cap. 15 der Monographie von Jefferies verweisen.

Zum Schlusse sollen noch einige andere für die Praxis nicht unwichtige Verhältnisse besprochen werden.

Die *Dissimulation* von Farbenblindheit ist sehr häufig, auch bei Solchen, welche nicht etwa der Vollsinnigkeit zur Ausübung eines bestimmten Berufes bedürfen. Es geschieht diese Verheimlichung mehr aus Furcht, sich lächerlich zu machen, als aus andern Gründen. Dass Eisenbahnbeamte Grund haben, ihren Fehler zu verbergen, kann man ihnen nicht verdenken. Um nicht getäuscht zu werden, soll der Untersucher sich aber nicht mit einer einzigen Methode begnügen und mag hier nochmals auf das oben bei den Pulverproben und den v. Reuss'schen Täfelchen Gesagte verwiesen sein.

Simulation von Farbenblindheit kann, wenn sie sehr geschickt durchgeführt wird, nicht nachgewiesen werden. Wer sich mit Hülfe der über Farbenblindheit veröffentlichten Schriften genau unterrichtet und die Proben selbst einstudirt, wird wohl nicht so leicht zu überführen sein. Ungeschickte Simulanten werden allerdings entdeckt werden, wenn sie auch mittels gefärbter Gläser

ihre Irrthümer nicht corrigiren zu können behaupten, *Stilling's* Tafeln z. B. durch ein rothes Glas nicht lesen können, oder die von *Stilling* ausdrücklich zur Entdeckung der Simulanten bestimmte Tafel III (Rosa in Gelbgrün) nicht entziffern zu können vorgeben.

Schwierig kann es unter Umständen sein, zu unterscheiden, ob man eine *angeborene* oder *erworbene* Farbenblindheit vor sich habe. *Cohn* (a. a. O. p. 269) erzählt von einem 50jährigen Lokomotivführer, welcher, bei der Untersuchung als farbenblind entdeckt, zwar 30 Jahre lang keinen Fehler gemacht hatte, aber nunmehr sofort entlassen wurde. Der Betreffende behauptete, dass er erst seit 2 Jahren rothgrünblind geworden, nachdem er längere Zeit im Schnee stecken geblieben und geblendet worden sei. Die Farbenblindheit wurde indessen für eine angeborene gehalten, weil das Sehvermögen im Uebrigen ganz ausgezeichnet, das peripherische Sehen nicht eingeengt und der Sehnerv ganz normal war¹⁾. Insbesondere sprach für angeborene Rothgrünblindheit noch ein von *Stilling* angegebenes Kennzeichen: ein von Geburt an Farbenblinder unterscheidet auch bei Magnesiumlicht nicht das rothe und das grüne Spectrum von dem gelben, während die erworbene Farbenblindheit die Unterscheidung des Roth vom Grün (der Lithium- von der Thalliumlinie) bei dieser Beleuchtungsart gestattet, d. h. so lange, als sie gewissermaassen nur das Vorläuferstadium der Herabsetzung des Lichtsinns überhaupt darstellt²⁾.

Die Heilung der Farbenblindheit hatte *Favre* mit in sein Programm aufgenommen. Wenn man alle Farbenirren mit unter die Farbenblinden zählt, ist es auch kein Zweifel, dass eine Erziehung des Farbensinns ganz gute Resultate erzielt. Wo es sich nur um solche Irrthümer handelt, wie die Verwechslung von Vio-

1) *Cohn's* Angabe, dass man bei jeder erworbenen Farbenblindheit die Sehnerven mehr oder weniger blass finde, entspricht übrigens, in dieser Allgemeinheit ausgedrückt, nicht den positiven Angaben anderer zuverlässiger Beobachter. Vgl. oben S. 93.

2) Der Werth dieses Zeichens für die Differentialdiagnose ist indess wieder hinfällig geworden, seitdem *Steffen's* Kranker, der doch zweifellos eine erworbene Farbenblindheit hatte, auch bei Magnesiumlicht die Unterscheidung der Spectralfarben nicht geläufiger anzustellen vermochte.

lett mit Blau, von Braun mit Roth, von Rosa mit Lila, vielleicht auch von Grün und Blau, werden solche Verwechslungen durch eine längere Beschäftigung mit farbigen Objekten vermieden werden können. Auch wissen wir ja schon längst, dass echte Farbenblinde sich so einzuüben vermögen, dass sie so lange keine auffälligen Irrthümer begehen, als sie nur mit dem ihnen bekannten Material umgehen, aber sich täuschen, wenn ihnen dieselben Pigmente auf anderem Material vorgelegt werden. Hierher gehört auch das von Minder erzählte sehr interessante Beispiel, dass ein Angestellter in einer grossen Pariser Bandhandlung wegen seines feinen Geschmackes in Auswahl der Farben sehr geschätzt war und binnen mehr als 30 Jahren gelernt hatte, seine Einkäufe selbst zu besorgen, wiewohl er rothgrünblind war. Diess ist aber keineswegs als eine *Heilung* zu bezeichnen. Vielmehr kann man positiv behaupten, dass ein Rothgrünblinder in gleicher Weise trotz aller Uebung sein ganzes Leben rothgrünblind bleibt. Ein Solcher mit verkürztem Spectrum kann nicht etwa lernen, das Spectrum unverkürzt zu sehen, eben so wenig wie etwa aus einem Grünblinden ein Rothblinder oder gar ein Blaugelbblinder jemals geworden ist. Wie daher solche Geschichten zu deuten sind, wie die in der Pr. Ver.-Ztg. (Nr. 47. 1853) erzählte, wo der thierische Magnetismus und eine mehrwöchentliche nach der magnetischen Deklination und Inklination genau berechnete Lagerung vollständige Heilung erzielt haben soll, mag dahingestellt bleiben. Die moderne Mystik brachte so viel noch nicht fertig, wenn sie auch (wie Cohn in der Deutschen Wochenschr. VI. 16. 1880 erzählt) durch Bedecken des einen Auges mit der warmen Hand oder einem warmen Tuche die Farbenblindheit des andern auf kurze Zeit bei drei farbenblinden „Medien“ hinweg zu hypnotisiren vermochte.

Den Farbenblinden mittels Erzeugung *subjektiver Nachbilder* zu Hülfe zu kommen, ist schon eine alte Idee, die gar nicht zu erwähnen, wenn sie nicht neuerdings von einem Lehrer wieder hervorgesucht worden wäre. Solche Vorschläge fehlen gerade noch, um das Maass der pädagogischen Sünden an den Sinnesorganen unserer Kinder voll zu machen.

Eine grosse Hülfe im gewöhnlichen Leben kann sich aber

thatsächlich der Farbenblinde schaffen, wenn er sich in Fällen, wo er seiner Wahrnehmung nicht sicher ist, *gefärbter Brillen* bedient. Indessen ist der Ausspruch Mauthner's, dass dem Rothgrünblinden ein rothes Glas die besten Dienste leiste, in seiner Allgemeinheit nicht richtig. Vielmehr muss, wie bereits Seebeck der Vater, Wartmann und insbesondere Wilson ermittelt haben, die geeignetste Farbe für jeden einzelnen Fall ausprobiert werden. Ein farbenblinder Chemiker half sich, wie Cohn erzählt, bei Erkennung von Reaktionen abwechselnd mit einem rothen und einem grünen Glase. Die Herstellung gleichmässig gefärbter Glassorten ist übrigens eine noch nicht gelöste technische Aufgabe. Wilson bemerkt, dass gerade Farbenblinde für solche Gläser ein sehr feines Unterscheidungsvermögen besitzen und z. B. ein dem Normalsichtigen anscheinend gleich gelb gefärbtes Glas doch für den Farbenblinden verschiedene Wirkung haben könne, je nachdem die gelbe Färbung durch Uran, Silber, Eisen oder durch organische Materie hergestellt sei. Die Wilson'schen Versuche verdienen nach dieser Richtung hin von Solchen, denen eine Anzahl intelligenter Farbenblinder bereitwillig zu Gebote steht, wieder aufgenommen zu werden.

Delboeuf und Spring, von denen der Erste selbst rothblind ist, haben ermittelt (Extr. des Bull. de l'Acad. roy. de Belgique II. Sér. XIV. 1 u. 4. 1878), dass an Stelle der farbigen Gläser, welche ja fast stets noch andere farbige Strahlen durchlassen, gewisse *farbige, zwischen Glasplatten eingeschlossene Lösungen* den Vorzug verdienen. Delboeuf vermochte durch eine Fuchsinlösung rothes und braunes, sowie blaues und violettes Band zu unterscheiden, Scharlach erschien flammend und blendend. Eine Lösung von Nickelchlorür wirkte dagegen bei dem normalsichtigen Spring wie eine Turmalinplatte, er sah Roth = Braun und Violett = Blau und alle Farbentöne verloren ihren Glanz. Diese künstliche Rothblindheit wurde ebenfalls durch eine Fuchsinlösung wieder aufgehoben. Anstatt der Lösungen kann man auch mit solchen Farbstoffen gefärbte Gelatine zwischen Platten durchsichtigen Glases einschliessen. Die Versuche gelangen übrigens nicht beim direkten Betrachten der reinen Spectralfarben durch solche

Lösungen: Weder der rothblinde Delboeuf vermochte durch die Fuchsinlösung hindurch das Spectrum in seinen natürlichen Farben zu sehen, noch der normalsichtige Spring durch die grüne Nickelchlorürlösung es nur zweifarbig zu erblicken; merkwürdig war aber, dass der Normalsichtige das Spectrum eines glühenden Platindrahtes, wenn gleichzeitig das Nickelchlorürlicht oder das Fuchsinlicht von der Fläche eines Prisma des Spectroskop reflektirt ins Auge gelangte, nur zweifarbig sah, und zwar bei reflektirtem Nickelchlorürlicht Goldgelb und Indigo, bei reflektirtem Fuchsinlicht dagegen Rothorange und Purpurviolett. Man schloss daraus, dass Rothblinde ihren Fehler durch Fuchsin, Grünblinde durch Nickelchlorür verbessern könnten. Es scheint indessen nicht, als ob diese Vorschläge zu einem praktischen Resultat geführt haben, sie scheinen eben nur für einige wenige individuelle Fälle Geltung zu besitzen und konnten von Jefferies (a. a. O. p. 129 fig.) und Anderen in ihrer Wirkung nicht bestätigt werden.

Für *Eisenbahnbeamte* sind aber diese Methoden, mittels farbiger Gläser oder Lösungen den Farbensinn zu verbessern, nicht zu empfehlen, da es ja bei ihnen sich gar nicht um das Erkennen von Farbentönen und Schattirungen in der Nähe handelt. Wenn ein solcher durch Uebung allein nicht mehr schon wüsste, als er durch ein rothes oder grünes Glas erfährt, dürfte er mit der Korrektur seines Irrthums wohl zu spät kommen.

Cohn hat Untersuchungen darüber angestellt (Arch. f. Ahlkde. VIII. 3 u. 4; IX. 1. 1878), wie sich *Sehschärfe und Farbensinn bei Tages-, Gas- und elektrischem Licht* verhalten. Er fand, dass das elektrische Licht fast stets den Rothsinn um das 2- bis 4fache, den Grünsinn um das $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ fache, den Blausinn um das $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ fache, den Gelbsinn um das 2—3fache erhöht, d. h. also, dass farbige Objekte von gleicher Grösse bei elektrischer Beleuchtung um die entsprechenden Maasse weiter erkannt werden als bei Tageslicht. Auch Rothgrünblinde erhalten eine Verbesserung ihres Farbensinns. Es lässt sich erwarten, dass diese Erfahrungen, wenn einstens unsere grossen Bahnhöfe mittels elektrischen Lichtes erleuchtet sind, auch dem Eisenbahnpersonal, insbesondere bei dem Rangirdienst, zu Gute kommen werden.

Der Ersatz des grünen Signals durch *blaues* Licht ist mehrfach vorgeschlagen worden, man hofft dann, dass kein Führer mehr in die Gefahr kommen werde, eine gesperrte Bahn für eine freie zu halten, da ja auch ein Rothblinder die rothe und die blaue Farbe niemals verwechseln wird¹⁾. „Our very practical American people have gradually discarded the use of all but red and green lights on the railroads, with but few exceptions“ sagt Jefferies (a. a. O. p. 174), welches farbige Signal aber gewählt worden sei, ist nicht erwähnt. Mauthner bemerkt in einer spätern Zusatznote in seinen Vorlesungen, dass es blaugrünes Licht sei, was an die Stelle des grünen getreten. Verf. ist der Ansicht, dass man diese rein technische Frage den Sachverständigen überlassen müsse und diese zu entscheiden haben, ob die Signale geändert, bez. welche an die Stelle der bisherigen zu treten haben.

Als *Radikalmittel* hat man selbstverständlich die Entfernung aller Rothgrünblinden von den gefährlichen Posten im Eisenbahndienst empfehlen müssen, sowie verlangt, dass überhaupt nur Vollsinnige in denselben von nun an aufgenommen werden. Wir müssen in Bezug auf die weitem Ausführungen den Leser auf die Quellen, namentlich auf Holmgren und Jefferies, verweisen und wollen gewissermaassen als Probe zum Schlusse nur noch die Vorschläge anführen, welche in dem Bericht von Warlomont und Moeller an den belgischen Minister der öffentlichen Arbeiten enthalten sind. Derselbe ist abgedruckt in den Ann. d'Ocul. LXXXIV. [12. Sér. 4.] 3 et 4 Sept. — Oct. 1880.

Die bereits im Dienst befindlichen Beamten sind in drei Kategorien getheilt, je nachdem sie mit dem Fahrdienst, dem Streckendienst oder mit den nicht direkt mit dem Betriebe verbundenen Arbeiten beschäftigt sind. Alle drei Kategorien sollen gesunde Augenlider haben und die Augen sollen frei von Congestion oder habitueller Irritation²⁾ sein, auch sollen sämtliche ein normales Gesichtsfeld besitzen. Das Fahrpersonal soll mindestens auf einem Auge eine Sehschärfe von $\frac{2}{3}$ und einen Farbensinn von $\frac{3}{5}$, auf dem zweiten eine Sehschärfe von $\frac{1}{3}$ und einen Farbensinn von $\frac{2}{5}$ (und zwar ohne Cor-

1) Für solche Verwaltungen, welche als drittes Signal für freie Bahn das weisse Licht haben, hat diese Frage überhaupt nicht die grosse Bedeutung.

2) Bei diesen Wind und Wetter, Frost und Hitze, Rauch und Staub ausgesetzten Leuten wohl kaum denkbar.

rektionsglas) haben. Bei dem Streckenpersonal kann das zweite Auge etwas weniger sehtüchtig sein, muss aber auch ein freies Sehfeld haben. Die erste Kategorie soll eine normale Refraktion haben, für die zweite ist, wenn die Refraktion nicht genügt, das Brillentragen obligatorisch. Katarakte oder andere progressive Augenkrankheiten schliessen vom Dienst aus. Die dritte Kategorie bedarf nur einer Sehschärfe von $\frac{1}{3}$ und einer Farbensinnschärfe von nur $\frac{2}{5}$. Jede Person, deren Seh- und Farbensinn auf dem einen Auge nicht $\frac{1}{3}$ und nicht $\frac{1}{10}$ auf dem andern erreicht, ist von jedem Dienst auf dem Terrain auszuschliessen.

Für die Neueintretenden wird ausser vollkommen normaler Sehschärfe eine Farbensinnschärfe von $\frac{4}{5}$ verlangt, falls sie zu dem Fahrdienst treten wollen, die Uebrigen müssen mindestens auf einem Auge normale Sehschärfe und eine Farbensinnschärfe von $\frac{3}{5}$, auf dem andern von $\frac{2}{5}$ haben. Die übrigen Bedingungen sind dieselben wie bei den schon Angestellten. Jeder Bewerber, der diese Bedingungen nicht erfüllt, wird definitiv zurückgewiesen.

Als Untersuchungsmethode ist die Holmgren'sche Wollenprobe und die Prüfung mit Optometer und stenopäischer Oeffnung und farbigen Gläsern (s. oben S. 27) vorgeschrieben.

Eine wiederholte Prüfung findet statt:

- a) nach abgelaufenen Augenkrankheiten;
- b) nach Kopfverletzungen und nach allen Verletzungen, die mit einer Erschütterung des Gehirns verbunden sind;
- c) nach solchen Krankheiten, welche erfahrungsgemäss den Gesichtssinn in Mitleidenschaft ziehen (Gehirnkrankheiten, Nierenerkrankungen, typhöse, exanthematische oder intermittirende Fieber, Hämorrhagien u. s. w.);
- d) nach solchen Vorkommnissen im Betriebe, welche vermuthen lassen, dass Farbenblindheit mit im Spiele gewesen;
- e) beim Eintritt ins 45. Lebensjahr und von da an alle 5 Jahre;
- f) bei Personen, welche stark rauchen oder dem Genusse von Spirituosen ergeben sind, soll eine häufigere Prüfung stattfinden¹⁾;
- g) eine summarische Prüfung der Sehschärfe allein ist alle 2 Jahre vorzunehmen.

Die Kosten für die Untersuchung von 21 — 22000 Personen sind auf 32000 Francs berechnet.

Wir wollen diese Ausführungen beenden mit den Worten eines Fachmanns, des Centralinspector Dr. Gintl über das Schicksal Derjenigen, welche nach den neuen Vorschriften nicht mehr für den Exekutivdienst tauglich sind.

1) Diese Cautel erscheint so ziemlich gegenstandslos, da Potatoren bei uns überhaupt nicht unter dem Bahnpersonal geduldet werden und übermässiger Tabaksgenuss aus begreiflichen Gründen wohl kaum je stattfindet.

„Verkehrsbeamte, Condukteure und Bahnwächter sind zu passenden Geschäften in den Gütermagazinen, Lokomotivführer in entsprechender Weise in den Maschinenwerkstätten und bei den Dampfpumpen zu verwenden und selbst alte gediente Wagenschieber oder andere mit dem Exekutivdienst in Berührung kommende Bedienstete, denen die sichere und genaue Kenntniss der Farbensignale nothwendig ist und welche selbe nicht besitzen, können vor der Entlassung dadurch geschützt werden, dass ihnen irgend ein Posten in einem Materialdepot oder Gütermagazin eingeräumt wird. Die Zahl der Rothgrünblinden ist ja eine verhältnissmässig nicht bedeutende und aus diesem Grunde ist sichere Abhülfe leicht möglich, dabei wird der Bahnbetrieb nach dieser Richtung vollständig gesichert, andererseits aber auch der Humanität volle Rechnung getragen.“

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY