

Physiologische Analyse eines Falles partieller Farbenblindheit.

Von M. v. Vintschgau.

Einleitung.

Die Fälle von Blaugelbblindheit (Acyanopsie, Axanthopsie, Violettblindheit etc., (L. Mauthner (25) nennt die Blaugelbblinden „Rothgrünsichtige“ Erythrochlorope) sind bekanntlich sehr selten und die meisten in der Literatur angeführten Schilderungen dieser Anomalie sind mangelhaft; es gibt daher mehrere Physiologen welche das Vorkommen derselben bezweifeln. In Folge dessen muss ich es als einen glücklichen Zufall bezeichnen, dass ich einen jungen Mediciner fand, der blaugelbblind ist.¹⁾

¹⁾ Obwohl es sich herausstellte, dass ein Fall von Gelbblaublindheit vorliege, habe ich doch die ursprüngliche nur wenig veränderte Bezeichnung gebraucht, damit auch der Schein vermieden werde, dass es sich um einen neuen Fall handle.

In dieser Schrift sind die in den zwei Mittheilungen (Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie Bd. 48 S. 431 und Bd. 57 S. 191,) veröffentlichten Ergebnisse der Untersuchung zusammengefasst. Als Grundlage diente vorzugsweise die II. Mittheilung, die Angaben der I. wurden nur insoweit benützt, als dieselben entweder mit den neuen Ergebnissen übereinstimmten oder durch diese eine Erklärung fanden. Dementsprechend mussten auch

Schon die ersten mit H. On. vorgenommenen Beobachtungen zeigten mit voller Sicherheit, dass er blauviolettblind ist und es gelang mir nicht bloss ihn von seiner Blauviolettblindheit zu überzeugen, sondern ihn auch so weit zu bringen, dass er die verschiedenen Töne und Nüancen des Blau und Violett nicht mehr als unbekannte Farbe, sondern als grau bezeichnete. Weder im Beginne noch im ganzen Verlaufe dieser Untersuchung hat er jemals richtig oder unrichtig die Bezeichnungen Blau und Violett gebraucht. Durch die beständige Vermeidung der sprachlichen Ausdrücke für diese ihm fehlenden Empfindungen unterscheidet sich On. in höchst bemerkenswerther Weise von den anderen Farbenblinden.

Sehr schwer war es nachzuweisen, dass On. auch gelbblind ist, bei den ersten oft wiederholten spectroscopischen Beobachtungen gelang es nicht im Gelb des subjectiven Sonnen- und Gasspectrums oder in dessen Umgebung irgend eine graue Zone zu entdecken, ebenso liess sich am Farbenkreisel keine Gleichung zwischen einem gelben Papiere,¹⁾ welches On. stets als gelb bezeichnete und einem neutralen Grau herstellen, auch bei zahlreichen Beobachtungen über simultane und succesive Contraste mit blauen und violetten Glasfarben und mit Pigmenten behauptete er stets und mit voller Bestimmtheit die subjective Empfindung des Gelb zu haben. Erst durch Versuche mit Gegenständen die sattgelb oder röthlich-gelb (orange) gefärbt waren, konnte die Ueberzeugung gewonnen werden, dass On. bestimmte Töne und Nüancen

die Literaturangaben einer Revision und Ergänzung unterzogen werden.

Die in der I. Mittheilung veröffentlichten Ergebnisse über einen gleichzeitig untersuchten Rothgrünblinden sind in dieser Abhandlung nicht berücksichtigt worden.

¹⁾ Obwohl das Papier schön gelb ist, besitzt dasselbe doch eine leichte grünliche Färbung (Vergl. S. 69 u. f.) welche erst neben anderen gelben Papieren deutlich hervortritt.

des Gelb nur als grau wahrnimmt und nunmehr gelang es auch mit der Bildung von Farbgleichungen am Spectralapparate und am Kreisel mit Sicherheit nachzuweisen, dass er alle Töne und Nüancen des Gelb gewiss nicht wie ein Farbentüchtiger wahrnimmt, dass er auch gelbblind ist, obwohl er es nicht zugeben wollte.

Sein Verhalten gegen gelbe Farben zeigte aber recht deutlich, dass er in der letzten Zeit, wahrscheinlich in Folge der sehr oft wiederholten Beobachtungen, in den Angaben der Farben sehr vorsichtig geworden war, besonders wenn es sich um Töne und Nüancen des Gelb handelte. Bei einem gelben (eigentlich grünlich-gelben) Papiere, welches er früher fortwährend und richtig als Gelb bezeichnet hatte, gebrauchte er zuletzt die Bezeichnung graugelb. Er hatte auch bei den am Ende der Untersuchung vorgenommenen Versuchen stets das Bestreben, etwa vorhandenes Gelb nicht zu übersehen.

Dem entsprechend ist sein sprachliches Verhalten dem Gelb gegenüber sehr merkwürdig; zahlreiche gelbe Töne wie Chromgelb und ähnliche bezeichnete er als grau, andere dagegen, wie Schwefel-Canarien — also grünliches Gelb, als gelb. Eine Verwechslung dieser letzten Farbtöne mit grau oder grünlich-grau kam bei den Beobachtungen mit Wollproben, mit den v. Reuss'schen Täfelchen u. dgl. unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht vor.

Es dürfte nicht ganz überflüssig sein zu erwähnen, dass jeder, welcher den Versuchen beiwohnte, den Eindruck gewann, dass On. bei seinen Angaben sich der grössten Gewissenhaftigkeit befleissigte. Man konnte sogar bei ihm stets das Bestreben erkennen wenn irgend möglich eine Farbe zu sehen, da er mit peinlicher Genauigkeit auf alle für die andern Beobachter ganz nebensächlichen Erscheinungen achtete und darnach seine Wahrnehmungen dictirte oder selbst niederschrieb.

Der kleinste Mangel in der Homogenität der farbigen Felder, wie Randschein in Folge der Irradiation u. dgl. m.

beschäftigte ihn vielmehr als die Gesamtfarbe des ganzen Feldes. Dadurch wurde der Untersucher oft irregeführt, die Untersuchung vielfach aufgehalten und sehr viel Zeit vergeudet, es kostete auch sehr häufig besondere Mühe herauszufinden was On. eigentlich mit seinen Angaben meinte.

Diese Eigenthümlichkeit gibt aber wieder die Gewissheit für die Genauigkeit seiner Angaben, nachdem man einmal über das Nebensächliche sich mit ihm verständigigt hatte.

Im folgenden sollen die zahlreichen und mit den verschiedensten Methoden an On. vorgenommenen Beobachtungen beschrieben werden ohne irgend eine theoretische Anknüpfung an die eine oder andere der herrschenden Theorien über Farbenwahrnehmung.

Man könnte wohl der folgenden Schilderung den Vorwurf der Weitläufigkeit und der Benützung von zu vielen Untersuchungsmethoden machen, doch muss ich dazu bemerken, dass ich nicht bloss den Nachweis des thatsächlichen Vorkommens von Blaugelbblindheit liefern wollte, sondern es mir auch daran lag zu zeigen, dass mehrere der früher beschriebenen Fälle von dieser Anomalie nicht ohne weiteres vernachlässigt werden dürfen, was jedoch nur dadurch erreicht werden konnte, dass die Untersuchungen mit denselben, oder doch mit ähnlichen Methoden vorgenommen wurden, wie sie die früheren Beobachter benützt hatten.

Ausserdem kann man wohl theoretisch angeben, wie einem Blaugelbblinden die Farben erscheinen müssen, während es doch nicht ohne Interesse ist zu erfahren in wie weit er in seinem Urtheile und in dem Gebrauche der Bezeichnungen für die ihm fehlenden Farbenempfindungen bewusst oder unbewusst von der Beleuchtung, Lichtintensität, dem Contraste u. dgl. mehr sich leiten lässt.

Durch die Eintheilung in viele Abschnitte und durch den verschiedenen Druck wird es wohl jedem leicht sein

das zu überschlagen, was ihn nicht oder nur wenig interessirt; meine Mühe aber wird reichlich belohnt sein, wenn von nun an nicht bloss von Seite der Augenärzte, sondern auch von Seite der Physiologen das Vorkommen von Gelbblaublindheit nicht mehr in Abrede gestellt werden wird.

I.

Literatur.

J. J. Oppel (1 u. 2) beschrieb in den Jahren 1859—1861 mehrere Fälle von partieller Farbenblindheit und unter diesen findet sich auch einer von Gelbblaublindheit. Oppel erkannte, dass Herr E. die vorgelegten Farben „wesentlich anders“ eintheilte als die anderen von ihm untersuchten Farbenblinden (S. 112); „dass die Achromatopsie des Herrn E. anderer Art als die der Uebrigen ist“ (S. 120) und machte den Ausspruch: „Herr E. würde zu den Violettblinden oder noch eher . . . zu den Gelbgrünblinden gehören“ (S. 130). Oppel hat aber aus seinen gewiss sehr sorgfältigen Untersuchungen folgenden Schluss gezogen: „Allein es scheint der Mangel der Wahrnehmung des Gelben oder des Blauen überhaupt nicht vorzukommen“ (S. 139) und in der zweiten Mittheilung sagt er: „Die Farbenempfindung für Strahlen mittlerer Wellenlänge (Gelb, Grün, Hellblau) scheint nie zu mangeln.“ (S. 45.)

J. Stilling (6) verdanken wir eine nähere Kenntniss der Blaugelbblindheit. Er veröffentlichte nämlich in den Jahren 1875—1876 die Ergebnisse der Untersuchung von sieben Fällen dieser Anomalie und im Jahre 1878 eine kurze Mittheilung über die spectroscopische Untersuchung eines neuen Falles. (14.)

Die Jahre 1878 und 1879 brachten die Dissertation von F. Minder (15) und die vorläufigen Mittheilungen von Cohn (13) (17) und Magnus. (18), welche letztere nachher eine ausführliche Schilderung ihrer Untersuchungen veröffentlichten. (21) (16).

Dr. Carl (19) beobachtete im Jahre 1879 einen Fall von Gelbblaublindheit; da aber seine Untersuchung nicht so ausführlich wie jene der zuletzt erwähnten Autoren ist und er selbst sagt: „ob hier ein reiner Fall von Blaugelbblindheit vorlag, wage ich nicht zu entscheiden“, so genüge hier dies bloss zu erwähnen.

Holmgren (10) (11), der für die Untersuchung von Farbenblinden sich hohe Verdienste erwarb, und welcher im Jahre 1878 nur zwei Fälle von Violettblindheit und zwar nicht einmal diese vollständig typisch fand, theilte in den Jahren 1880 und 1881 die Resultate der Untersuchung an zwei Violettblinden mit. (23) 24)

Donders veröffentlichte im Jahre 1880 (22) einige bei der Untersuchung eines Violettblinden erhaltene Resultate und vier Jahre später (1884) (29) neuerdings einige Ergebnisse über die Untersuchung eines Violettblinden. In beiden Mittheilungen handelt es sich höchst wahrscheinlich um denselben Fall, da Donders im Jahre 1884 schrieb: „in dem von mir untersuchten Falle“ und die Angaben besonders über das Sortiren von blauen und violetten Wollenbündeln fast wörtlich übereinstimmen.

Das Jahr 1882 brachte die Abhandlung von Dr. Richard Hilbert (26) und die Dissertation von G. Hermann. (27) In beiden Veröffentlichungen findet sich eine ausführliche Schilderung der Untersuchungsergebnisse von je einem Gelbblaublinden.

v. Reuss (28) veröffentlichte im Jahre 1883 die Resultate seiner Untersuchung von Eisenbahnbediensteten auf Farbensinn. Verfasser erwähnt 7 Fälle, die er wohl in die Rubrik „Blaugelbblindheit“ stellt, dabei aber selbst hinzufügt: „in diese Kategorie gehörige ausgeprägte Fälle habe ich nicht gefunden, ich möchte sogar keinen der Fälle als unvollständig blaugelbblind bezeichnen, und habe sie alle unter „„schwachen Farbensinn“““ aufgeführt.“

Im Jahre 1893 hat A. Kirschmann (39) die Ergebnisse der Untersuchung mehrerer Farbenblinden mitge-

theilt; beim zweiten von diesem Forscher beschriebenen Fall handelt es sich nach meiner Ansicht um Gelbblaublindheit.

Endlich sei die im Jahre 1894 erschienene Dissertation von E. Uhry (40) erwähnt, in welcher noch ein neuer Fall von Gelbblaublindheit beschrieben wird.

II.

Befund des Auges On's.

Nach einer von Dr. Sachs,¹⁾ Privatdocent für Augenheilkunde an der hiesigen Universität, im Jahre 1890 vorgenommenen Untersuchung sind beide Augen On's in Bezug auf opthalmoskopischen Befund und Sehschärfe vollkommen normal.²⁾

Auf Veranlassung von H. Prof. E. Hering wurden die Augen On's in Prag (1892) von H. Dr. Isidor Herrenheiser noch einmal opthalmoskopisch bei Tagesbeleuchtung untersucht, um den Zustand der papilla nervi optici und der macula lutea genau zu ermitteln. Der Befund lautet: Pupillarreaction normal. — Der Linsenkern noch nicht differenzirt keine Spur von Gelbfärbung. Die Augenspiegeluntersuchung bei Tagesbeleuchtung ergab: Papilla nervi optici schwach vertical elliptisch, mit excentrischer, am temporalen Rande beginnender physiologischer Excavation; ein ganz zart rosarother Farbenton, namentlich in den Randpartieen ausgesprochen, nirgends eine abnorme Gelbfärbung. — Die Macula als grosse, dunkelrothbraune Querellipse, in normaler Weise von dem, wie mit einem silbernen Schleier überzogenen Augenhintergrunde abgehoben.

III. Vorläufige spectroskopische Beobachtungen.

III. 1.

Objectives Spectrum des electrischen und des Sonnenlichtes.

Das Spectrum beider Lichtquellen³⁾ wurde durch ein mit Schwefelkohlenstoff gefülltes Prisma von 60° erzeugt und in eine

¹⁾ Es sei dem H. Dr. Theodor Sachs, mein Dank ausgesprochen für die opthalmoskopische Untersuchung On's, für manche praktische Winke die er mir gab und für die Controlle einiger Beobachtungen.

²⁾ Für weitere speciellere Angaben über den Befund des Auges On's vergl. II. Mitth. S. 247.

³⁾ Diese Untersuchungen wurden im hiesigen physikalischen

Entfernung von 5 bis 6 m. projecirt. Durch einen Schirm mit schmaler Spalte konnten On. einzelne Zonen des Spectrums ordnungslos und zu wiederholtenmalen vorgeführt werden, und er hatte die Aufgabe die gesehenen Farben zu benennen; seine Angaben wurden mit jenen eines Farbentüchtigen verglichen.

Die Ergebnisse beider Versuche stimmen in den Hauptpunkten überein und es genügen folgende wenige Andeutungen:

Roth und Grün hat On. stets 'ganz richtig benannt.

Orange bezeichnete er am Spectrum des elektrischen Lichtes als unbekannte Farbe, am Sonnenspectrum als grau.

Die nun auf das Orange gegen das stärker brechbare Ende des Spectrums folgenden Farben nannte On. meistens der Reihe nach grau, gelb, grau, grün.

Blau und Violett bezeichnete On. als grau.

III. 2.

Subjectives Spectrum.

Zahlreicher sind jene Beobachtungen, die ich mit einem Spectralapparate von Steinheil vornahm und an welchem vor der Ocularlinse des Fernrohres zwei coulissenartig bewegliche Schieber

Institute vorgenommen, und es sei den Herren Prof. Wassmuth und Lecher mein verbindlichster Dank ausgesprochen für die gütige Zusammenstellung der Apparate und für ihre persönliche Mitwirkung.

Die Beobachtungen am Spectrum des elektrischen Lichtes, nahm ich zu einer Zeit vor, zu welcher On. noch der Ueberzeugung war, dass er Gelb wie ein Farbentüchtiger wahrnehme, ich selbst aber den gegründeten Verdacht hegte, dass seine Wahrnehmung des Gelb entweder wesentlich herabgesetzt sei, oder dass er überhaupt das Gelb nicht als solches wahrnehme. An diesem Spectrum gelang es zuerst nachzuweisen, dass für On. in der Gegend der D-Linie eine graue Zone vorkommt.

Die Beobachtungen am Sonnenspectrum wurden viele Monate später angestellt, nachdem On. durch weitere spectroscopische Untersuchungen und durch zahlreiche andere Beobachtungen sich überzeugt hatte, dass er zahlreiche Töne und Nüancen des Gelb nur als Grau wahrnimmt.

nach Vierordt's Angabe angebracht wurden, um einzelne Theile des Spectrums abgrenzen zu können.

Als Lichtquelle wurde die Gasflamme eines Rundbrenners mit Glascylinder und nur bei wenigen Beobachtungen die von einem Barytpapier zerstreut reflectirten Sonnenstrahlen verwendet.

Die Collimatorspalte war so enge, dass man sehr zarte Querstreifen sehen konnte, sobald dieselbe um wenigens verengert wurde.

Die Breite der von beiden Ocularschiebern begrenzten Spalte entsprach $1\frac{1}{2}$ —2 Theilstrichen der Theilung (ungefähr $1-1\frac{1}{2}$ mm scheinbare Breite bei einer Entfernung von 30 cm); falls nicht ausdrücklich etwas anderes erwähnt wird, ist bei allen Versuchen diese Breite zu verstehen.

Diese Spalte wurde ordnungslos auf eine beliebige Gegend des Spectrums eingestellt und On. musste die von ihm wahrgenommene Farbe benennen.

Es wäre sehr ermüdend, wenn ich alle Beobachtungen speciell anführen wollte, weil dieselben meistens auf der mündlichen Angabe der von On. wahrgenommenen Farben beruhen.

Aus verschiedenen in kleineren oder grösseren Intervallen vorgenommenen Beobachtungsreihen ergab sich im allgemeinen folgendes: Von λ 590—589 bis λ 583—582 ist eine Zone vorhanden, die On. ¹⁾ als grau bezeichnet.

Gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums geht diese graue Zone bald durch eine für On. unbekannte, bald durch eine zweifelhaft röthliche Farbe in Grauroth und Roth über. — Diese Grenzzone erstreckt sich ungefähr von λ 590 bis λ 595—596.

Von λ 595—596 bis ungefähr 715—722 nennt On. die Farbe roth.

Gegen das stärker brechbare Ende geht die graue Zone in eine Farbe über, die On. als graugelb bezeichnet (von λ 583—581 bis 579—576) worauf er (von λ 577 bis 574) wieder Grau zu sehen behauptet.

Von λ 573 ungefähr bis 499—494 bezeichnet On.

¹⁾ Bei allen monoculären Beobachtungen bediente sich On. des rechten Auges und nur manchmal um seine Wahrnehmungen zu controlliren auch des linken.

die Farbe als grün und von hier an bis an das Violettende des Spectrums als grau.

Es wurde auch folgender Versuch vorgenommen: Die Collimatorspalte war durch Gaslicht beleuchtet, und die Breite der Ocularspalte betrug ungefähr $1\frac{1}{2}$ Theilstriche. Diese wurde von mir auf Grün (λ 545) gestellt und On. hatte die Aufgabe, das Fernrohr langsam gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums zu bewegen und jede ihm auffallende Farbenänderung anzuzeigen. Seine Angaben waren kurz angeführt folgende: Grün, welches nach und nach sich mit Grau mischt, bei λ 573 Grau, bei λ 579 Graugelb, das Grau nimmt immer mehr zu; bei λ 588 farbloses glänzendes Grün; das Grau wird heller, mischt sich dann mit Roth, letzteres wird intensiver; bei λ 705 ist das Roth weniger schön als vorher (für V. — farhentüchtig — dunkelroth); schliesslich bei λ 722 Grauroth, das Roth ist aber sehr dunkel.)

III. 3.

Beobachtungen an einigen Metallinien.

Die rothe Kaliumlinie benannte er: nicht schön roth.

Die rothe Lithium und Calciumlinie: roth.

Die grüne Thalliumlinie: grün.

Die grüne Calciumlinie bezeichnete er als grau, wobei zu bemerken ist, dass diese grüne Linie nicht vollkommen rein erschien; erst bei wiederholten Beobachtungen wurde dieselbe als grünlich erkannt.

Die blaue Strontiumlinie: grau, doch weniger dunkel als die Indiumlinie.

Die Indiumlinie: dunkelgrau, glänzend.

Es wurde absichtlich bis jetzt die gelbe Natriumlinie nicht angeführt weil On. durch lange Zeit diese Linie wohl als gelb, niemals aber als rein gelb bezeichnete, ja sogar aus der Holmgren'schen Wollencollection für diese Linie nur solche Bündel aussuchte, die bloss auf eine verminderte Empfindlichkeit für das Gelb schliessen liessen,

;) Bei diesem Versuche lag kein rothes Glas vor der Collimatorspalte, weshalb vielleicht On. sich durch falsches Licht täuschen liess. (Vgl. später S. 19.)

und erst nach häufig wiederholten Beobachtungen konnte man die Ueberzeugung gewinnen, dass On. sich an eine Anzahl Nebenerscheinungen klammere um zu beurtheilen, ob ihre Farbe gelb sei oder nicht. Es genüge als Beispiel an dieser Stelle nur einen Versuch allein kurz anzudeuten.

An einer grossen blaubrennenden Flamme eines Bunsen'schen Gasbrenners, bei welcher der Kohlenstoff nicht vollständig verbrannte, erschien die Spitze noch leuchtend und On. nannte dieselbe Gelb und behauptete auch längs des Flammenmantels manchmal etwas Gelb wahrzunehmen. Es wurde ihm nun in einem verfinsterten Raume und durch eine geeignete Vorrichtung nur der blaubrennende Theil der Flamme gezeigt, seine Angabe lautete „eine glänzende Fläche ohne Farbe“. Ohne Wissen On.'s wurde nun NaCl in die Flamme eingeführt und er sagte: „Fläche glänzend ohne Farbe, die Ränder ein wenig blässer.“

Endlich will ich erwähnen, dass viele Monate später in eine blaubrennende Gasflamme das geschmolzene NaCl so eingeführt wurde, dass dasselbe den ganzen Durchmesser des Brenners und etwas darüber einnahm. On. erkannte die Farbe nicht, wusste aber, dass es nicht die einer gewöhnlichen leuchtenden Flamme war.

III. 4.

Controllirung der Angaben On.'s am subjectiven Spectrum mit der Wollprobe.

Im Beginne dieser Untersuchung wurde die für Massenuntersuchung ausgezeichnete Wollprobe nach Holmgren verwendet; später trat an mich die Nothwendigkeit heran, diese derart zu modificiren, dass ich eine um das 4—5fache reichere Collection von farbigen Wollbündeln zusammenstellte, in welcher die Töne und Nüancen des Gelb reichhaltiger vertreten waren. Um eine nachträgliche Vergleichung der von On. bei verschiedenen Gelegenheiten ausgesuchten Wollbündel vornehmen zu können, waren die einzelnen Bündel, ohne sie dadurch für ihn besser kenntlich zu machen, numerirt.

Die wohl unter einander gemischten Wollsträhne lagen auf

einer mit grauem Papier überzogenen Tischplatte neben dem Spectralapparate. Die für diesen bestimmte Lichtquelle wurde mittelst geschwärzter Schirme derart verdeckt, dass die Wollen nur vom Tageslichte beleuchtet waren. On. suchte die Wollbündel aus, indem er von Zeit zu Zeit in das Spectroskop hineinblickte, die Strähne einzeln bei Seite schob und die ihm mit der eingestellten Farbe ähnlich erscheinenden Bündel aus der Collection herausnahm.

Für Roth (λ 639) und für Grün (λ 549—547) suchte On. die richtigen Strähne aus meiner Collection aus.¹⁾

Licht von λ 589 (D-linie) bezeichnete er als grau manchmal als schmutzig weiss ohne Farbe, und er suchte 32 Bündel aus, unter diesen befanden sich im allgemeinen: die dunkleren Nüancen des Graublau, des Blaugrün, des Violett, des Grauviolett, des Uebergangs zu Purpur und endlich ein lichtbraunorange Bündel. Alle grauen und alle gelben fehlten vollständig.

On. wählte somit nur solche Farben, welche zu dem kurzwelligen Theile des Spectrums gehören, der ihm, wie schon oben angedeutet und später noch näher besprochen werden soll, fehlt.

Für λ 585 und λ 581 (Sonnenlicht) suchte On. aus der Holmgren'schen Collection aus: gelb, hellgelb, hellorange, graugelblich, dunkelgraugelblich, grünlichgelb braun und braun in verschiedenen Nüancen.

¹⁾ Für die Lithiumlinie suchte On. aus der Holmgren'schen Collection 10 Bündel davon 2 dunkelroth (purpurähnlich), 2 roth, 1 dunkelrosa, 4 hellrosa in verschiedenen Nüancirungen, 1 hellrosa mit Stich ins Violett.

Für die Thalliumlinie suchte On. aus derselben Wollencollection 6 Bündel aus: davon ein grünes, ein grünes mit einer Spur von Gelb, diese zwei werden von On. als die ähnlichsten bezeichnet: ein sehr hellgrünes, ein gelbgrünliches, ein hellgelblich grünes, ein hellblaues.

Für Licht λ 520 (Spectralapparat mit diffus reflectirtem Sonnenlichte beleuchtet) wählte On. aus der Holmgren'schen Collection nur 5 Bündel, die sich alle als grün in verschiedenen Nüancen erwiesen.

Dieser Versuch wurde viele Monate später wiederholt. Bei einer Breite der Ocularspalte von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Theilstriichen zeigte ich On. Licht von λ 586—584; einige Tage später jenes von λ 583—581 und an demselben Tage jenes von λ 581—579 (bei diesen drei Versuchen Gaslicht) und endlich ein Jahr später das Licht von 581—579 (zerstreut reflectirtes Sonnenlicht) mit der Aufgabe aus meiner Wollencollection die entsprechenden Bündel auszusuchen.

Die eingestellten spectralen Farben hatte On. bei anderen Versuchen (vergl. oben S. 11) als gelb bezeichnet.

Bei diesen vier Versuchen wählte er jedesmal 9 bis 12 Strähne und zwar immer genau dieselben, alle waren mehr oder weniger hellgelb (grünlichgelb, schwefelgelb) und sehr hell graugelb; weisse oder hellgraue waren nicht dabei; alle sattgelben und graugelben Bündel liess er ganz bei Seite.

Es wurde dann On. Licht von λ 579—577 (Gas-spectrum) vorgelegt und aus meiner Collection suchte er nur 11 Bündel aus und zwar hellblaue, hellgrünlich blaue, grünlich blaue und blaue Strähne aus, die er als grau mit mehr oder weniger grün bezeichnete. Die eingestellte spectrale Zone nannte er grau mit zweifelhafter, wahrscheinlich grüner Farbe.

Die für das Licht von λ 579—577 ausgesuchten Bündel waren wohl heller als jene, die On. für das Licht von λ 589 gewählt hatte, sie stimmten aber mit diesen bezüglich des Farbtones ziemlich überein.

Für das Licht von λ 574. 5—573 (Sonnen-spectrum) wählte On. 46 Bündel und zwar gelbgrüne, sehr lichtblaue, lichtblaue mit einem Stich ins grünliche, grünlich-blaue, endlich blaugraue, grüngraue, gelbgraue; bei den letzten drei Farbennüancen ist aber die Farbe nicht deutlich ausgesprochen.

Auf Befragen über den eingestellten Farbenton sagte On.: „er ist grau mit schwacher grüner Färbung, besonders

gegen rechts (gegen das stärker brechbare Ende des Spectrums), links hat das Grau eine blässere Färbung, die ich mit Sicherheit nicht bestimmen kann, vermuthe aber aus der rechts wahrgenommenen Färbung, dass dieselbe grün sei.“

Es wurde endlich On. Licht von λ 474 (Blau) eingestellt.

Er nannte diese spectrale Zone dunkelblau glänzend und suchte 54 Bündel aus, die er nach ihrer Helligkeit im allgemeinen richtig in drei Gruppen eintheilte. Die allermeisten der ausgesuchten Bündel waren blau, blau mit grau, einige wenige violett und grau und zwei graubraun von mittlerer Helligkeit.

Man findet somit eine ziemlich gute Uebereinstimmung in der Auswahl der Bündel, welche On. einerseits für λ 589 und andererseits für λ 474 traf, und schon daraus lässt sich entnehmen, dass er diese zwei Farben in gleicher Weise wahrnimmt.

III. 5.

Schlussfolgerungen aus den vorläufigen spectroskopischen Beobachtungen.

Aus den eben angeführten spectralen Beobachtungen geht unzweifelhaft hervor, dass On. in der spectralen Zone von λ 596—595 bis 576—573 die Farben nicht wie ein Farbentüchtiger wahrnimmt und in dieser Zone eine Strecke vorkommt, die ihm nur als Grau erscheint. Seine Angaben bei den einzelnen Beobachtungsreihen am subjectiven Spectrum zeigen sehr auffallende Widersprüche und es liegt die Vermuthung sehr nahe, dass On. von λ 596 bis λ 574 nur Grau, und überhaupt kein Gelb wahrnehme.

Es ist wahrscheinlich, dass On. theils durch Helligkeitsunterschiede im Bereiche dieser Zone, theils durch das Grün, welches im Grünlichgelb vorkommt, geleitet werde, bestimmte Töne und Nüancen des Grünlichgelb

als gelb zu bezeichnen, während er das reine Sattgelb nicht wahrnimmt.

Die einzige sichere Methode, um die verschiedenen sich andrängenden Fragen zu beantworten, lag in der Anwendung solcher Spectralapparate, welche gestatten Farbgleichungen mit reinen Spectralfarben vorzunehmen.

Da aber solche Apparate mir damals nicht zur Verfügung standen, so wurde mir vom hohen k. k. Ministerium für Cultus und Unterricht mit der grössten Liberalität eine Geldsubvention angewiesen, um mit H. On. nach Prag zu fahren und denselben an den spectralen Apparaten für Farbgleichungen des physiologischen Institutes der k. k. deutschen Universität zu untersuchen.¹⁾

Es sei mir gestattet, vor allem dem hohen k. k. Ministerium für die gewährte Unterstützung meinen ehrfurchtsvollen Dank auszudrücken.

Es sei ferner H. Prof. E. Hering mein verbindlichster Dank ausgesprochen für die grosse Liberalität, mit welcher er alle diesbezüglichen Institutsapparate nicht bloss zu meiner Verfügung stellte, sondern auch dieselben für die Untersuchung vorher genau adjustirte, wodurch es mög-

²⁾ Die bei diesen Untersuchungen angewendeten spectralen Apparate waren:

In Prag: Ein Merz'sches Spectroscop; das Spectrophotometer für Farbenmischungen von Helmholtz, aus welchem die Nicols- und Doppelspathprismen entfernt waren; das von Hering construirte Doppelspectroskop.

Letzteres wurde stets mit von Spiegeln reflectirtem Himmelslichte, die zwei ersten bald mit reflectirtem Himmels-, bald mit Gaslicht beleuchtet.

In Innsbruck: Ein Steinheil'sches Spectroscop, das Spectrophotometer von Helmholtz dessen Nicols- und Doppelspathprismen nicht entfernt wurden. Letzteres wurde stets mit Gaslicht beleuchtet.

Bei Anführung der Beobachtungen werde ich nicht bloss den angewendeten Apparat und die Lichtquelle, sondern auch mit den Initialen P und I das Institut bezeichnen, in welchem die Beobachtungen vorgenommen wurden.

lich wurde, in sehr kurzer Zeit zahlreiche Beobachtungen vorzunehmen.

Ausserdem hatte H. Prof. E. Hering die besondere Freundlichkeit, allen Beobachtungen beizuwohnen und dieselben zu controlliren, wie auch selbst einige Untersuchungen vorzunehmen, die einen bedeutenden Werth haben.

Auch H. Dr. Hillebrand, welcher nicht bloss den Versuchen beiwohnte, sondern auch bei denselben behilflich war, sei mein warmer Dank ausgedrückt.

Schliesslich dürfen meine Assistenten H. Dr. Posselt, H. Dr. Carl Stainer nicht unerwähnt bleiben, welche mich bei allen im hiesigen physiologischen Institute vorgenommenen Beobachtungen unterstützten und stets als Farbentüchtigte fungirten.

IV.

Programm der weiteren spectroscopischen Beobachtungen.

Aus einem vorläufigen am Doppelspectroskope von Helmholtz vorgenommenen Versuche ergab sich, dass zwischen Roth und Grün für On. eine graue Zone vorkommt, die man der Kürze wegen auch „Binnengrau“ nennen könnte und dass für ihn auf Grün gegen das brechbarere Ende des Spectrums eine graue Zone folgt, welche man der Kürze wegen als „terminales Grau“ bezeichnen könnte.

Die weiteren Beobachtungen dienten dazu, um folgende Aufgaben zu lösen:

I. Ermittlung der Grenzen des Spectrums On.'s am Rothende.

II. Ermittlung der Grenzen des Spectrums On.'s am Violettende (Ende des terminalen Grau).

III. Ermittlung der Grenzen der grauen Zone im Gelb (des Binnengrau) sowohl gegen Roth wie auch gegen Grün.

IV. Ermittlung der Grenze des Grün gegen das Blau (Beginn des terminalen Grau).

V. Verhalten der Helligkeit innerhalb der grauen Zone im Gelb (Binnengrau).

VI. Ermittlung der hellsten Stelle im farbigen Spectrum On.'s.

VII. Es war endlich zu ermitteln, wie On. gegen Mischungen von zwei spectralen Farben sich verhalte.

V.

Grenze des Spectrums On.'s am Rothende und jene der Lichtwahrnehmung On.'s am Violettende.

Die Grenze des Spectrums On.'s am weniger brechbaren Ende desselben wurde einige Male und mit verschiedenen Apparaten untersucht, nämlich:

(P) 1. am objectiven Sonnenspectrum; 2. an einem Merz'schen Spectralapparate (Tageslicht); 3. am Helmholtz'schen Doppelspectroskope ¹⁾; ein Collimator war zugedeckt, der andere mit gespiegeltem Himmelslichte beleuchtet; (I) 4. an einem Steinheil'schen Spectralapparate vor dessen mit Gaslicht beleuchteter Collimatorspalte sich ein rothes Glas befand.

Die zahlreichen Beobachtungen zeigten, dass für On. das farbige Spectrum unter gewöhnlichen Verhältnissen bei λ 700—704 aufhört, dasselbe ist somit im Vergleiche zu dem der drei gleichzeitig geprüften Farbentüchtigen verkürzt, für diese hörte das Spectrum zwischen λ 750—756 auf.

Nach Bedeckung des Kopfes On.'s mit einem schwarzen Tuche nahm er bei λ 717 noch Roth wahr, λ 744 war für ihn farblos, λ 808 ganz unsichtbar und nicht einmal als Helligkeit wahrnehmbar.

On. nimmt daher die Farbe der rothen Kaliumlinie (Siehe oben S. 12) wahr, weil dieselbe hell genug ist.

(P) Am brechbareren Ende des Spectrums, nämlich im violetten Theile (Ende des terminalen Grau) fand man

¹⁾ Von nun an werde ich das Spectrophotometer für Farbmischung der Kürze halber als Doppelspectroskop bezeichnen König und Dieterici nennen dasselbe Farbmischapparat.

mit dem Merz'schen Spectralapparate (Tageslicht), dass ungefähr bei λ 408 für On., bei λ 396 für H. Prof. Hering die Lichtempfindung aufhöre.

VI.

Bestimmung der Breite der grauen Zone im Gelb (des Binnengrau).

Die zur Ermittlung der Breite der grauen Zone im Gelb (Binnengrau) vorgenommenen Beobachtungen lassen sich in drei Gruppen eintheilen:

1. On. hatte die Aufgabe, das Binnengrau selbst zu begrenzen.

2. Es wurden On. in eine Hälfte des Gesichtsfeldes des Helmholtz'schen Doppelspectroskopes — die andere Hälfte erschien durch Zudeckung der entsprechenden Collimatorspalte schwarz — die einzelnen Spectralfarben eingestellt, die er dann zu benennen hatte.

3. Es wurde in eine Hälfte des Gesichtsfeldes des Helmholtz'schen Doppelspectroskopes irgend ein Farbenton eingestellt, der sich entweder im Binnen- oder im Terminal-Grau On.'s befindet und dann für ihn Farbengleichungen mit anderen im Binnengrau vorkommenden Farbentönen gebildet.

VI. 1.

Begrenzung des Binnengrau durch On.

Am mit Gaslicht beleuchteten Merz'schen (P.) Spectralapparate stellte On. den Rand eines der im Oculare sich befindenden Schieber auf λ 596.5, jenen des andern auf λ 574.5.

Am objectiven Sonnenspectrum (P.) gab On. an, dass die graue Zone ungefähr von λ 605 bis 582 sich erstrecke. In diesem Falle konnte die Feststellung der Lage an der Scala nicht mit sehr grosser Genauigkeit geschehen; ausserdem ist die Helligkeit beim objectiven Spectrum grösser als bei den anderen spectroscopischen Untersuchungen.

VI. 2.

Benennung der in einer Hälfte des Gesichtsfeldes des Helmholtz'schen Doppelspectroskopes eingestellten Farben.

(P.) Am Helmholtz'schen Doppelspectroskope wurde eine Collimatorspalte zugedeckt, die Spalte des andern Collimators erhielt gespiegeltes Himmelslicht.¹⁾

In der diesem Collimator entsprechenden Hälfte des Gesichtsfeldes wurden in 14 Beobachtungen verschiedene Farbentöne zwischen λ 602 und λ 564.5 (zwischen Rothgelb und Gelblichgrün) ordnungslos und ohne ihre Lichtintensität zu ändern eingestellt, On. hatte die Aufgabe die erschienenen Farben zu bezeichnen.

Beim Lichte von λ 599 sagte On. grau vielleicht ist eine Farbe vorhanden; von da an bis λ 574.5 grau; Licht von λ 573 nannte er graugelb, jenes von λ 567.5 grau und endlich jenes von λ 564.5 graugrün.

Diese Angaben On.'s weichen wesentlich sowohl von jenen ab, die er machte, als ihm am Steinheil'schen Spectroskope schmale Streifen des Spectrums vorgeführt wurden (vergl. oben S. 11), als auch von den S. 20 mitgetheilten.

Eine Erklärung dieser von einander abweichenden Ergebnisse kann in folgendem gefunden werden.

Die Helligkeit des Spectrums hängt von der Lichtquelle und von der Breite der Collimatorspalte ab. Setzt man nun alle Bedingungen gleich und betrachtet man einmal mit der Ocularlinse des Fernrohres einen durch eine schmale Spalte begrenzten Streifen des Spectrums, so wird dieser eine bestimmte Helligkeit haben. Wird nun die Ocularlinse entfernt und bringt man dagegen das Auge in die Nähe der Ocularspalte, so sieht man eine mit homogenem oder fast homogenem Lichte beleuchtete

¹⁾ Das Wetter war in Prag für die Untersuchung meistens sehr ungünstig, daher war auch das Verhältnis der Intensität der beiden benützten reflectirten Himmelslichter kein constantes. Aus diesem Grunde konnte nur an einem einzigen Tage eine genaue quantitative Untersuchung vorgenommen werden.

Fläche, welche in die Entfernung des deutlichen Sehens verlegt wird. In diesem letzten Falle muss die Helligkeit jedes Punktes der beleuchteten Fläche geringer sein als die jedes Punktes des Streifens. Da aber für On. die Helligkeit, wie im Nachfolgenden erwähnt werden soll, einen grösseren Einfluss auf die Wahrnehmung der Farben hat als bei Farbentüchtigten, so folgt aus dem Gesagten, dass sowohl Roth, wie auch Grün in Form eines schmalen spectralen Streifens vorgeführt, ihm farbig dagegen in einer Fläche als Grau erscheinen müssen. Das Angeführte hat selbstverständlich nur eine Bedeutung für jene Theile des Spectrums On.'s, die sich in der Nähe seiner grauen Zone befinden.

VI. 3.

Bildung von Farbengleichungen am Helmholtz'schen Doppelspectroskope.

Das Hauptgewicht zur Ermittlung der Breite des Binnengrau wurde selbstverständlich auf die Farbengleichungen mit möglichst homogenen Lichtern gelegt.

Die vorausgeschickte Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit mittelst farbloser und farbiger Lichter bei drei sehr verschiedenen Helligkeiten hatte ergeben, dass diese bei On. nahezu normal war, so dass sich beim Aufstellen von Farbengleichungen hinreichend zuverlässige Ergebnisse erwarten liessen. Allerdings zeigte sich bei der Herstellung der Farbengleichungen an den Apparaten von Helmholtz und Hering, dass dabei die Intensität des einen oder des andern Lichtes der Gleichung innerhalb weiterer Grenzen als beim Lummer'schen Prisma geändert werden konnte, ohne die scheinbare Gleichheit der Lichter für On. zu stören. Da es jedoch zunächst mehr auf qualitative als auf quantitative Untersuchung ankam, so fiel dieser Uebelstand weniger ins Gewicht. Erst gegen Schluss der Untersuchung erreichten die Angaben On.'s auch in quantitativer Hinsicht eine befriedigende Genauigkeit.

Im Verlaufe der Untersuchung zeigte sich auch, dass zwei Lichter, deren Intensität oder Qualität hinreichend verschieden war und die On. auf den ersten Blick als etwas verschieden erklärte, für ihn ausserordentlich schnell scheinbar gleich wurden, wenn er sie andauernd betrachtete.

Auch bei Farbentüchtigten zeigt sich die analoge Erscheinung, dieselben bedürfen aber dazu einer längeren Fixirung der Gleichung.

Das rasche scheinbare Gleichwerden von Lichtern, welche für On. an und für sich ungleich sind, hat einen grossen Einfluss auf die Ergebnisse der Versuchsreihen gehabt, weil eben bei andauernder Betrachtung seitens On.'s die eine Seite der Gleichung in ihrer Intensität oder Qualität stetig so weit verändert wurde, bis für ihn beide Lichter gleich waren.

Nicht immer war es in Prag möglich, die nöthigen Pausen zu machen, um die Gleichungen nach längerer Erholung nochmals zu prüfen, wo dies von besonderer Wichtigkeit erschien, geschah es selbstverständlich. Später wurden in Innsbruck die meisten Gleichungen noch einmal vorgelegt.

Die Disposition On.'s erwies sich auch bei diesen Versuchen wie bei allen früheren ziemlich verschieden und an einigen Beobachtungstagen sagte er selbst, dass er heute nicht imstande sei, genaue Angaben zu machen, weil ihm die Beobachtung lästig falle und sein Auge rasch ermüde. Regelmässig zeigte sich, dass ihn längere Beobachtungsreihen auffallend ermüdeten. Da aber die Zeit, welche in Prag zugebracht werden konnte, knapp zugemessen war, so war es nicht immer möglich darauf Rücksicht zu nehmen und es wurde dann in der Abwechslung der Versuche einigermassen eine Abhilfe zu finden getrachtet.

Bei allen in Innsbruck vorgenommenen Beobachtungen konnten On. stets die nöthigen Ruhepausen gegönnt

werden, und es wurde ihm weiter eingeschränkt, während derselben die Augen niemals gegen die Fenster zu richten.

VI. 3. a.

(P.) Ein Collimator wurde constant auf λ 575·5 — dessen Licht sich im Binnengrau befindet — belassen, die Breite der Spalte blieb ebenfalls unverändert.

Der andere Collimator (beide Collimatoren waren mit gespiegeltem Himmelslichte beleuchtet) wurde, ohne dass On. in das Fernrohr hineinblickte auf 12 verschiedene Farbentöne innerhalb des Intervalls λ 605 bis λ 568 eingestellt. Es war dieses also etwas grösser als die mit den anderen Methoden (Vergl. oben S. 20 u. f.) gefundene Breite des Binnengrau. Die Helligkeit der in dieser Hälfte des Gesichtsfeldes eingestellten Lichter wurde durch Aenderung der Spaltbreite so lange regulirt, bis On. beide Hälften des Gesichtsfeldes als gleich hell bezeichnete und erst jetzt wurde er gefragt, ob auch die Farbe die gleiche sei.

Nach dieser Methode ergab sich, dass das Binnengrau von λ 600 bis λ 572 sich erstrecke, da es möglich war, mit 9 verschiedenen Lichtern dieses Intervalls eine Gleichung mit dem Lichte von λ 575·5 zu bilden.

Das Licht von λ 601·0 und jenes von λ 571·5 konnten mit dem Vergleichslichte nicht gleich gestellt werden.

Bei der Gleichung λ 575·5 = λ 572·0, als die Helligkeit für On. nicht gleich war, nannte On. die Farbe des Lichtes λ 572·0 grau mit einer Spur gelb.

VI. 3. b.

(P.) Zur Ermittlung der Grenzen des Binnengrau wurden in eine Hälfte des Gesichtsfeldes des Helmholz'schen Doppelspectroskopes Lichter des terminalen Grau eingestellt und diese den Lichtern der Grenzzonen des Binnengrau gleich gemacht.

Bei diesen Versuchen mussten die Collimatoren mit Gaslicht beleuchtet werden, weil der Tag sehr trüb war und das Himmelslicht weder hinreichend intensiv noch gleichförmig gewesen wäre. Das Gaslicht wurde durch einen Gasregulator constant erhalten,

deshalb soll bei den Gleichungen auch die Breite der beiden Spalten angegeben werden.

Bezüglich der Grenze des Binnengrau gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums seien folgende, bei entsprechender Regulirung der Helligkeit gebildete Gleichungen angeführt.

$$\text{Sp. } 49 \lambda 474.5 = \text{Sp. } 26.5 \lambda 578.0$$

$$\text{Sp. } 59 \lambda 474.5 = \text{Sp. } 26.5 \lambda 600.3$$

$$\text{Sp. } 104 \lambda 458.0 = \text{Sp. } 26.5 \lambda 600.3$$

Die zwei letzten Gleichungen, die uns hier am meisten interessiren, ergaben, dass ein Gelbroth ($\lambda 600.3$) sowohl einem Blau ($\lambda 474.5$), wie auch einer Farbe, die sich in der Nähe der Strontiumlinie befindet, gleich gestellt werden konnte.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich: Das Licht von $\lambda 595.5$ hatte für On. eine zweifelhafte Farbe, das Licht von $\lambda 600.3$ war für ihn „vielleicht roth“, solange die andere Hälfte des Gesichtsfeldes nicht die passende Helligkeit erhielt.

Ferner hatte On. die Empfindung des Röthlichen oder jene einer zweifelhaften Farbe solange daneben Schwarz oder Grau sich befand, wurde aber die Helligkeit des Letzteren verändert und eine Gleichung gebildet, dann verschwand für ihn die Farbe.

Endlich hatte Licht von $\lambda 606.8$ für On. eine rothe Farbe und auch bei Gleichstellung der Helligkeit der beiden Hälften des Gesichtsfeldes gelang es nicht eine Gleichung zu bilden.

VI. 3. c.

Bezüglich der Grenze des Binnengrau gegen das mehr brechbare Ende des Spectrums konnten nur folgende zwei Gleichungen in Folge eines in der Beleuchtungslinse des Triplexbrenners entstandenen Sprunges aufgestellt werden.

$$\text{Sp. } 29 \lambda 474.5 = \text{Sp. } 15 \lambda 578.0$$

$$\text{Sp. } 27.5 \lambda 450.0 = \text{Sp. } 15 \lambda 574.5.$$

Der Sprung in der Beleuchtungslinse erzeugte einen helleren Streifen im Felde, welches mit Licht von λ 570·5 beleuchtet war, der von On. als gelblich bezeichnet wurde, woraus die Vermuthung entsteht, dass er bei der Angabe Gelb in einigen Fällen sich von der Helligkeit habe leiten lassen.

Wenn man die Spaltbreiten berücksichtigt, muss man annehmen, dass das Licht von λ 600·3 On. heller erscheine als jenes von λ 474·5 und dieses heller als jenes von λ 458; Licht von 574·5 erscheint ihm heller als jenes von λ 450·0.

VI. 3, d.

(I.) Eine Anzahl von Beobachtungen, ähnlich den oben besprochenen wurden an einem Helmholtz'schen Doppelspectroscop vorgenommen, dessen Nikols- und Kalkspathprismen eingesetzt und dessen Collimatoren mit dem Triplexbrenner beleuchtet waren.¹⁾

Diese Beobachtungen hatten den Zweck, die Helligkeitsverhältnisse innerhalb der grauen Zone im Gelb (Binnengrau) zu ermitteln worüber später (S. 36) berichtet werden soll; sie konnten aber selbstverständlich nur durch Bildung von Gleichungen ausgeführt werden, bei welchen zuerst auf Gleichheit der Helligkeit und nachher auf jene der Farbe Rücksicht genommen werden durfte.

Die gelungenen Farbgleichungen bestätigen im allgemeinen die vorher mitgetheilten Ergebnisse und daher genügt es nur folgendes zu erwähnen.

Mit den Lichtern zwischen λ 594 und λ 576·5 und drei Vergleichslichtern (λ 589, 578, 574·5) liess sich sowohl eine Helligkeits- wie auch eine Farbgleichung bilden.

Mit den Lichtern von λ 605·7 bis λ 595 und mit jenen von

¹⁾ Bei der Aichung der beiden Collimatoren wurden einige Metalllinien benützt, weil die Localverhältnisse des Institutes die Anwendung des Himmelslichtes nicht gestatteten. Die λ der zwei Componenten einer Mischfarbe konnten nach den Angaben von König und Dieterici [(38) S. 246] ermittelt werden.

λ 573 bis λ 571·3 und den oben angeführten Vergleichs-Lichtern konnte wohl eine Helligkeits- aber nicht eine Farbgleichung gebildet werden. Es soll aber hiemit durchaus nicht gesagt sein, dass es nicht gelungen wäre, auch einige der zuletzt angeführten Lichter den Vergleichslichtern bei zweckmässiger Aenderung der Helligkeit auch bezüglich der Farbe gleich zu machen. Da nur die Bildung von Helligkeitsgleichungen Zweck dieser Beobachtungen war, so musste ich die Helligkeit einer Seite der Gleichung bei jeder Versuchsreihe constant erhalten.

VI. 3. e.

Aus den erwähnten Beobachtungen ergab sich auch, dass On. Lichter, welche der spectralen Strecke zwischen λ 577 und λ 573 entsprechen, bald als grün, bald als gelb, bald als vielleicht farbig, bald als grau bezeichnete, obwohl einige jener Lichter sowohl gleich dem Lichte von λ 589 wie auch jenem von λ 478·8 gesetzt werden konnten. Es schien daher nicht ganz überflüssig, wenigstens annäherungsweise einige Bedingungen zu ermitteln, welche On. veranlassen, jene Lichter als so verschiedenartig anzusprechen.

(I) Zu diesem Zwecke wurde bei gleicher Spaltbreite der beiden Collimatoren in die linke Hälfte des Gesichtsfeldes Licht von λ 599 und in die rechte jenes von λ 576·5 eingestellt.

On. bezeichnete die rechte Hälfte als vielleicht farbig und etwas heller als die linke, welche grau sei: der Farbentüchtige (Dr. St.) sagte rechts Gelbgrün, links Orange gelb.

Es soll hier nur eine kurze Zusammenstellung der Ergebnisse dieses Versuches mitgeteilt werden.

Das Licht von λ 576·5, welches für On. jenem von λ 478·8 (bei entsprechender Vermehrung der Helligkeit des letzteren) gleich gemacht werden konnte, wird von ihm als Gelb bezeichnet, wenn neben demselben ein rothes (λ 685) oder ein grünes (λ 535·7, λ 508·2, λ 503·5) Feld sich befindet. Seine Angaben waren aber weniger übereinstimmend, wenn neben jenem Farbentone die Lichter von λ 589 oder von λ 478·8 (bei verschiedener Helligkeit der beiden Felder) oder Schwarz sich befanden. Das Licht von λ 576·5 ist unter den letzten Bedingungen für On. bald gelblich, bald grau mit unbestimmbarer Farbe.

Ein spectraler Farbenton, welchen der Farbentüchtige unter gewöhnlichen Verhältnissen als ein grünliches

Gelb bezeichnet, wird von On. als Gelb oder als Grau angesprochen nicht bloss nach der Helligkeit, sondern auch je nach dem danebenliegenden Farbentone und somit je nach den auftretenden Contrasterscheinungen. Dies gilt gewiss, wenn daneben roth sich befindet; der entstehende grüne Contrast mischt sich mit dem objectiven Lichte von λ 576·5 und bedingt, dass letzteres von On. als Gelb bezeichnet wird, weil er gewohnt ist, ein helles Grünlichgelb als Gelb zu bezeichnen.

In welcher Weise aber ein daneben liegendes Grün bedingt, dass On. Licht von λ 576·5 als Gelb anspreche lässt sich nicht erklären.

VII.

Bestimmung der Grenze zwischen Grün und Blau (des Beginnens des Terminalgrau.)

Die zur Ermittlung der Grenze des Grün gegen Blau vorgenommenen Beobachtungen lassen sich in drei Gruppen eintheilen:

1. On. musste durch Abblenden des terminalen Grau dessen Grenze gegen Grün angeben.

2. Es wurden On. schmale Streifen des Grenzgebietes zwischen Grün und terminalem Grau vorgeführt und er sollte deren Farbe bezeichnen.

3. Es wurde in eine Hälfte des Gesichtsfeldes des Helmholtz'schen Doppelspectroskopes ein im terminalen Grau liegendes Licht eingestellt und nun Farbgleichungen mit jenen Lichtern gebildet, die sich sowohl im Grenzgebiete zwischen Grün und terminalem Grau befinden, wie auch mit solchen, die in verschiedenen Abschnitten des letzteren vorkommen.

VII. 1.

Begrenzung des Terminalgrau durch On.

(P.) Am Merz'schen, mit von einem Spiegel reflectirtem Himmelslichte beleuchteten Spectralapparate, war

das ganze lichtschwache Spectrum mit den Fraunhofer'schen Linien sichtbar und On. stellte den Rand des das rechte Violettende des Spectrums zudeckenden Schiebers auf λ 496·5.

(P.) Am objectiven in seiner ganzen Breite sichtbaren Sonnenspectrum bezeichnete On. λ 483 - 484 als die Stelle bei welcher für ihn das Grün aufhöre.

VII. 2.

Vorführung von spectralen Streifen.

(P.) On. gab an etwas Grün wahrzunehmen, als ihm am Merz'schen Apparate (Vergl. oben) der Streifen λ 492·6 bis λ 490·5 des Spectrums gezeigt wurde. Bei passender Regulirung der Collimatorspalte konnte On. auch bei den Streifen λ 486·5 bis λ 484 noch eine Spur Grün wahrnehmen nicht aber über λ 484 hinaus, obwohl die Helligkeit geändert wurde.

(I.) Am Steinheil'schen Apparat (Gaslicht) wurde diese Grenze einmal zwischen 487·0 und 486; andere Male zwischen 499 und 493; mit von einem Barytpapier diffus reflectirtem Lichte zwischen 493—491 gefunden. Bei diesen Versuchen wurde die Helligkeit des vorgelegten Streifens nicht geändert.

VII. 3.

Bildung von Farbengleichungen.

(P) Am Helmholtz'schen Doppelspectroskope bei Anwendung von gespiegelmtem Himmelslichte wurde eine Hälfte des Gesichtsfeldes beständig mit Licht von λ 474·5, die andere dagegen successiv und abwechselnd mit 17 Lichtern innerhalb λ 490 bis λ 421 beleuchtet, und bei gleichzeitiger passender Veränderung der Helligkeit beider Hälften des Gesichtsfeldes Gleichungen zu bilden versucht.

Das Ergebnis war:

Es gelang nicht Licht von λ 474·5 den Lichtern von λ 490 und von λ 488 gleich zu stellen, da On. diese stets als grün bezeichnete.

Bei passender Regulirung der Helligkeit gelang wohl die Gleichung $\lambda 474.5 = \lambda 485$; wenn aber das Licht von $\lambda 474.5$ etwas zu dunkel war, bemerkte On, im Lichte von $\lambda 485$ etwas Grün.

Die Lichter von $\lambda 481, 479, 477, 470, 468$ und 464.5 konnten dem Vergleichslichte gleich gestellt werden; beide Hälften des Gesichtsfeldes waren für On. grau.

Die Lichter von $\lambda 462, 459, 453, 452, 449$ und 429 konnten ebenfalls dem Lichte von $\lambda 474.5$ gleich gemacht werden aber On. sagte jedesmal, dass an der Grenzlinie nach rechts (rechte Hälfte des Gesichtsfeldes, welche constant mit dem Lichte von $\lambda 474.5$ beleuchtet war), ein farbiger Streifen sich zeige.

On. war sich zuerst unklar über die Farbe des Streifens. (Dieser wurde von ihm zum ersten Male bei der Gleichung $\lambda 474.5 = \lambda 462$ angegeben). Wir sahen den Streifen grünlich, man hatte es somit mit einer Contrasterscheinung zu thun.

Man liess nun On. die Mittellinie durch fünf Sekunden und sodann das rechte Feld ($\lambda 474.5$) in der Mitte fixiren, er sah jetzt deutlich Grün links von der fixirten Stelle.

Die Gleichung $\lambda 474.5 = 421.0$ gelang, ohne dass eine Contrasterscheinung hervorgetreten wäre.

Die angeführte Contrastwirkung spricht dafür, dass die Lichter von $\lambda 462$ bis $\lambda 429$ eine farbige — rothe Valenz¹⁾ — haben, die wohl noch unter der Schwelle sich befindet, aber doch hinreichend stark ist um eine Contrastwirkung zu verursachen.

Gegen diese Deutung könnte leicht eingewendet

¹⁾ Dieser sehr prägnante und von E. Hering eingeführte Ausdruck wird in dieser Mittheilung stets in dem Sinne gebraucht, dass ein Licht eine Erregung der Netzhaut oder im allgemeinen des Sehorgans bedingt, welche auf Grund des Gesetzes der specifischen Nervenenergie die Empfindung des Weiss oder einer Farbe veranlasst.

werden, dass On. bei der Gleichung $\lambda 474.5 = \lambda 421.0$ keinen farbigen Streifen wahrnahm. Es muss aber bemerkt werden, dass jede Lichtempfindung für On. bei $\lambda 408$ aufhört (S. oben S. 19.) und es somit denkbar ist, dass diese schon bei $\lambda 421$ eine starke Abnahme erfahre, wodurch nothwendigerweise auch die unter der Schwelle sich befindende farbige — rothe — Valenz eine wesentliche Herabsetzung erfahren muss.

Das oben Angeführte zeigt, dass die farblose Stelle am brechbareren Ende des Spectrums (das terminale Grau) wenn die Helligkeit passend regulirt wird, bei $\lambda 485.7$ bis $\lambda 481$ beginnt.

VIII.

Gleichungen zwischen Blaugrün und Gelbgrün.

(P.) Es handelt sich zu erfahren, in wieweit es möglich ist, blaugüne Töne für On. gleich den gelbgrünen Tönen zu machen.

Zu diesem Zwecke wurde das Helmholtz'sche Doppelspectroskop (Gaslicht) benützt.

Die erhaltenen Ergebnisse sind:

1. Es gelang die Gleichung

$$\text{Sp. 29, } \lambda 474.5 = \text{Sp. 15 } \lambda 578$$

welche frühere Gleichungen bestätigt und zeigt, dass Licht von $\lambda 578.0$ für On. heller ist, als Licht von $\lambda 474.5$.

2. Licht von $\lambda 572.8$ bezeichnete On. als graugelblich, indem man aber nur sehr wenig gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums ging, war es möglich in einer grösseren Zwischenzeit bei entsprechender Regulirung der Spaltbreite des rechten Collimators folgende Gleichungen zu wiederholen:

$$\text{I. Sp. 20 } \lambda 495.8 = \text{Sp. 15 } \lambda 573.3$$

$$\text{II. Sp. 29 } \lambda 496.0 = \text{Sp. 15 } \lambda 573.8.$$

Beide Felder waren jedesmal für On. farblos und gleich hell.

Es sei bemerkt, dass On. für $\lambda 574.5-573$ auch

hellblaue Wollen aussuchte (S. oben S. 15) und es soll später (S. 91) angeführt werden, dass er Gelbgrün mit Hellblau verwechselte.

Das Licht von λ 573·8 ist für On. heller als jenes von λ 496, weil letzteres eine grössere Spaltbreite verlangte als ersteres.

On. hat bei diesem Versuche im Lichte von 496 kein Grün wahrgenommen, obwohl dessen Grenze, nach den früheren Versuchen, ungefähr bei λ 485 liegt, wahrscheinlich weil die Spaltbreite noch zu klein war.

Es war auch möglich

$$\text{Sp. 29 } \lambda \text{ 495·8} = \text{Sp. 15. } \lambda \text{ 567·8}$$

zu bilden.

Dabei ist zu bemerken, dass On. als die Spaltbreite des Collimators etwas breiter (bis 39) gemacht wurde, das Grün im Lichte von λ 495·8 erkannte, während das Licht von λ 567·8 auch jetzt von ihm grau genannt wurde.

Endlich gelang auch die Gleichung:

$$\text{Sp. 52·2 } \lambda \text{ 495·8} = \text{Sp. 15 } \lambda \text{ 552·5.}$$

Aus den für Licht von λ 495·8 angewendeten Spaltbreiten um dieses gleich den anderen drei zu stellen, ergibt sich, dass Licht von λ 552·5 heller ist als jenes von λ 567·8 und von λ 573·8.

IX.

Gleichungen zwischen Grau und Spectralen- Farben.

IX. 1.

E. Hering's Doppelspectroskop. (30)

(P) Zur Ermittlung, ob die graue Strecke im Gelb (Binnen-grau) und jene am brechbareren Ende des Spectrums (Terminalgrau) auch einem objectiven Grau (Tageslicht) gleich gemacht werden könne, wurde ein Collimator des Hering'schen Doppelspectroskopes zugedeckt und die demselben entsprechende Hälfte des Gesichtsfeldes mit gespiegelmtem Himmelslichte beleuchtet. (Der Himmel war umwölkt von grauer Farbe.)

Durch Aenderung der das weisse Licht einlassenden Spalte konnte man die Helligkeit des Grau (weissen Lichtes) reguliren und eine Gleichung mit jenen Farbentönen bilden, die On. als grau wahrnimmt.

Die kurz zusammengefassten Ergebnisse sind:

1. Zwischen λ 609·8 und λ 604·8 hörte die deutliche Empfindung des Roth für On. auf.

2. Zwischen λ 604·8 bis vielleicht λ 599·0 fand man eine Zone, bei welcher On. nur eine zweifelhafte Farbe zu erkennen vermochte.

3. Von λ 599·0 bis λ 573 hatte On. nur die Empfindung des Grau, und es war möglich die Lichter von λ 599·0 von λ 584·0 und von λ 577·8 = einem Grau (gespiegelten Himmelslichte) zu stellen.

4. Zwischen λ 573 und λ 561·8 fand man eine Zone, bei welcher On. über die eingestellte Farbe unsicher war und schwankende Angaben machte. — In der That war Licht von λ 573·0 für ihn von zweifelhafter Farbe, bald darauf gelang aber die Gleichung: λ 570·0 = Grau. Das Licht von λ 569·2 bezeichnete On. als „vielleicht gelblich“ und jenes von λ 568·4 als „zweifelhaft grünlich“ und doch war es möglich das Licht von λ 561·4 gleich einem Grau zu machen.

5. Das Licht von λ 561·8 bis λ 487·5 ist für On. grün.

6. Sehr verschiedene Lichter zwischen λ 484·5 bis λ 439·9 konnten gleich einem Grau gestellt werden.

In Folge des bewölkten Himmels war die Helligkeit der eingestellten Farben gewiss nicht gleich jener, die bei einigen der vorher angeführten und ebenfalls mit Tageslicht vorgenommenen Versuche mit dem Helmholtz'schen Doppelspectroskope herrschte, und daher schien auch die graue Zone im Gelb (Binnengrau) breiter als aus den früheren Versuchen hervorging. Dieser Versuch ist aber in einem sehr wichtigen Punkte von grosser Bedeutung, da es möglich war, sowohl die Farbentöne

zwischen λ 599.0 und λ 577.8 wie auch jene zwischen λ 484.5 und λ 439.9 gleich einem Grau (reflectirtem Himmelslichte) zu machen.

IX. 2.

Helmholtz's Doppelspectroskop.

(I.) Zwei ähnliche Versuche wurden auch mit dem Helmholtz'schen Doppelspectroskope vorgenommen: der Zweck derselben war aber eigentlich, wie später S. 36 mitgetheilt werden soll, die Helligkeitsverhältnisse innerhalb des Binnengrau zu ermitteln.

Es wurde jene Methode angewendet, die König und Dieterici (38) angaben, mit der für diese Versuche unwesentliche Abänderung ein Stück weisses Barytpapier statt des mit Magnesiumoxyd bedeckten Glimmerplättchens zu verwenden.

Das Barytpapier erhielt das Licht eines mit einem metallischen Mantel umgebenen Gasrundbrenners. Gegenüber dem Barytpapier trug der Mantel eine lange schwach conisch zulaufende Röhre, wodurch das Gaslicht nur auf die weisse reflectirende Fläche auffiel ohne benachbarte Gegenstände zu beleuchten. Die Entfernung der Gaslampe vom Barytpapier blieb während desselben Versuches constant.

Die rechte Hälfte des Gesichtsfeldes erschien somit weiss — man konnte wenigstens, so lange die andere Hälfte (die linke) dunkel war, keine Farbe wahrnehmen — in die linke Hälfte des Gesichtsfeldes liess sich ein beliebiges, spectrales Licht einstellen und durch Aenderung der Spaltbreite des entsprechenden Collimators eine Helligkeit und für On. auch eine Farbgleichung erzielen.

Diese zwei Versuche bestätigten im allgemeinen das oben S. 33 mitgetheilte Ergebnis; es war eben möglich die Lichter zwischen λ 608—605 und λ 585 einer vom Gaslicht beleuchteten weissen Fläche gleich zu stellen.

Bei den Lichtern von kürzerer Wellenlänge traten folgende Erscheinungen auf.

Als das linke Halbfeld entweder vom Lichte λ 583 oder von λ 580 oder endlich von λ 575.5 beleuchtet wurde gab On. an, dass dieses Halbfeld ihm grünlich, das rechte (weisses Barytpapier) röthlich, bezw. blassrosa erscheine.

Bei diesen Beobachtungen haben wir es mit Contrasterscheinungen zu thun, welche bei den mit Tageslicht vorgenommenen Versuchen sich nicht zeigten, sei es nun, dass dieselben nicht vorhanden waren, sei es, dass On. dieselben nicht beachtete.

Bei den am Helmholtz'schen Spectroskope vorgenommenen Versuchen war das Zimmer nur spärlich vom Tageslicht erhellt und auch die Beleuchtung durch die zwei angewendeten Gaslampen eine sehr herabgesetzte. Mit dem E. Hering'schen Doppelspectroskope experimentirte man dagegen bei vollem Tageslichte.

Die Lichter von λ 583, 580 und 575·5 konnten, wie aus den früheren Versuchen hervorging, nicht bloss dem Lichte von λ 589, sondern auch jenem von λ 574·5 und einem Grau (diffus reflectirtes Himmelslicht) gleich gestellt werden. Es liegt daher die Vermuthung sehr nahe, dass die Contrastfarbe nicht durch jene Lichter, wohl aber durch das, das weisse Barytpapier beleuchtende orangegelbe Licht des Gases hervorgerufen wurde.

Man kann wohl annehmen, dass das weisse Papier in Folge der orangegelben Farbe des Gaslichtes eine schwache röthlichgelbe Farbe hatte, welche imstande war eine grünlichgelbe Contrastfarbe zu bedingen, da bekanntermassen selbst wenig unter der Schwelle sich befindende und daher nicht wahrnehmbare farbige Lichter auch bei Farbentüchtigten die entsprechende Contrastfarbe erzeugen.

Bei den Lichtern von λ 605 bis wenigstens λ 586 konnte On. die grünliche Contrastfarbe nicht angeben, weil die wohl für ihn unter der Schwelle sich befindende rothe Valenz dieser Lichter das Grün der Contrastfarbe compensirte und ausserdem dieselben eine für ihn geringere Helligkeit als die andern des Binnengrau besitzen. Die grüne Contrastfarbe konnte dagegen bei Anwendung der gegen das brechbarere Ende des Spectrums sich findenden Lichter des Binnengrau auftreten, weil in diesem

die rothe Valenz für ihn fehlt oder eine sehr geringe ist und diese Lichter eine grössere Helligkeit haben. Die grünliche Contrastfarbe musste On. deutlicher erscheinen, sobald die spectralen Lichter anfiengen für ihn eine grüne Valenz zu haben.

Die grüne Contrastfarbe musste anderseits das Röthliche des erregenden Gaslichtes deutlicher hervortreten lassen.

X.

Helligkeitsverhältnisse im Binnengau.

Die graue Zone im Gelb hat eine verhältnismässig grosse Ausdehnung. Bei einer mit dem Merz'schen Spectralapparate (Gaslicht) vorgenommenen Beobachtung, (P.) bei welcher On. selbst das Binnengrau durch Einstellung der zwei Ocularschieber begrenzt hatte, gab er auf eine diesbezügliche Frage an, dass die farblose Stelle gegen Roth hin viel dunkler sei als gegen Grün. Es lag daher nahe die Frage zu untersuchen, ob es möglich sei zu ermitteln, wie sich die Helligkeit im Binnengrau abstufe.

(I.) Zur Beantwortung dieser Frage wurden zwei Methoden verwendet:

1. Es wurde eine beliebige Stelle des Binnengrau mit vielen anderen Lichtern dieser Strecke verglichen,
2. die einzelnen Stellen des Binnengrau wurden mit Weiss (Vergl. oben S. 34) verglichen.

Die mit beiden Methoden erhaltenen Ergebnisse gestatten durchaus nicht eine Helligkeitscurve zu entwerfen, weil die Schwankungen bei einigen Versuchen zu beträchtlich sind. Es genügt somit anzuführen:

a. Die Helligkeit ist nicht im ganzen Binnengrau die gleiche.

b. Dieselbe nimmt im allgemeinen von dem weniger brechbaren gegen das andere Ende zu, ohne dass es möglich wäre, eine Gesetzmässigkeit herauszufinden.

XI.

Die hellste Stelle im Spectrum On.'s

Zur Ermittlung der On. am hellsten erscheinenden Stelle des Spectrums wurden (P.) sowohl an einem Merz'schen Spectralapparate (Tageslicht), wie auch am objectiven Sonnenspectrum, (I.) endlich auch an einem Steinheil'schen Spectralapparate (Gaslicht) Beobachtungen vorgenommen.

Die Versuche ergaben, dass die hellste Stelle im Spectrum des Tageslichtes wohl im allgemeinen zwischen λ 537 und λ 558 liegt; dieselbe aber mehr gegen das brechbarere Ende rückt, wenn das Spectrum heller wird.

Im Spectrum des Gaslichtes befindet sich die hellste Stelle weiter nach dem rothen Ende hin, als im Spectrum des Tageslichtes.

XII.

Zusammenstellung der Hauptergebnisse.

On. nimmt nur einen kleinen Theil des Spectrums als farbig wahr.

Das Roth beginnt bei ihm unter sehr günstigen Verhältnissen bei λ 722—717, meistens jedoch erst bei λ 705—704. Das Spectrum On.'s ist daher an seinem langwelligen Theile etwas verkürzt.

Gegen das brechbarere Ende des Spectrums reicht das Roth im allgemeinen bloss bis λ 600—596.

Darauf folgt eine graue Zone (Binnengrau), welche unter sehr günstigen Beleuchtungsverhältnissen wahrscheinlich bis λ 582, meistens aber bis λ 574—572 reicht.

Daran schliesst sich eine farbige (grüne) Strecke, welche bei λ 486—481 in eine bis zum Violetende sich erstreckende graue Zone übergeht (Terminalgrau).

Innerhalb der grauen Zone im Gelb (Binnengrau) nimmt die Helligkeit vom lang- zum kurzwelligen Theile des Spectrums in einer nicht zu ermittelnden Weise zu.

Die hellste Stelle des Spectrums (Tageslicht) On.'s liegt zwischen λ 537 und λ 558 rückt aber gegen das brechbarere Ende, wenn das Spectrum heller ist, gegen das rothe Ende, bei Anwendung des Gaslichtes.

Die mit den verschiedenen spectralen Apparaten unter Anwendung der mannigfaltigsten Methoden erhaltenen manchmal sehr abweichenden Resultate finden eine hinreichende Erklärung in der zur Beleuchtung der Spectroskope verwendeten Lichtquellen.

An den grauen Zonen (Terminalgrau im Roth, Binnengrau, Terminalgrau im Blau) kommen Grenzgebiete vor, welche je nach der Art der Lichtquelle, je nach der Helligkeit des Spectrums und je nach der Beschaffenheit der Umgebung (hell, dunkel, farbig) auf On. den Eindruck des Grau oder jenen einer Farbe machen; wie gross diese Grenzgebiete sind, liess sich nicht ermitteln, dieselben haben vorzugsweise für die Bestimmung der Breite des Binnengrau eine grosse Bedeutung.

Endlich ist es möglich, dass auch die innere Disposition (Ermüdung u. dgl.) einen Einfluss habe, um Farbtöne, die in den Grenzgebieten vorkommen, zu erkennen oder bloss als Grau oder höchstens als Grau mit einer unbestimmbaren Farbe zu bezeichnen und somit auch, um diese Farbtöne gleich oder ungleich einem anderen Farbentone zu stellen.

XIII.

Mischung von zwei spectralen Farbentönen.

Zu diesem Zwecke wurden folgende Apparate verwendet:

1. In Prag der Hering'sche mit von Spiegeln reflectirtem Himmelslichte beleuchtete Apparat.

2. In Innsbruck das Helmholtz'sche Doppelspectroskop mit Nicol'schen und Doppelspathprismen (Gaslicht).

Bei der Mischung von Spectralfarben sind für On. in grossen Zügen angegeben, drei Combinationen denkbar:

1. Mischung verschiedener Töne der zwei Farben, die er wahrnimmt.

2. Mischung der Töne einer von ihm wahrgenommenen Farbe mit jenen einer Farbe, die er als Grau wahrnimmt.

3. Mischung der Töne zweier von ihm als Grau wahrgenommener Farben:

Es ist aber klar, dass alle Farbenmischungen nach den früher mitgetheilten Ergebnissen, für On. nur Roth, Grün und Grau ergeben können.

Diese Beobachtungen bezweckten die wichtigsten der mitgetheilten Resultate zu bestätigen und zu erfahren, ob in den von On. als Grau wahrgenommenen spectralen Zonen unter der Schwelle sich befindende Farbenvalenzen enthalten seien.

XIII. 1.

Mischung von zwei von On. wahrgenommenen Farbtönen.

a.

(P) In eine Hälfte des Gesichtsfeldes wurde ein homogenes Gelb eingestellt, in der anderen durch Mischen von einem homogenen Roth mit einem homogenen Grün ein Gelb gebildet, welches mit ersterem für den Farbentüchtigen einen gleichen Ton aber eine etwas verschiedene Sättigung hatten, es bestand annäherungsweise die Gleichung

$$\text{Roth} + \text{Grün} = \text{Gelb.}$$

On. bezeichnete beide Hälften des Gesichtsfeldes als gleich grau.

b.

(P.) Nach Zudeckung des linken Collimators und Freilassung der Spalte, welche das von einer Milchglasplatte diffus reflectirte Tageslicht in den Apparat einliess, gelang für On. folgende Gleichung

$$\text{Gelbliches Grün} + \text{Roth} = \text{Weiss (Tageslicht).}$$

Die Mischfarbe war für die Farbentüchtigen ein Sattgelb. Die Componenten dieser Mischung einzeln vorgeführt benannte er roth und grün.

c.

(I.) Indem man Licht von λ 621·0 (On. sagte roth) mit Licht von ungefähr λ 551·7 (On. nannte es grün) mischte, erhielt man eine Mischfarbe die On. als grau bezeichnete, dazu bemerkte er, dass das Feld nicht gleichmässig hell sei; der Farbentüchtige (D. St.) nannte die Mischung gelb, gegen die Mittellinie mit einem Stich ins Orange.

Es gelang nun für On. die Gleichung.

$$\text{Sp. } 25 \lambda 621 + \lambda 551 \cdot 7 = \text{Sp. } 220, \lambda 467 \cdot 0.$$

d.

(I.) Licht von λ 656 nannte On. roth, jenes von λ 561 grün, deren Mischung grau.

Es war nun möglich für ihn folgende zwei Gleichungen zu bilden:

$$1. \text{ Sp. } 40 \lambda 656 + \lambda 561 = \text{Sp. } 86 \lambda 478$$

$$2. \text{ Sp. } 40 \lambda 656 + \lambda 561 = \text{Sp. } 18 \cdot 7 \lambda 589.$$

Der Farbentüchtige (Dr. St.) nannte die Farben der zwei Felder der ersten Gleichung: „schmutziges Gelbgrün, blau, beide Felder gleich hell.“

Bei der ersten Gleichung (die zweite wurde nicht weiter berücksichtigt) gelang es stets eine Gleichheit der beiden Felder für On. zu erzielen, wenn man zuerst die Spalte des Collimators für die Mischfarbe und dann jene für das Licht von 478 entsprechend erweiterte, schliesslich galt für ihn die Gleichung.

$$\text{Sp. } 170 \lambda 656 + \lambda 561 = \text{Sp. } 257 \lambda 478.$$

Der Farbentüchtige nannte die Mischfarbe gelbgrün (hell) die andere blau.

Durch Mischen von zwei spectralen Lichtern (Roth und Grün) deren Farbe On. unstreitig wahrnimmt, lässt sich eine Mischfarbe erzielen, welche von den Farbentüchtigen je nach den gewählten Componenten und je nach dem Mischungsverhältnis derselben als gelb, röthlich orange oder gelbgrün bezeichnet, von On. nur als Grau wahrgenommen wird und für ihn sowohl einem Weiss — Tageslicht — einem Gelb, wie auch den Lichtern von λ 589, λ 478 und λ 467 gleich gestellt werden kann.

XIII. 2.

Mischung der Töne einer von On. wahrgenommenen Farbe mit jenen einer Farbe, die er als Grau wahrnimmt.

XIII. 2. A.

Mischung von Roth mit Röthlichgelb.

(L.) Zu einem von On. wahrgenommenen Roth λ 619.5 wurde Licht von λ 584, das er als grau bezeichnete, zugemischt. Die Mischung erschien On. grau, dem Farbentüchtigen röthlich orange.

Das Licht von λ 619.5 konnte mit Licht von λ 584 für On. so ungesättigt gemacht werden, dass er das Roth des ersten nicht mehr wahrnahm.

Der sichere Beweis für diese Behauptung wäre gegeben, wenn man zu Licht von λ 619.5 ein Grau hätte zumischen können, welches On. gleich dem Lichte von λ 584 stellt.

XIII. 2. B.

Mischung von Orange mit Grün.

a.

(P.) Es wurde ein Orange, in welchem On. keine röthliche Farbe wahrnimmt mit einem Grün gemischt und diese Mischung gleich einem Grau (Tageslicht) gemacht. Die Angabe On.'s bei der Gleichung

Orange + Grün = Grau (Tageslicht)

lautete: „Das ganze Gesichtsfeld ist grau und von gleicher Helligkeit.“

Man versuchte nun dieselbe Mischung gleich einem spectralen Gelb und einem spectralen Blau zu machen; es gelangen für On. folgende zwei Gleichungen:

Orange + Grün = λ 455.3

Orange + Grün = λ 579.0

Bei beiden Gleichungen hatten die Spalten jederseits die gleiche Breite.

b.

(L.) In einen Collimator wurde λ 597.0 eingestellt und On. nannte die Farbe grau; dazu wurde Licht von λ 526 (von On. Grün benannt) gemischt und eine Mischung gebildet, die er als Gelb ansprach. Es konnte nun folgende Gleichung gebildet werden:

Sp. 30 λ 597.0 + λ 526.0 = Sp. 20 λ 577.5

On. fand die ganze Fläche gleich hell und gleich gelbgrau.

Es war weiter möglich auch folgende Gleichung zu bilden:

Sp. 30 λ 597.0 + λ 526.0 = Sp. 180 λ 485.3.

On. bezeichnete die ganze Fläche als gleich hell und gleich grau, nur am linken Rande derselben war für ihn ein gelblicher Streifen vorhanden.

Die Spalte des Collimators für das Mischlicht wurde zuge- deckt und On. nannte das entsprechende Feld grau; nach Frei- lassung der Spalte dieses Collimators und Zudeckung jener des an- deren bezeichnete er die Farbe des correspondirenden Feldes als gelb.

Die rothe Valenz des Orange, obwohl dieselbe für On. entweder schon unter oder eben an der Schwelle sich befindet, ist in stande, das von ihm wahrgenommene Grün auszulöschen.

Das durch Mischung von Orange und Grün erhaltene Gelb nannte On. grau und es konnte sowohl dem Lichte von λ 579·0 wie auch jenem von λ 455·3 und einem Grau (Tageslicht) gleich gemacht werden.

Durch Mischen von Orange (für On. Grau) und Grün erhielt man eine Mischfarbe, die von On. zwar als gelb angesprochen wurde, welche aber für ihn sowohl dem Lichte von λ 576·0 (von ihm ebenfalls gelb benannt) wie auch dem Lichte von λ 467·0 und jenem von λ 485·3 gleich gestellt werden konnte, welche beide ihm grau erscheinen.

XIII. 2. C.

Mischung von Röthlichgelb mit Grün.

Von der Erfahrung ausgehend, dass ein grünliches Gelb, sowohl im Spectrum, wie an Pigmenten von On. als Gelb bezeichnet wird, versuchte ich durch Zumischen von spectralem Grün zu einem Gelb das On. als grau bezeichnet, eine grünlichgelbe Farbe zu erzielen, die er als Gelb anspricht.

(I.) Licht von λ 589 nannte On. grau, jenes von λ 520 grün; beide Lichter wurden so gemischt, dass On. die entstandene Misch- farbe gelb benannte.

Es konnten nun folgende zwei Gleichungen gebildet werden

$$\text{Sp. 30 } \lambda 589 + \lambda 520 = \text{Sp. 21 } \lambda 589$$

$$\text{Sp. 30 } \lambda 589 + \lambda 520 = \text{Sp. 223 } \lambda 478$$

Bei beiden Gleichungen sagte On.: gleich hell und grau.

Die Mischung λ 589 + 520 (von Farbentüchtigen im ersten Falle „schmutzig gelblich grün [dunkel]“ im zweiten Falle

„schmutzig grün gelblich“, von On. respective gelb, gelblich benannt) konnte für On. den Lichtern von λ 589 und von λ 478 bei passender Regulirung der Helligkeit gleich gestellt werden.

Die auch für On. bedeutende grüne Valenz des Lichtes von λ 520 wurde somit durch das Licht von λ 589 so stark unwirksam gemacht, dass sie nicht mehr imstande war eine für ihn deutliche Empfindung des Grünen hervorzurufen.

Zur Erklärung dieser Erscheinung sind zwei Möglichkeiten denkbar: Das Grün kann nämlich durch Zumischen des Lichtes von λ 589 für On. so ungesättigt werden, dass er nach seiner Gewohnheit die Mischung als gelb bezeichnet; oder man könnte sich auch denken, dass das Licht von λ 589 für On. eine noch unter der Schwelle sich befindende rothe Valenz besitze, welche hinreichend ist, einen Theil des Grün zu compensiren, und dass der übrig bleibende Theil des Grün eben genüge, um in Verbindung mit der Helligkeit etc. bei ihm den gewohnten Eindruck des Gelb hervorzurufen.

Es liegen leider keine Versuche vor, aus welchen eine eindeutige Antwort auf diese Frage abgeleitet werden könnte.

XIII. 2. D.

Mischung von Grün mit Blau und mit Violett.

a.

(P.) Eine Hälfte des Gesichtsfeldes wurde mit einer Mischung von Gelblichgrün und Blau beleuchtet; die andere war schwarz. Die Mischung war für H. Prof. Hering ein weissliches Grünblau, für On. schwaches Grün.

Die blaue Componente nannte On. grau, die gelblichgrüne grün.

Das Grün der gelblichgrünen Componente konnte für On. durch Zumischen von reinem Blau nicht so ungesättigt gemacht werden, dass es von ihm nicht wahrgenommen worden wäre.

b.

(P.) Es wurde für On. die Gleichung

Grün + Violett = Weiss (Tageslicht)

gebildet. Die Mischung war für die Farbentüchtigten ein weissliches Blau.

c.

(P.) Die Mischung eines homogenen, nahezu tonreinen Grün (in der Gegend der Linie E — etwas gelblich —) und eines Violett nahe dem Ende des Spectrums erschien den Farbentüchtigen als ein weissliches Blau. Das Grün bezeichnete On. als schmutziges Grün, das Violett als sehr dunkles Grau, fast schwarz, das Gemisch als farblos.

Das Grün wurde durch eine Farbe, welche On. als grau bezeichnet, ausgelöscht, letztere muss daher auch für ihn eine farbige Valenz haben, die aber zu klein ist, um eine farbige Empfindung auszulösen. Um den Einwand zu entkräften, dass das Grün durch das Zumischen von Violett (Grau für On.) in seiner Sättigung soweit vermindert worden sei, dass er es nicht mehr wahrnahm, wurde folgender Versuch vorgenommen:

d.

(P.) Man stellte dasselbe homogene Grün, welches zum letzten Versuche verwendet wurde, in beiden Hälften des Gesichtsfeldes, durch Freilassung der entsprechenden Collimatorspalte und zweckdienliche Drehung des Collimators ein. Nun bestand eine vollkommene Gleichheit der Hälften des Gesichtsfeldes sowohl für On. wie auch für die Farbentüchtigen.

Darauf wurde in eine Hälfte des Gesichtsfeldes statt des Grün das Violett des früheren Versuches eingestellt und zum Grün der anderen Hälfte des Gesichtsfeldes ein Grau zugesetzt, welches schon vorher von On. als gleich dem eingestellten Violett bezeichnet worden war.

Das Gemisch Grüngrau erkannte On. noch immer als Grün, „es sei aber blässer als vorher.“

Diese Versuche beweisen, dass das Violett das Grün auslöschte, nicht weil ersteres das zweite weniger gesättigt machte, denn sonst hätte auch das Grau für On. das Grün auslöschten müssen, sondern weil wirklich das Violett für ihn einen farbigen Reizwerth (eine farbige Valenz) hat, der nicht hinreichend gross ist, um bei ihm eine Empfindung auszulösen, aber immerhin gross genug um den Reizwerth des Grün bis unter die Schwelle herabzudrücken.

e.

(P.) Noch auf eine andere Weise konnte der unter der Schwelle stehende Reizwerth des Violetts nachgewiesen werden.

Es wurde ein sehr wenig brechbares spectrales Roth eingestellt, das On. als Grau oder Grau mit zweifelhafter Farbe bezeichnete, zu demselben dann ein äusserstes Violetts (das er weder als solches noch als Roth, sondern als Grau benannte) zugemischt.

In dieser Mischung erkannte On. eine Spur Roth.

Der Reizwerth des Roth befindet sich wohl unter der Schwelle, aber sehr nahe derselben, jener des Violetts ist ebenfalls unter der Schwelle, wie weit lässt es sich nicht sagen; aber beide unter der Schwelle liegenden Reizwerthe summiren sich und diese Summation bedingt, dass On. in dem Gemische einen erkennbaren Stich ins Roth wahrnimmt.

XIII. 3.

Mischung von spectralen Lichtern, die On. als Grau wahrnimmt.

Bei diesen Versuchen wurden Lichter des Binnengrau mit Lichtern des Terminalgrau gemischt.

(P.) Die Spalte eines Collimators, wie auch jene für das Tageslicht wurden zugedeckt. Die entsprechende Hälfte des Gesichtsfeldes erschien somit schwarz. Die andere Hälfte wurde das erste Mal mit Goldgelb + schwach Röthlichblau (Violett-Blau); das zweite Mal mit Orange + Blauviolett endlich das dritte Mal mit Orange + Indigoblau beleuchtet.

On. nannte die zwei ersten Mischfarben schmutzig roth, die dritte roth, welche einem Grau nicht gleich gemacht werden konnte; die Farbentüchtigen nannten dieselben ein schönes Rosa.

Die Componenten der Mischfarben wurden von On. stets als grau bezeichnet.

Die eben mitgetheilten Versuche zeigen, dass es durch Mischung von zwei Lichtern, die On. nur grau erscheinen möglich war, eine Mischfarbe zu erhalten, die von ihm wahrgenommen und ziemlich richtig bezeichnet wurde.

Es wurden noch andere ähnliche Versuche vorgenommen:

(I.) Ein Collimator war bei diesen Beobachtungen zugedeckt, in den anderen wurden folgende Lichter eingestellt:

I. λ 594.5 + λ 446

II. λ 594.5 + λ 470.

In beiden Fällen nannte On. die entstandene Mischfarbe schmutzig rosa, der Farbentüchtige blass rosa.

III λ 586 + 453.5 oder 449 (eine nähere Bestimmung nicht möglich).

Die Mischfarbe war für On. und für den Farbentüchtigen schmutzig rosa.

IV λ 586 + 472.1.

On. nannte die Mischfarbe grau mit sehr wenig rosa, der Farbentüchtige (Dr. St.) blass lila.

V λ 586 + 475.5.

On. bezeichnete die Mischfarbe als schmutzig rosa.

VI Mit λ 586 + 492 und mit λ 575 + 468.5 gelang es nicht für On. eine Mischfarbe zu erhalten.

Die angeführten Componenten wurden von On. grau benannt, nur das Licht von λ 492 war für ihn bald grau, bald grau mit wenig grün, und jenes von λ 575 benannte er gelb.

Es ist also durch Mischung von zwei Lichtern, die einzeln vorgeführt On. nur grau erscheinen, möglich in vielen Fällen eine Mischfarbe zu erhalten, die von ihm wahrgenommen und ziemlich richtig bezeichnet wird.

Dieses Ergebnis lässt sich nur durch die Annahme erklären, dass in jeder der Componenten auch für On. eine farbige Valenz vorhanden ist, welche aber für ihn noch unter der Schwelle liegt. Bei der Mischung der zwei Componenten erfolgt eine Summation der farbigen Valenzen, der Reizwerth wird nun über die Schwelle gehoben und verursacht somit eine bewusste Empfindung.

Es ist dies der Fall bei den zuerst beschriebenen Beobachtungen, wie auch bei jenen, bei welchen On. die Mischungen (I.) λ 594.5 + λ 446; (III.) λ 586 + λ 453.5 vorgeführt wurden, da alle diese Lichter für ihn eine wohl unterhalb aber nahe der Schwelle sich befindende rothe Valenz besitzen dürften.

Es lässt sich auch erklären, dass es bei Vorführung der Mischungen (VI) $\lambda 586 + \lambda 492$ und $\lambda 575.0 + \lambda 468.5$ nicht gelang, für On. eine Mischfarbe zu erzielen.

Licht von $\lambda 492$ hat für ihn gewiss eine grüne Valenz (S. oben S. 28 u. f.) die aber ziemlich nahe der Schwelle ist, weil er das Grün dieses Lichtes manchmal unter günstigen Versuchsbedingungen wahrnimmt. Dieses Grün compensirt die rothe Valenz des Lichtes von $\lambda 586$ und somit kann die Mischung beider Lichter ihm nur grau erscheinen.

Licht von $\lambda 575$ könnte für On. eine grüne Valenz haben, die nur unter günstigen Bedingungen wahrgenommen, ihn veranlasst, dieses Licht als gelb anzusprechen; Licht von $\lambda 468.5$ könnte für ihn noch eine schwache unter der Schwelle sich befindende rothe Valenz besitzen, die eben hinreicht um die geringe grüne Valenz des Lichtes von $\lambda 575$ zu compensiren. Man kann aber auch nach einigen in den früheren Seiten mitgetheilten Beobachtungen annehmen, dass diese beiden Lichter für On. gar keine farbige Valenz besitzen und dass es aus diesem Grunde nicht gelang eine Mischfarbe zu erzielen.

Nicht zu erklären sind jene drei Beobachtungen II, IV und V, bei welchen Licht von $\lambda 594.5$ mit Licht von $\lambda 470$ und Licht von $\lambda 586$ einmal mit jenem von $\lambda 472.1$ das andere Mal mit jenem von $\lambda 475.5$ gemischt wurde und On. die drei erhaltenen Mischungen als schmutzig rosa bezeichnete, da man kaum annehmen kann, dass die Lichter von $\lambda 470$, 472.1 und 475 eine für ihn rothe Valenz besitzen.

Anhang:

(P.) Es wurden für das Normalauge die Gleichungen gebildet.
 Reines Gelb + reines Blau = Weiss (Tageslicht)
 Homogenes röthlich Blau + homogenes grünlich Gelb = Weiss
 (Tageslicht.)

Beide Gleichungen bestanden auch für On., was nach allen mitgetheilten Versuchen leicht erklärlich ist.

XIV.

Helligkeit (weisse Valenz) der Lichter des Binnengrau und des Terminalgrau im Blau.

Um bei On. das Verhältnis der Helligkeiten (weissen Valenzen) zwischen den Lichtern des Binnengrau und jenen des Terminalgrau im Blau zu ermitteln, wurden in Prag einige Versuche am Helmholtz'schen Doppelspectroskope vorgenommen, dessen Collimatoren mit von Spiegeln reflectirtem Himmelslichte beleuchtet waren.

Die Spaltbreite wurde geändert nachdem On. sich etwas abgewendet hatte und zwar vergrößert oder verkleinert je nach seiner Angabe, manchmal auch derselben entgegengesetzt, um sie zu controlliren.

Als Vergleichslichter verwendete man λ 573 und λ 474·6.

Zwei Versuche ergaben das übereinstimmende Resultat, dass für On. Licht von λ 573 gleich hell (von gleicher weisser Valenz) wie das Licht von λ 474·6 war. Die vorgekommenen Schwankungen betragen 2 bis 3 Theilstriche des Schraubenkopfes.

Nachdem die Ocularspalte verkleinert und vor dieselbe ein Fernrohr gesetzt war, prüfte H. Prof. Hering, H. Dr. Hillebrand und ich selbst mit durch lange Zeit für dunkel adaptirtem Auge die Angabe On.'s und wir fanden, dass das blaue Feld (λ 474·6) uns wohl farblos aber viel heller erschien als das ebenfalls farblose gelbe Feld (λ 573).

Bei den Gleichungen mit spectralen Farben, war es um Gleichheit zwischen den Lichtern des Terminalgrau im Blau mit jenen des Binnengrau herzustellen, stets nothwendig, die Spalte des die ersteren Lichter liefernden Collimators bedeutend weiter zu machen als jene des Collimators, welcher die Lichter des Binnengrau lieferte.

Der scheinbare Widerspruch zwischen jenen und den gegenwärtigen Versuchen findet aber leicht eine Lösung,

wenn man überlegt, dass bei der Bildung der Gleichungen die Collimatoren mit dem rothgelben Gaslichte, bei den gegenwärtigen Versuchen dagegen mit dem durch Spiegel reflectirten blauen Himmelslichte beleuchtet wurden.

XV.

Vergleich mit den spectroskopischen Ergebnissen der anderen Autoren.

Die Untersuchung von Farbenblinden mit dem Spectralapparate hat wohl vor allen übrigen, in den meisten Fällen gebrauchten Untersuchungsmethoden den grossen Vortheil, dass die Angaben der verschiedenen Beobachter mit einander verglichen werden können, sobald die Fraunhofer'schen oder die Metallinien oder die Wellenlängen in jedem speciellen Falle angegeben werden. Wird diese Methode mit der Wollprobe verbunden (H. Magnus (8) und H. Cohn (12)), so gewinnt dieselbe eine noch erhöhte Bedeutung, da dadurch die mündlichen Angaben der Farbenblinden einer objectiven Probe unterzogen werden. Vollkommen verlässlich ist aber auch diese Methode nicht. Die einzige, die sichere Ergebnisse liefert, ist die Bildung von Farbengleichungen mit spectralen Farben. Bis jetzt liegen keine Gleichungen mit spectralen Farben für Gelbblaublinde vor, daher können nur die von verschiedenen Forschern mit den gewöhnlichen Spectralapparaten erhaltenen Resultate mit den an On. erzielten verglichen werden.

J. Stilling (6), Holmgren (23) (24) und Hermann (27) berichten, dass die von ihnen untersuchten Gelbblaublinden ein nach dem rothen Ende unverkürztes Spectrum hatten.

Der Violettblinde von Donders (22) besass ein gegen das Rothende nur wenig verkürztes Spectrum.

Das Spectrum On.'s ist ebenfalls gegen das Rothende etwas verkürzt.

Holmgren, Hermann und Donders fanden bei den

Gelbblaublinden eine neutrale Linie, welche das Roth von Grün theilte. ¹⁾)

Der eine Violettblinde von Holmgren (23) hatte diese neutrale farblose („papierweise“) schmale Grenzzone im Gelbgrün (eine Strecke über die Fraunhofer'sche Linie D hinaus), der andere ein wenig vor derselben.

Hermann fand diese Linie bei seinem Violettblinden für das linke Auge zwischen λ 588 bis λ 585, für das rechte Auge zwischen λ 595 bis λ 585, beide Angaben auf das subjective Spectrum bezogen. Als das Spectrum objectiv entworfen wurde, fand er diese neutrale Zone zwischen λ 597 und λ 583.

Donders (22) schreibt „Une bande grise très large ($\frac{1}{3}$ du spectre), à une lumière faible, sépare les deux couleurs dans le spectre. Le milieu de cette bande est au niveau du jaune.“ Derselbe Verfasser führt in Gräfe's Arch. (29) folgendes an: „in dem von mir untersuchten Falle wies das Spectrum des zerstreuten Tageslichtes ein breites graues Band auf, das sich über das brechbarste Gelb und das Grüngelb erstreckte. Bei stärkerer Beleuchtung wurden die Farben lebhafter und das neutrale Band schmaler.“

Da Donders in dieser zweiten Abhandlung ebenso im Singular spricht wie in der ersten, so ist es, wie schon (oben S. 8) erwähnt wurde, höchst wahrscheinlich, dass es sich in beiden Mittheilungen um einen und denselben Fall handelt.

¹⁾ W. Preyer, Zur Theorie der Farbenblindheit, Centr. Bl. f. Med. Wiss. 1881 S. 2, schreibt: „Für Blau- oder Violettblindheit hatte ich (Pflüger's Archiv. 1868 S. 326, 328) den neutralen Punkt T (Trennungslinie) vorhergesagt. Holmgren findet ihn in der That eine Strecke über D hinaus, für D ist λ 589.9, für das reinste Gelb fand ich (Jenaische Zeitschrift f. Naturwiss. V. S. 376, 1870 und Chodin in meiner Sammlung physiologischer Abhandlungen. Jena I. S. 421, 1877) λ 575, was diesem T entspricht.“

Das graue Band erstreckt sich bei On. von λ 600—596 bis λ 574—572 und wahrscheinlich nur bei sehr günstigen Beleuchtungsverhältnissen bis λ 582.

Bei einem von Stilling (6) untersuchten Gelbblaublinden reichte das Spectrum bis zur Thalliumlinie. Später theilte Stilling (14) einen Fall mit, bei dem das Spectrum weiter reichte. Die von ihm untersuchte gelbblaublinde Dame nahm noch so ziemlich das ganze spectrale Grün als solches wahr. Dem isolirten Blau resp. Violett wurde im gewöhnlichen Spectrum keine Farbe zugeschrieben, im lichtstarken Spectrum wurde dasselbe immer als Roth bezeichnet.

Bei einem Violettblinden von Holmgren reichte das Spectrum ungefähr bis zur Linie G, bei den anderen bis zur Linie F.

Der Gelbblaublinde von Hermann hatte beim subjectiven Spectrum eine zweite neutrale Linie für beide Augen zwischen λ 500 und λ 495, am objectiven lag dieselbe zwischen λ 495 und λ 480; zwischen beiden neutralen Linien war die Hauptfarbe grün.¹⁾

Das violette Ende war beim subjectiven Spectrum für das linke Auge „nur sehr wenig“, für das rechte Auge „kaum abgekürzt“. Bei der Untersuchung mit dem objectiven Spectrum hörte die Violett-Empfindung bei

¹⁾ Die diesbezügliche Stelle aus Hermann's Dissertation lautet: „Das Gesamtspectrum erscheint in drei Hauptfarben, die als Roth, Grün und Violett bezeichnet werden. Der rothe Theil ist vom grünen durch eine graue Stelle getrennt, welche dunkler sein soll als die angrenzenden Farbenfelder. Der grüne und der violette Theil des Spectrums werden ebenfalls von einer hellgrauen (weisslichgrauen), breiten Linie getrennt, welche heller sein soll, als die angrenzenden Felder, auch viel heller, als der erste grüne Streifen. Im gesammten Spectrum werden zwei Intensitätsmaxima angegeben; das grösste Maximum im Roth das andere correspondirend der zweiten neutralen Stelle.“

λ 400 auf. „Diese Stelle erschien Prof. Grönberg sowohl, als auch mir (Hermann) noch dunkelviolet, jedenfalls farbig und nicht wesentlich grau, wie W . . . sie bezeichnete.“

Der Violettblinde von Donders (22) hatte ein gegen das Violette sehr verkürztes Spectrum.

A. Kirschmann (39) berichtet: „bei der Untersuchung am Spectroscope wird die ganze linke Seite des Spectrums bis λ 580 als roth, von dieser Stelle an bis λ 481 werden alle Farbentöne als blau und von λ 481 bis zum wenig verkürzten Ende des Violett als Grün bezeichnet. Die Frage ob Gelb im Spectrum sei, wird bestimmt verneint.“

Aus den Beobachtungen am objectivirten Spectrum lässt sich entnehmen, dass die graue Trennungslinie im Gelb liegt, da bis etwa über D hinaus die Farbe als roth, das Gelb als weiss und nachher bis etwa vor F als Blau und die anderen Farbentöne und Farben gegen den kurzwelligen Theil des Spectrums als Grün bezeichnet wurden.

Der Farbenblinde von Uhry (40) sah im Spectrum des Gaslichtes links roth, in der Mitte grün: „beim Abblenden des rothen und grünen Theiles des Spectrums wird der restirende Theil grün gesehen. Das Violette wird als blasses Grün bezeichnet.“

Die Trennungslinie scheint bei D zu sein, da die Natriumlinie als weiss bezeichnet wurde. Die Thalliumlinie wird sehr gut erkannt und rechts davon wird noch Grün bemerkt.

Für On. findet das farbige Spectrum zwischen λ 485.7 und λ 481 sein Ende. Hat man diese Grenze überschritten, dann sieht er bloss grau und die Lichtempfindung hört für ihn bei λ 408, etwas früher als für H. Prof. E. Heering auf.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass bei einigen Gelbblaublinden das Spectrum am Rothende unverkürzt, bei anderen etwas verkürzt ist.

Die Lage und die Ausdehnung der grauen das Roth

vom Grün trennenden Zone scheint bei den einzelnen Gelbblaublinden etwas verschieden zu sein und dementsprechend ist auch der Beginn der grauen Zone am brechbaren Ende des Spectrums nicht bei allen an gleicher Stelle.

Die Zahl der bis jetzt spectroscopisch untersuchten Gelbblaublinden ist noch zu klein um dieselben in Classen einzutheilen, wie dies für die Rothgrünblinden geschehen ist.

Der Gelbblaublinde von Hermann sah mit dem linken Auge die grösste Helligkeit des Spectrums im Roth bei λ 0.685 er sagt: „diese Stelle ist sogar intensiver, als die zweite sehr hell erscheinende neutrale Stelle bei λ 0.510. Für das rechte Auge liegt das Maximum der Helligkeit zwischen den Wellenlängen λ 551 und λ 490.“ In beiden Fällen wurde mit dem subjectiven Spectrum untersucht.

Für den Violettblinden von Donders (22) lag das Maximum der Intensität im Gelblich-grün (vert-jaunâtre) ungefähr bei λ 560.

Der Farbenblinde von A. Kirschmann (39) (S. 189) gab als hellste und zugleich am wenigsten gesättigte Stelle des Spectrums die Partie zwischen λ 574 und λ 557 an.

Im Spectrum des Tageslichtes findet sich die hellste Stelle für On. im allgemeinen zwischen λ 537 und λ 558; dieselbe rückt aber mehr gegen das brechbarere Ende, wenn das Spectrum heller wird.

Ueber die für einige Spectralfarben und einige Metall-Linien von Blaugelbblinden ausgesuchten farbigen Wollbündel liegen folgende Beobachtungen vor:

Cohn (21) beobachtete bei seinen fünf Blaugelbblinden, dass die Na-Linie durch braune, graue, gelbgrüne, chamois, rosafarbene, weisse, blauviolette oder orange-farbene Wollbündel markirt wurde. Das isolirte Gelb

wurde mit roth, orange, grau oder rothviolett verwechselt. (S. 244 und 286).

Magnus (16) fand, dass der absolut Blaublinde die Na-Linie weiss nannte und mit hellgrauer Wolle bezeichnete; von den übrigen sechs wurde sie theils als weiss, theils als grau oder bräunlich angesprochen und entweder durch bräunlichgraue oder durch eine weisse, einen leichten Stich ins Gelb zeigende Wollenprobe charakterisirt; die leichteren Fälle suchten aber, trotzdem sie einen falschen Namen für die Na-Linie gebraucht hatten, doch passende gelbe Wollen aus.

On. hat anfangs bei Aussuchen der Wollen aus der Holmgren'schen Collection für die Na-Linie keine sehr groben Fehler gemacht; als ihm aber nicht diese Linie wohl aber einmal Licht von λ 589, das andere Mal jenes von λ 474 vorlag, suchte er aus meiner Collection fast gleiche Farben für beide Lichter und machte sehr grobe Fehler. (Vergl. S. 14 und 16.)

Die Lithiumlinie wurde von den Gelbblaublinden Stilling's als roth bezeichnet, nur einer nannte sie blau.

Die Blaugelbblinden von Cohn wählten für diese Linie roth und allenfalls noch ein Purpur.

Die sieben Blaugelbblinden von Magnus nannten die Lithiumlinie stets roth und bezeichneten dieselbe durch mehr oder minder gesättigtes Roth, nur einer suchte eine braunrothe Wollenprobe heraus.

On. benannte die Lithiumlinie immer roth und suchte für sie aus der Holmgren'schen Collection rothe und rosa Bündel aus.

Der Thalliumlinie wurden von den Gelbblaublinden von Stilling verschiedene Farben zugeschrieben, vier nannten dieselbe grün, einer blau, von einem wurde diese Linie einmal auch als lila, von einem anderen als blau gefärbt angegeben.

On.'s Angaben, sowohl der Thallium-Linie, wie auch

der -Flamme sind: grün oder schmutziggrün. (Für die ausgesuchten Wollbündel vergl. oben S. 14 die Note.)

Stilling zeigte nur einem Farbenblinden die Indium- und die Caesium-Linie, welche aber von demselben nicht wahrgenommen wurden.

Der Farbenblinde von Uhry (40) bezeichnete die Thalliumlinie als grün, die Caesiumlinie erschien ihm ebenfalls grün aber blässer als die Thalliumlinie.

On. benannte die Indiumlinie als dunkelgrau glänzend.

XVI.

Prüfung der Unterschiedsempfindlichkeit.

XVI. 1.

Für farbloses Licht.

XVI. 1. a.

Mit dem Lummer'schen Prisma.

An einem von Prof. E. Hering mit Anwendung des Lummer'schen Prismas construirten Apparate wurde in Prag die Unterschiedsempfindlichkeit für farbloses Licht untersucht.

Es zeigte sich, dass die Unterschiedsempfindlichkeit On.'s um eine Spur kleiner ist, als jene von H. Prof. Hering, gleichgiltig, ob man eine grosse oder kleine Helligkeit der beiden Felder anwendete, am linken Auge On.'s ist die Empfindlichkeit um sehr wenig grösser als am rechten.

XVI. 1. b.

Mit dem Chromatoptometer von M. M. Colardeau, Izarn und Dr. Chibret.

Um den Lichtsinn On.'s mit dem angeführten Apparate (34) zu prüfen, wurde derselbe in einem Halter befestigt und gegen einen Spiegel gerichtet, welcher Himmels-

licht reflectirte. Der Tag war sehr hell und der Himmel wolkenlos.

Für das rechte Auge On.'s konnte man den Index von 0° bis $6^{\circ} 5'$ stellen, ohne dass die zwei Felder für ihn eine verschiedene Helligkeit hatten, erst bei 7° bemerkte er den Unterschied.

Für das linke Auge hatten die beiden Felder eine gleiche Helligkeit, wenn der Index von 0° bis 5° bewegt wurde; bei 6° war On. in seinen Angaben nicht sicher und erst bei 7° fand er die beiden Felder ungleich hell.

Der gleichzeitig geprüfte Farbentüchtige (Dr. St.) fand die Helligkeit der beiden Felder bei 3° ungleich.

Nach diesen Beobachtungen ist der Lichtsinn On.'s in beiden Augen nahezu gleich aber im Vergleiche zu den Farbentüchtigen etwas herabgesetzt.

XVI. 1. c. Mit dem Kreisel.

Einige wenige in Prag vorgenommene Versuche hatten gezeigt, dass On. zwei Grau am Kreisel als gleich bezeichnete, obwohl dieselben wesentlich verschieden waren.

In der Hoffnung, durch systematische Versuche dieses eigenthümliche Verhalten erklären zu können, wurden die Beobachtungen in Innsbruck wiederholt. Da es sich bald herausstellte, dass zahlreiche, sehr viel Zeit raubende Beobachtungen nothwendig wären, um die angeregte Frage zu beantworten, so genügen folgende kurze Bemerkungen.

Bei einigen Beobachtungsreihen bestand die äussere Zone bloss aus Weiss, die innere aus Weiss und Schwarz. Das Ergebnis war sehr schwankend, da einmal 3° — 5° Schwarz zu Weiss zugemischt genügten, damit On. einen Unterschied zwischen beiden Zonen wahrnahm, während man bei zwei anderen sehr lange Zeit nachher vorgenommenen Versuchsreihen bis 16° — 19° Schwarz hinzufügen konnte, ohne dass er den Unterschied zwischen den beiden Zonen bemerkte.

Es wurden weiter Versuche mit drei verschiedenen (hellem, mittlerem und dunklem), so viel als möglich constant gehaltenen Nüancen des Grau vorgenommen. Es ergab sich, dass die Fehlerbreite für ein mittleres Grau bedeutend grösser war, als bei den zwei anderen, jene des dunkleren etwas kleiner, als jene bei dem helleren Grau.

Die Unterschiedsempfindlichkeit On.'s für ein am Kreisel erzeugtes Grau ist geringer als bei Farbentüchtigen, weil, wenn er

die zwei Helligkeiten als gleich bezeichnete, dieselben sowohl für Dr. St. als auch für mich beträchtlich verschieden waren.

XVI. 2.

Für farbiges Licht mit dem Lummer'schen Prisma.

Mit dem oben erwähnten Hering'schen Apparate konnte auch die Unterschiedsempfindlichkeit für farbiges Licht (Glasfarben) untersucht werden.

Die in Prag mit Roth, Gelb, Grün und Blau vorgenommenen Beobachtungen zeigten, dass On.'s Unterschiedsempfindlichkeit für die genannten Farben nur eine Spur kleiner ist als jene von H. Prof. E. Hering.

XVII.

Grenzen der Farbenempfindlichkeit für Farbenüancen.

Im Beginne dieser Untersuchung wurde am Farbkreis ermittelt, wie viel Weiss zu einer Farbe gemischt werden konnte bis On. imstande war eine Farbe wahrzunehmen. Es wäre in manchen Beziehungen sehr erwünscht gewesen diese Beobachtungen auch gegen Ende der Untersuchung zu wiederholen, weil, wie schon erwähnt, das Verhalten On.'s gegen die Farben im Verlaufe der ganzen Untersuchung sich änderte. Da aber mehrere dieser Beobachtungen mit den Ergebnissen anderer späterer übereinstimmen, so sollen dieselben hier kurz angeführt werden.

Zur Vornahme dieser Versuche wurden zwei gleichfarbige Papierscheiben in geeigneter Weise zusammengeklebt, damit die Farbe durch die darunter liegende weisse Scheibe nicht blässer erscheine. Diese farbigen Scheiben waren ausserdem um 1 bis 2 mm kleiner als die entsprechenden weissen, um keine farbigen Säume zu bekommen. Am Kreis (Vergl. S. 63) wurde zuerst eine grosse weisse Barytpapierscheibe, dann die kleine farbige angebracht, welche man durch den Schlitz einer kleinen weissen (Barytpapier) Scheibe durchsteckte. Man hatte daher aussen beständig eine weisse, innen aber eine Zone, deren Farbe man von Weiss an beliebig ändern konnte.

Diese Einrichtung zur Ermittlung der Empfindlichkeitsgrenze für die einzelnen Farben ist wohl etwas verschieden von jener Aubert's (3), stimmt aber, wie ich aus der Abhandlung Leber's (7) entnehme, mit der von E. Landolt angewendeten überein.

Es handelte sich nicht so sehr um Gewinnung absoluter Werthe, sondern bloss, wenigstens für Roth und Grün, um Vergleichsversuche zwischen On. und Farbentüchtigen zu erhalten.

Die Grösse des farbigen Sectors wurde selbstverständlich von Beobachtung zu Beobachtung verändert und nicht selten Vexirversuche eingeschaltet. Ausserdem musste der Beobachter, welchem weder die Farbe noch deren Menge bekannt war, seine Angabe niederschreiben, die vom Experimentator erst dann gelesen wurde, als der Untersuchte sich entfernt hatte.

Roth. Aus zwei an On. vorgenommenen Versuchen ergab sich, dass er das Weisse der inneren Scheibe verschieden von jenem der äusseren fand, wenn 2° bis 3° Roth zum ersten gemischt wurden. Wenn die Rothmenge 9° bis 10° betrug, trat bei ihm die Empfindung des Rothens auf; für einen Farbentüchtigen war die Grenze 4° — 5° , für den anderen 4° — 7° Roth.

Es lässt sich daraus schliessen, dass On. im Vergleiche zu den Farbentüchtigen eine kleine Herabsetzung der Empfindlichkeit für Roth kundgab.

Grün. Aus zwei Versuchen ergab sich, dass On. ungefähr mit 7° — 8° Grün einen Unterschied zwischen beiden Zonen fand; von da an bis 24° — 25° nahm er entweder grau allein oder eine unbekannte Farbe oder in sehr seltenen Fällen eine schwache grünliche Farbe wahr; erst von 26° an trat die Empfindung des Grünen auf.

Bei einem Farbentüchtigen (Dr. St.) fand man die Grenze zwischen 1° $30'$ — 3° .

Man könnte aus diesen Versuchen auf eine Unterempfindlichkeit On.'s für Grün schliessen, wenn das angewendete Papier vollkommen rein Grün gewesen wäre, dasselbe besitzt aber einen leichten Stich ins Gelb.

Grünlichgelb. Es wurde nämlich das grünlich gelbe Papier benützt. Von drei damals vorgenommenen Versuchen lassen sich nur zwei verwenden und aus diesen

geht hervor: Bis ungefähr 19° Gelb fand On. keinen Unterschied zwischen beiden Zonen, von da an bis ungefähr 25° war die Färbung zweifelhaft, hie und da gelblich, von 26° an meldete er gelbe Färbung.

Bei einem viele Monate später vorgenommenen Versuche musste man eine bedeutend grössere Menge (50°) des grünlich gelben Papiere anwenden, bevor On. eine gelbliche Färbung meldete, und diese trat zuerst am Rande der inneren Zone auf, die Mitte derselben erschien ihm grau.

Nach allem, was in den früheren Seiten mitgetheilt wurde, ist es ein Grünlichgrau, das On. als Gelb bezeichnet, wenn gleichzeitig noch andere Bedingungen vorhanden sind und daher kann es nicht Wunder nehmen, wenn auch seine Vorstellung über Gelb eine ziemlich labile ist.

Blau. Wie aus allen Beobachtungen hervorgeht, nimmt On. diese Farbe als grau wahr. Aus zwei Versuchen ging hervor, dass er mit 7° — 10° Blau die zwei Zonen etwas verschieden fand, von da an trat das Grau der inneren Zone deutlicher hervor, bei einer Menge Blau zwischen 87° — 105° gab er an Grau mit röthlicher Farbe wahrzunehmen.

Es wurde daher ein Versuch vorgenommen, bei welchem am Kreisel sich bloss Weiss und Blau befanden. Bei einer Blaumenge zwischen 120° — 235° behauptete er eine schwache röthliche, bei jener von 287° — 295° eine grünliche Färbung wahrzunehmen, endlich bei einer Blaumenge zwischen 257° — 276° machte er sogar die gewiss auffallende Angabe Grün mit schwacher röthlicher Färbung.

Es ist kaum zu vermuthen, dass On. falsche Angaben notirte, da die Mischungen stets ordnungslos vorgeführt wurden. Näher liegt der Gedanke On. sei auf Nebenerscheinungen gestützt, die der Farbentüchtige nicht beachtet, zu den angeführten Angaben verleitet worden.

Andererseits lässt sich nicht unschwer eine Erklärung finden.

Das blaue Papier und noch mehr die Mischung Blau und Weiss reflectirt diffus alle Farben; es ist daher leicht möglich, dass eine bestimmte Mischung von Blau und Weiss ihm den Eindruck des Grünen machte. Bei den Wollenproben verwechselte er Grün mit Blau.

Die Angabe, eine bestimmte Mischung Blau und Weiss sei röthlich könnte leicht auf einer subjectiven Empfindung beruhen. On. hielt die Augen bei diesen Beobachtungen nicht ruhig und es konnte vielleicht ein Nachbild oder eine Contrasterscheinung sich gezeigt haben. Das Nachbild von Grünlichblau ist für ihn sehr oft röthlich (S. später S. 121).

Endlich wenn On. bei seinen Beobachtungen den Kopf bewegte — er befand sich meistens nahe der Kreisel-scheibe — so konnte ihm diese bei einer gewissen Beleuchtung grünlich scheinen, bei einer andern trat vielleicht die subjective Empfindung des Röthlichen hervor, und weil er glaubte beide Erscheinungen gleichzeitig zu beobachten, so notirte er grün mit röthlicher Färbung.

Violett. Mit 11° — 15° Violett begann für On. die Empfindung des Grau, bei Vermehrung des Violetten hatte On. manchmal jene einer Farbe, deren nähere Bezeichnung er nicht zu geben vermochte. Als am Kreisel nur Violett und Weiss sich befanden, zeigte es sich, dass, wenn 150° — 302° Violett zu Weiss gemischt wurde, für ihn die Mischungen eine röthliche Färbung hatten. Auch diese Angabe steht im Einklange mit anderen Beobachtungen, so gab er z. B. zu einem Violettbündel aus der Holmgren'schen Collection rosa, purpur, sehr hellroth und violett mit einem Stich ins Roth, zu einem hellrosa aus derselben Collection hellviolett hinzu.

Am Schlusse dieses Abschnittes sollen noch kurz einige Versuche mit Roth besprochen werden. Bei einem

derselben war die äussere Zone Schwarz (Wollpapier) die innere bestand aus Schwarz und Roth.

Als die innere Zone nur 1° Roth enthielt behauptete On. eine röthliche Färbung wahrzunehmen, von ihm als zweifelhaft bezeichnet, eine Ausdrucksweise, die er bis zu 7° Roth stets benützte.

Bei anderen Versuchen wurde die aus Roth und Schwarz bestehende Zone mit einem Grau (Weiss und Schwarz) verglichen.

Die ebenfalls nicht zahlreichen Beobachtungen lieferten schwankende Ergebnisse. Es wurde On. vorgeführt:

$$W. 8^{\circ} + S. 352^{\circ}; R. 4^{\circ} + S. 356^{\circ}$$

er fand keine Gleichheit der beiden Zonen und die Farbe der Mischung R+S wurde von ihm als ähnlich jener des gerösteten Caffés bezeichnet. Erst bei Vorführung von R. 10° + S. 350° und Gleichhaltung von S + W nannte er die erste Mischung röthlich.

Bei anderen Gelegenheiten dagegen fand On.

$$W. 8^{\circ} + S. 352^{\circ} = R. 8^{\circ} + S. 352^{\circ}$$

und die Menge Weiss konnte bis auf 2° vermindert werden, ohne für ihn die Gleichheit zu beeinträchtigen.

Es kam aber auch vor, dass auf einer Seite W. 18° + S. 342° sich befand und man auf der anderen bis auf R. 45° + S. 315° steigen konnte, ohne dass On. in der letzten Mischung mit Sicherheit eine Farbe wahrnahm oder dabei eine Gleichheit der beiden Zonen fand.

Zur Ergründung der Ursache dieser Schwankungen, wäre eine sehr grosse Anzahl von Beobachtungen nöthig gewesen um zu erfahren, in wieweit Beleuchtungsverhältnisse, Helligkeit, Contraste etc. wie auch subjective Momente im Spiele sind.

Auch die Versuche an Wollen ergaben, dass von ihm gewisse dunkle Töne des Roth bald als Roth bald als Grau mit unbestimmter Farbe bezeichnet wurden. Es wäre weiter denkbar, dass diese Schwankungen mit jenen des Helligkeitssinnes in Beziehung ständen.

XVIII.

Farbenwahrnehmung an der Netzhautperipherie.

(P.) Der Fixationspunkt befand sich 45 cm. vom Auge entfernt.

Für die äussere Netzhauthälfte des rechten Auges On.'s wurde im Maximum für Rosa und Grün ein Winkel von $15^{\circ} 31' 26''$ für H. Prof. E. Hering $18^{\circ} 8' 53''$ gefunden.

Für die innere Netzhauthälfte desselben Auges fand man im Maximum für On. $33^{\circ} 14' 49''$ für H. Prof. E. Hering $37^{\circ} 52' 20''$.

Die zwei verwendeten Farben (Rosa und Grün) untersucht mit einem doppelbrechenden Prisma waren nicht bloss für Farbentüchtige, sondern auch für On. complementär.

Gelb und Blau nahm On. an der Netzhautperipherie als Grau wahr und zwar waren dieselben um so heller, je weiter entfernt sich die Farbe vom Centrum befand, so dass sie in der äussersten Peripherie weiss wurden.

XIX.

Farbengleichungen am Kreisel.

XIX. 1.

Vorbemerkungen

Für Rothgrünblinde sind seit Maxwell mehrere Gleichungen mitgetheilt worden, E. Hering (37) hat solche für einen Totalblinden und in jüngster Zeit A. Kirschmann (39) einige wenige für einen nach meiner Ansicht Gelbblinden veröffentlicht.

Obwohl die Herstellung von Farbengleichungen mit farbigen Papieren am Kreisel nach den übereinstimmenden Angaben mehrerer Forscher eine Geduldprobe, sowohl für den Untersuchten wie auch für den Untersuchenden ist, habe ich mich derselben unterzogen und bin H. On. be-

sonders dankbar, dass er mit grosser Bereitwilligkeit sich dazu herbeiliess.

Diese Aufgabe gestaltete sich bei On. vorzugsweise in der ersten Zeit als eine sehr schwierige, weil er seines Fehlers nicht bewusst war, für Blau und Violett nie das Wort grau, ebensowenig je den richtigen oder den Namen irgend einer anderen Farbe gebrauchte, sondern sie als unbekannte Farben von den übrigen unterschied, und endlich, weil ich anfangs für Gelb nicht die passenden Papiere besass. Später als ich sowohl über seinen Fehler hinreichend orientirt war und die nöthigen gelben Papiere erhalten hatte, gelangen die wichtigsten Gleichungen in sehr kurzer Zeit.

Zu diesen Beobachtungen benützte ich den vom Mechaniker Rothe in Prag construirten Kreisel.¹⁾

Derselbe wurde in einem grossen dreifenstrigen, gegen Norden gelegenen Zimmer in einer Entfernung von ungefähr zwei Metern einem Eckfenster gegenüber aufgestellt, so dass der Beobachter seinen Rücken dem Fenster zuwendete, ohne jedoch die Kreiselscheibe wesentlich zu beschatten. Die Zimmerwände sind grau getüncht, die Decke hat eine nicht ganz reine weisse Farbe. Hinter dem Kreisel war ein Stück vollkommen schwarzer Sammt so aufgestellt, dass sich die Kreiselscheibe ungefähr vor der Mitte dieses schwarzen Hintergrundes befand.

Von den von Rothe dem Kreisel beigegebenen farbigen Papieren verwendete ich nur sechs, nämlich: Roth, Gelb (dieses werde ich grünlichgelb nennen), Grün, Blau und Violett. Die weissen Scheiben waren aus Barytpapier, die schwarzen theils aus Blumen-, theils aus Wollpapier herausgeschnitten. Da die schwarzen Scheiben aus schwarzem Wollpapier die besseren sind, so werde ich in folgendem nur solche Gleichungen mittheilen, bei welchen diese verwendet wurden.

Später liess ich mir Zeichenpapier mit Chromgelb (Chromgelb dunkel in Tube von Günther, Wagner), so weit es mit der Hand eben ging, gleichförmig bemalen und aus demselben Scheiben von geeigneter Grösse ausschneiden. Dieses Gelb werde ich Chromgelb nennen.

¹⁾ Rothe, Farbenkreisel, Centralblatt für prakt. Augenheilkunde. 1881. S. 93.

Endlich fand sich in Prag ein gelbes Papier (ich nenne dasselbe sattgelb) vor, welches zur Bildung einer Grundgleichung sich als geeignet erwies.

Für Grün wurde manchmal auch ein nur einseitig gefärbtes Papier verwendet.

Besondere Erwähnung bedarf der Umstand, dass die farbigen und die schwarzen Papiere der verschiedenen Sendungen sehr häufig einen etwas verschiedenen Ton hatten, worauf man stets Rücksicht nehmen musste.

Es darf weiter nicht unberücksichtigt bleiben, dass die meisten Papiere durchscheinend sind und daher ihr Farbenton etwas heller oder etwas dunkler ist, je nach der Farbe der dahinter sich befindenden Papiere.

Es sei ferner bemerkt, dass es nicht immer gelingt, die Papierscheiben so hintereinander zu stecken, dass kein farbiger Saum sichtbar bleibt, in welchen Fällen der Beobachter aufmerksam gemacht wurde, vom farbigen Saume abzusehen.

Bei der Bildung der Gleichungen wurden alle nöthigen Vor-sichten angewendet, und erst nachdem eine Gleichung vom Farben-blinden nach wiederholter Beobachtung stets als richtig gefunden worden war, die Papiere, noch während dieselben sich auf dem Kreisel befanden, in geeigneter Weise fixirt, um auch nach Monaten dieselben Gleichungen vorführen und somit die ersten Angaben controlliren zu können.

Die Angaben bei diesen an verschiedenen Tagen und Tages-stunden vorgenommenen Controllbeobachtungen stimmen im all-gemeinen mit den ersten ziemlich gut überein, die manchmal vorkommenden geringfügigen Unterschiede lassen sich aus den mannigfachen Nebenumständen erklären, die einen grossen Einfluss auf die Erkennung von Farben und Farbentönen haben; daher erachte ich für genügend bei Anführung der einzelnen Gleichungen bloss die erste Angabe On.'s, und nur falls Abweichungen von dieser vorkommen, auch die späteren Angaben anzuführen.

Es sei schliesslich erwähnt, dass, um Gleichungen zu erhalten, welche mit den berechneten übereinstimmten, nothwendig gewesen wäre, aus zahlreichen Einzelbeobachtungen einen Mittelwerth zu berechnen. Da dies bei On. sehr viel Zeit erfordert hätte, so begnügte ich mich meistens bei der Bildung der Gleichungen am Farbenkreisel damit, wenn eine Gleichung gelungen war und sie von On. auch nach Monaten als solche anerkannt wurde.

Vor der Besprechung meiner Beobachtungen will ich folgendes anführen: Hering (35) sagt: Die Gleichungen,

um welche es sich bei der Diagnose der Rothgrünblindheit hauptsächlich handelt, sind folgende:

1. Zwischen einem gesättigten Roth und einem Grau oder Weiss;
2. Zwischen einem gesättigten Grün und einem Grau oder Weiss;
3. Zwischen einem gesättigten Roth und einem Grün;
4. Zwischen einem gesättigten Grün und einem Roth.

Es ist nun selbstverständlich, dass für Gelbblaublinde analoge Gleichungen gelten sollten und falls dieselben auch violettblind sind, ebenfalls ähnliche Gleichungen Giltigkeit haben müssten; ich musste daher trachten folgende Gleichungen herzustellen.

1. Zwischen einem gesättigten Blau (Violett) und einem Grau oder Schwarz;
2. Zwischen einem gesättigten Gelb und einem Grau oder Weiss;
3. Zwischen einem Blau (Violett) und einem Gelb;
4. Zwischen einem gesättigten Gelb und einem Blau (Violett).

XIX. 2.

Gleichungen zwischen einem gesättigten Blau (Violett) und einem Grau und zwischen Blau und Violett.

Gl. XX (I Mitth. S. 465).

Aussen: Blau $360^\circ =$ innen Weiss $35^\circ +$ Schwarz 325° .

7/III 1890 On.: gleich grau mit schwacher gelblicher Färbung.

8/III 1890 On.: gleich dunkelgrau.

20/V 1890 On.: grau, die äussere Zone etwas dunkler.

(II Mitth. S. 258.)

Blau $360^\circ =$ Weiss $56^\circ +$ Schwarz 304° .

2/XII 1891 On.: gleich grau sowohl in der Nähe wie auch in der Ferne ¹⁾.

¹⁾ Die Bezeichnungen „in der Nähe“ oder „in der Ferne“ beziehen sich auf einen Abstand von 15–20 cm. bis zu einer solchen von höchstens 1·5 m.

Gl. XVI (I Mitth. S. 465).

Innen Violett = aussen Weiss 18° + Schwarz 342° .

6/III 1890 On.: grau mit schwacher gelblicher Färbung.

8/III 1890 On.: gleich grau mit sehr schwacher gelblicher Färbung.

25/V 1890 On.; sehr dunkelgrau.

(II Mitth. S. 259.)

Violett 360° = Weiss 31.5° + Schwarz 328.5° .

25/VII 1892 On.: gleich grau.

Die angeführten Gleichungen sind gewiss hinreichend für den Beweis, dass On. blau- und violettblind ist, alle anderen Gleichungen, die noch hergestellt werden können, und von welchen mehrere auch gebildet wurden, dienen bloss dazu das erhaltene Ergebnis zu bekräftigen.

Die zweite Gleichung für Blau weicht wohl von der ersten ab, stimmt aber mit der in Prag aus den Gleichungen für das Sattgelb (Siehe später S. 69) berechneten ziemlich gut überein.

Die erste Gleichung kann aber nicht als falsch bezeichnet werden, da aus den in Prag vorgenommenen Beobachtungen hervorgeht, dass ein und dasselbe blaue Papier (360°) für On. verschiedenen grauen Tönen gleich gemacht werden kann. — Es konnten nämlich fünf verschiedene graue Nüancen (33° , 34° , 38° , 42° , 48° Weiss mit der entsprechenden Menge Schwarz) demselben Blau (360°) gleich gemacht werden.

Auch die zwei für Violett gebildeten Gleichungen stimmen nicht gut überein. Nachdem aber das in beiden Fällen verwendete violette Papier gleichen Farbenton und gleiche Helligkeit hatte, so muss der Unterschied der gefundenen Werthe durch die etwas breiten Fehlergrenzen erklärt werden. In der That stellte sich bei nachträglich vorgenommenen Versuchen heraus, dass man 18° — 32° Weiss zu Schwarz mischen kann, ohne für On. die Gleichheit mit 360° Violett zu stören. Es zeigte sich aber auch, dass jene Grenzen an verschiedenen Tagen etwas enger sein konnten. Ob die Beleuchtung oder eine wechselnde

Empfindlichkeit On.'s die Ursache der Schwankung ist, konnte nicht ermittelt werden. Eine gleiche Erscheinung trat aber auch bei anderen ähnlichen Versuchen hervor.

Bei den eben erwähnten Beobachtungen mit dem violetten Papiere zeigte sich noch eine andere Erscheinung.

In den meisten Fällen, in welchen On. aussen 360° Violett, innen Weiss + Schwarz vorlag, gab er an, innen, nahe dem peripheren Rand, einen ungefähr einen Querfinger breiten grünlichen Streifen wahrzunehmen. Farbentüchtige sahen die ganze innere Zone graugrünlichgelb. Es trat somit, sowohl für On., wie auch für Farbentüchtige eine Contrasterscheinung auf. Die Angabe On.'s entspricht dem Wesen nach jener, die er auch am Helmholtz'schen Doppelspectroscope machte (siehe oben S. 30) wie auch jenen Angaben, die später mitgeteilt werden sollen.

Nachdem durch die oben angeführten Gleichungen am Kreisel gezeigt wurde, dass On. blau- und violettblind ist, so musste auch möglich sein, Blau einem Violett, Violett einem Blau und endlich die Mischung Blau+Violett einem Grau gleich zu stellen. Folgende drei Gleichungen sollen nun dies darthun.

Gl. XXI (I Mitth. S. 467).

Auss.: Blau 360° = inn. Violett 242° + Schwarz 118° .
22/IV 1890 On.: beide Zonen gleich, sehr dunkelgrau.

Gl. XXIV (I Mitth. S. 467).

Auss.: Violett = inn. Blau 348° + Weiss 12° .
22/IV 1890 On.: beide Zonen gleich mittelgrau.
20/V 1890 On.: beide Zonen gleich dunkelgrau.

Gl. XXIII (I Mitth. S. 466).

Inn. Violett 239° + Blau 121° = auss. Weiss 24° + Schwarz 336°
22/IV 1890 On.: dunkelgrau und vollkommen gleich.

Es soll hier noch erwähnt werden, dass On. bei jenen Gleichungen, bei welchen Blau oder Violett für ihn gleich einem Grau gemacht wurde, eine gelbliche Färbung wahrzunehmen behauptete, die er wahrscheinlich fälschlich auf

die ganze Scheibe übertrug. Man hat es dabei mit einer Contrasterscheinung zu thun, da auch Farbentüchtige manchmal eine Contrastfarbe meldeten. Wie später ausführlicher angeführt werden soll, machte On. auch bei den Versuchen mit simultanem und successivem Contrast eine ähnliche Angabe und die dort angeführte Erklärung seiner Mittheilung gilt selbstverständlich auch für diesen Fall.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass On. jede Nüancirung des Blau nur als Grau wahrnehmen kann, dies wird durch die erzielte Gleichung

$$\text{Bl. } 250^\circ + \text{W. } 110^\circ = \text{Schw. } 270^\circ 30' + \text{W. } 89^\circ 30'$$

(I. Mitth. S. 468) bewiesen.

XIX. 3.

Gleichungen zwischen Gelb, Blau und Grau.

(II Mitth. S. 349—250.)

Auss.: Schwarz $278^\circ +$ Weiss $82^\circ =$ inn. Gelb (Chromfarbe) 360° .

2/XII 1891 On.: beide Zonen grau, etwas hell, aber von gleicher Helligkeit sowohl in der Nähe, wie auch in der Ferne.

Auss.: Blau $309^\circ +$ Weiss $51^\circ =$ inn. Gelb (Chromfarbe) 360° .

2/XII 1891 On.: von weitem sind beide Zonen grau und von gleicher Helligkeit; in der Nähe scheint es mir, als ob die innere Zone etwas heller wäre.

12/III 1892 On.: die ganze Fläche erscheint mir sowohl in der Nähe, wie in der Ferne grau und von gleicher Helligkeit.

Auss.; Blau $360^\circ =$ inn. Schwarz $198^\circ +$ Gelb (Chromgelb) 162° .

2/XII 1891 On.: Beide Zonen sowohl in der Nähe, wie auch in der Ferne grau und gleich hell.

Diese Gleichungen zeigen, dass 360° eines Chromgelb, welches von den Farbentüchtigen am Kreisel als Orange-gelb bezeichnet wurde, für On. sowohl einem Blau, wie auch einem Grau gleich gemacht werden konnten; sie entsprechen den oben S. 65, sub 2 und 4 verlangten Gleichungen um Gelbblaublindheit zu diagnosticiren.

Es sei weiter bemerkt, dass On., wenn die zwei chromgelben Scheiben ohne sein Wissen vertauscht wurden,

keine Störung in der Gleichheit der beiden Zonen zu bemerken angab, obwohl die zwei Scheiben vielleicht einen etwas verschiedenen Farbenton hatten.

Mit dem oben erwähnten Sattgelb konnten folgende zwei Gleichungen gebildet werden.

(II Mitth. S. 251.)

Auss.: Weiss 105° + Schwarz 255° = inn. Sattgelb 360° .

23/VII 1892 On.: beide Zonen grau und gleich hell.

9/II 1893 On.: beide Zonen grau und gleich hell.

Auch wenn die äussere Zone bloss aus Weiss oder bloss aus Schwarz bestand, war die innere Zone (Sattgelb) für On. stets grau.

Auss.: Blau 309° + Weiss 51° = Sattgelb 360° .

23/VII 1892 On.: beide Zonen gleich.

Bei der Bildung dieser zwei Gleichungen ermittelte man auch die Breite der Schwankungen in der Menge Weiss und Schwarz, oder Weiss und Blau, welche gemischt werden konnten, ohne für On. die Gleichheit mit 360° Sattgelb zu stören. Die Menge Weiss, welche mit Schwarz gemischt werden konnte, schwankte ungefähr zwischen 97° und 114° ; jene Menge Weiss, die mit Blau gemischt werden konnte, schwankte ungefähr zwischen 31° und 65° . Indem man einen angenäherten Mittelwerth annahm, gelangen für On. folgende zwei Gleichungen:

Weiss 50° + Blau 310° = Sattgelb 360° .

Weiss 100° + Schwarz 260° = Sattgelb 360° .

und daraus wurde die Gleichung

Weiss 58° + Schwarz 302° = Blau 360° .

berechnet. On. fand auch in dieser Gleichung beide Zonen gleich grau.

Die berechnete Gleichung stimmt mit jener, die oben S. 65 angeführt und die viele Monate früher gebildet wurde.

XIX. 4.

Gleichungen zwischen Grünlichgelb, Grau und Grünlichgrau.

Im Beginne dieser Untersuchung benützte ich das oben erwähnte grünlichgelbe Papier, ohne dass es mir

möglich gewesen wäre 360° dieses Papiers gleich einem Grau zu machen. Auch eine Mischung von Grünlichgelb mit Weiss oder mit Schwarz konnte nicht einem Grau gleich gestellt werden und wenn auch eine Gleichung wenigstens annäherungsweise gelang, war die Menge des Grünlichgelb sehr gering, so dass solche Gleichungen für Gelbblaublindheit nicht hinreichend beweisend waren. Erst später nachdem ich aus vielen anderen Beobachtungen die Gewissheit gewonnen hatte, dass On. auch gelbblind ist und er selbst zugeben musste Gelb, gewiss nicht so wie ein Farbentüchtiger wahrzunehmen, gelang mir folgende Gleichung, die ich hier anführe, weil an derselben auch bei Farbentüchtigten eine besondere Erscheinung hervortrat.

(II Mitth. S. 252.)

Auss.: Schwarz 131° + Weiss 229° = inn.: Grünlichgelb 100° + Weiss 260°.

2/XII 1891 On.: ich kann nicht sagen, dass die beiden Zonen in einander übergehen, so wie bei den früheren Gleichungen; doch ist es mir unmöglich anzugeben, worin der Unterschied besteht.

Dr. St. (farbentüchtig): aussen schwach bläulichgrau; innen gelblichweiss.

12/III 1892 On.: die Oberfläche ist hellgrau, sowohl in der Nähe wie auch in der Ferne, nur kommt es mir vor, dass die innere Zone etwas heller als die äussere sei.

Dr. St. (farbentüchtig): aussen Lichtgrau mit bläulichem Schimmer; innen schwach gelbliches Weiss.

Das schwach gelbliche Weiss inducirte bei einem Farbentüchtigten etwas Bläuliches, was wohl selbstverständlich ist. Mehr Interesse bietet aber folgendes dar: Ich zeigte diese Gleichung bei rotirendem Kreisel einem Farbentüchtigten, welcher beim Stillstehen desselben die einzelnen Farben gesehen hatte und er sagte mir, er könne in der inneren Zone kein Gelb wahrnehmen; die äussere erscheine ihm bläulich. Aus dieser Aussage eines Farbentüchtigten lässt sich entnehmen, dass die angeführte Gleichung durchaus nicht genügt um zu behaupten, dass

On. dieses Gelb nicht wahrnehme. An der Angabe des Farbentüchtigen ist weiter bemerkenswerth, dass ein von ihm nicht wahrgenommener Farbenton die entsprechende complementäre Farbe inducirt, eine Erscheinung, die auch bei verschiedenen Gelegenheiten an On. beobachtet wurde.

Nachdem aber durch die spectralen Farbengleichungen (siehe oben) sich herausstellte, dass es für On. möglich ist, alle Farbtöne von λ 600 bis λ 574 allen Farbtönen von λ 482 bis zum Ende des Spectrums gleich zu machen und nachdem das oft erwähnte gelbe Papier einen schwachen Stich ins Grün besitzt, welcher aber von den Farbentüchtigen meistens nur dann mit Sicherheit wahrgenommen wird, wenn daneben ein sattgelbes Papier sich befindet, so wurde in Prag die Gleichung Grünlichgelb = Grün + Weiss + Schwarz versucht.

(II Mitth. S. 253.)

Innen: Grünlichgelb 360° = auss.: Weiss 144° + Schwarz $22^\circ 30'$ + Grün $193^\circ 30'$.

23/VII 1892 On.: beide Zonen gleich.

22/XII 1892 On.: die ganze Fläche gleich grau.

10/II 1893 On.: die ganze Fläche gleich hell und nicht schön gelb.

Die grünlichgelbe Scheibe wird durch eine schwarze ersetzt.

On.: Innere Scheibe schwarz; die äussere Zone hat eine unbestimmte Farbe.

Die grünlichgelbe Scheibe wird durch eine weisse ersetzt.

On.: Innere Scheibe weiss, die äussere Zone graugrün.

Es wird nun On. am rotirenden Kreisel nur die Mischung

Grün 195° + Schwarz 21° + Weiss 144°

gezeigt.

On.: die ganze Fläche gleich grau mit einer unbestimmbaren Farbe.

Es wird endlich On. die ursprüngliche Gleichung vorgeführt.

On.: die ganze Fläche gleich gelb.

(II Mitth. S. 254.)

Inn.: Grünlichgelb 360° = auss. Weiss 191° + Schwarz $41^\circ 30'$ + Grün $127^\circ 30'$.

19/VII 1892 On.: die ganze Fläche gleich.

22/XII 1892 On.: beide Zonen gleich; die äussere vielleicht etwas heller, der Unterschied ist gewiss sehr klein.

Als der Kreisel stillstand.

On.: Innere Zone grau mit etwas wenig Gelb; äussere weiss, schwarz und grüngrau.

9/II 1893 On.: die ganze Fläche von gleicher Helligkeit und grau mit einer sehr schwachen gelblichen Färbung.

Die grünlichgelbe Scheibe wird durch eine weisse ersetzt.

On.: Innere Zone weiss; äussere mit einer Farbe, kann nicht entscheiden, ob gelblich oder grünlich.

Die grünlichgelbe Scheibe wird durch eine schwarze ersetzt.

On.: Innere Zone schwarz; äussere grau ohne Farbe.

Die äussere Zone wird durch Schwarz 360° ersetzt; die innere grünlichgelb 360°.

On.: Innen Gelb hinreichend schön; aussen Schwarz.

Die äussere Zone wird durch Weiss 360° ersetzt; die innere grünlichgelb 360°.

On.: Innen Gelb, schöner als vorher; aussen Weiss.

10/II 1893. Es wird On. am rotirenden Kreisel nur die Mischung

Weiss 192° + Schwarz 41° + Grün 127

gezeigt.

On.: die ganze Fläche grau.

Es wird nun auch die mittlere schwarze Scheibe eingeführt.

On.: Aussen Grau, innen Schwarz.

Es wird die kleine schwarze Scheibe durch eine weisse ersetzt.

On.: Aussen grau mit unbestimmbarer Farbe, innen Weiss.

Es wird endlich die mittlere weisse durch die gewöhnliche grünlichgelbe Scheibe ersetzt.

On.: Aussen helles Grau ohne bestimmbare Farbe, innen gelb.

Wie aus den in der vorangehenden Versuchsprotocollen hervorgeht, gelaugen zwei Gleichungen nämlich;

I. Grünlichgelb 360° = Weiss 144° + Schwarz 22° 30' + Grün 193° 30'.

II. Grünlichgelb 360° = Weiss 191° + Schwarz 41° 30' + Grün 127° 30'

und auch nach Monaten behielten beide Gleichungen ihre Gültigkeit, als das dritte Mal diese Gleichungen On. vorgeführt wurden, behauptete er, dass die ganze Kreisel-

fläche (besonders bei der I. Gleichung) eine gelbliche Färbung hätte.

Das Ergebnis, dass On. ein grünliches Grau neben dem Grünlichgelb als Gelb bezeichnete, veranlasste mich, die anderen oben ausführlich mitgetheilten Beobachtungen vorzunehmen, deren Resultate kurz gefasst folgende sind:

Als in beiden Fällen die innere, kleine, grünlichgelbe Scheibe einmal durch eine gleichgrosse weisse, das andere Mal durch eine ebenfalls gleichgrosse schwarze ersetzt wurde, gab On. an, die äussere Zone sei gegenüber der schwarzen inneren Scheibe grau oder grau mit einer unbestimmbaren Farbe, gegenüber der weissen, inneren, kleinen Scheibe besitze die äussere Zone eine nicht definirbare ($Gr = 127^{\circ}30'$), graugrüne ($Gr = 193^{\circ}30'$) Farbe.

Es wurde ferner die ganze Kreiselfläche einmal mit der Mischung Weiss $192^{\circ} +$ Schwarz $41^{\circ} +$ Grün 127° , das anderemal Weiss $144^{\circ} +$ Schwarz $21^{\circ} +$ Grün 195° On. gezeigt.

Die erste Mischung erschien ihm grau, die zweite grau mit einer unbestimmbaren Färbung.

Als endlich On. 360° der grünlichgelben Scheibe umgeben von 360° Schwarz gezeigt wurde, nannte er die Farbe der kleinen Scheibe „gelb hinreichend schön“; wenn die äussere Zone aus 360° Weiss bestand, hatte die innere Scheibe für ihn ein noch schöneres Gelb.

Diese Versuche mit einem Grünlichgelb lehren Verschiedenes:

1. Es ist möglich, für On. ein grünliches Grau gleich einem Grünlichgelb zu machen. Diese Kreiseligleichung in Verbindung mit den Gleichungen am Spectralapparate kann als genügend angesehen werden um zu behaupten, dass On. dieses Grünlichgelb nicht als Gelb wahrnimmt, sondern dass es eben ein grünliches Grau ist, welches er als Gelb anspricht, wenn noch gewisse andere Bedingungen erfüllt sind.

2. Die Contrastwirkung, die Helligkeit und das Vorhandensein von Grün scheinen aber auch andererseits nicht genügend zu sein, damit On. ein grünliches Gelb als Gelb anspreche, weil ein Grünlichgrau, welches von ihm nach Farbe und Helligkeit gleich dem Grünlichgelb gestellt, neben Weiss als Graugrün oder Grünlich, neben Schwarz oder für sich allein als Grau mit einer nicht bestimmbaren Farbe erklärt wurde.

Bei der Annahme, dass On. ein Grünlichgelb nur wegen seiner Helligkeit und wegen des Vorhandenseins von Grün als Gelb bezeichnet, lässt sich das Ergebnis folgender Gleichungen in einfacher Weise erklären:

Gl. VIII (I Mitth. S. 477).

Auss.: Blau 234° + Grünlichgelb 126° = inn. Schwarz $241^{\circ} 30'$ + Weiss $118^{\circ} 30'$.

28/II 1890 On.: leicht grau.

Gl. XXII.

Auss.: Schwarz 226° + Weiss 134° = inn. Blau 201° + Grünlichgelb 159° .

22/IV 1890 On.: gleich mittelgrau.

21/V 1890 On.: gleich lichtgrau.

Gl. XIII.

Auss.: Blau 360° = inn. Schwarz 341° + Grünlichgelb 19° .

4/III 1890 On.: beide dunkelgrau mit gelblicher Färbung.

Es wurde weiter wenigstens annäherungsweise jene Grenze ausgesucht, bei welcher die Mischung Blau und Grünlichgelb für On. gelblich wird, wenn nur diese zwei Farben am Kreisel sich befanden. Selbstverständlich musste diese Grenze auch für einen Farbentüchtigen ermittelt werden.

Der Versuch ergab, dass bei On. bis 185° Grünlichgelb zu Blau gemischt werden konnten, ohne eine andere Empfindung als Grau hervorzurufen, erst bei 185° — 195° Grünlichgelb trat bei ihm jene des Gelben auf. Der Farbentüchtige hatte schon diese Empfindung, als die Gelbmenge 151° — 155° betrug. Der Unterschied beträgt 34° — 40° .

Es lässt sich der Gedanke nicht abweisen, dass der Unterschied vielleicht grösser ausgefallen wäre, wenn ich diese Versuche zu einer Zeit vorgenommen hätte, zu welcher On. die Ueberzeugung gewonnen hatte, das Gelb nicht wie ein Farbentüchtiger wahrzunehmen und er deshalb bei seiner Angabe „Gelb“ noch vorsichtiger gewesen wäre. Folgende Erklärung würde jedoch auch in einem solchen Falle ihre Gültigkeit behalten.

Solange nämlich die Menge des Grünlichgelb im Verhältnis zum Blau eine gewisse Grenze nicht überschritt, konnte On. diese Mischung nur als Grau bezeichnen und auch gleich einem Grau stellen, weil das Blau (für ihn Grau) das Grün des grünlichgelben Papiers nicht hinreichend deutlich hervortreten liess und die Helligkeit für ihn wahrscheinlich nicht gross genug war; überschritt aber die Menge des Grünlichgelb jene Grenze, dann traten die Helligkeit und das Grünliche der Mischung so hervor, dass On. diese gelb nannte.

Es hat weiter keine Schwierigkeit zu erklären, wie es möglich ist, für On. verschiedene Mischungen von Blau + Grünlichgelb gleich verschiedenen Mischungen von Schwarz + Weiss + Grünlichgelb zu machen, wie folgende Gleichungen darthun.

Gl. IX, XVII und XVIII (I Mitth. S. 478).

Auss.: Blau $227^{\circ} 30'$ + Grünlichgelb $132^{\circ} 30'$ = inn. Schwarz $342^{\circ} 30'$ + Weiss 85° + Grünlichgelb $32^{\circ} 30'$.

1/III 1890 On.: leicht grau.

Dr. St. (Farbentüchtiger): auss.: violettgrau; inn.: gelblich grüngrau.

Auss.: Schwarz 244° + Weiss 71° + Grünlichgelb 45° = inn. Blau 279° + Grünlichgelb 81° .

8/XI 1890 On.: beide Zonen gleich hellgrau.

Dr. St.: auss. schmutzig gelbgrün; inn. violett.

Auss.: Schwarz 273° + Weiss 56° + Grünlichgelb 31° = inn. Blau 324° + Grünlichgelb 36° .

8/XI 1890 On.: beide Zonen gleich hellgrau.

Dr. St.: auss. schmutzig grünlichgelb; inn. blau mit violettem Schimmer.

Die Mischung Blau + Grünlichgelb ist nämlich für On. Grau; die Menge Grünlichgelb, welche zu Weiss und Schwarz gemischt werden konnte, war sehr klein, und somit konnte auch in diesem Falle das Grünliche des gelben Papiers für ihn nicht genügend hervortreten.

Auch die Mischung Violett + Grünlichgelb kann für On. gleich einem Grau gemacht werden, wie aus folgender Gleichung hervorgeht:

Gl. XXV (I Mitth. S. 482).

Auss.: Grünlichgelb 41° + Violett 319° = inn. Weiss 54° + Schwarz 306° .

22/IV 1890 On.: gleich lichtgrau.

20/V 1890 On.: gleich grau.

Dr. Pos. Farbentüchtig: auss. lila; inn. grau.

On. nimmt das Violett als Grau wahr (vergl. oben S. 66) und dieses Grau schwächte so sehr das Grünliche des Gelb, dass On. es nicht wahrnehmen konnte; gleichzeitig war auch vielleicht die Helligkeit der Mischung eine zu geringe.

Man kann sich aber auch eine andere Erklärung dieses Versuches denken: das in dem violetten Papiere enthaltene Roth, welches aber für On. noch unter der Schwelle liegt, neutralisirte das Grün im grünlichgelben Papiere und es blieben Blau und Gelb, die er als Grau wahrnimmt.

XIX. 5.

Mischung von Gelb mit Grün.

Am Doppelspectroskope gelang es beim Mischen von einem Gelb, das für On. grau ist, mit einem Grün, das er als solches wahrnimmt, eine Mischfarbe zu erhalten, die er als Gelb ansprach. Aehnliche Versuche wurden auch am Kreisel vorgenommen.

Beim Mischen eines Gelb (für On. grau) mit Grün am Kreisel erhält man für ihn zuerst ein Grau mit einer Farbe, die er nicht zu bezeichnen imstande ist, dann er-

scheint, wenn die Menge des Grün zunimmt, ein Farbenton, den er gelblich nennt, und welcher für ihn beim fortwährenden Zunehmen des Grün immer deutlicher wird (für den Farbentüchtigen ist es ein nicht reines Grünlichgelb); nimmt die Menge des Grün weiter zu, dann bezeichnet On. die Mischfarbe manchmal als grünlich mit etwas Gelb, manchmal als grau mit zweifelhafter Farbe und endlich, wenn die Grünmenge noch grösser wird, bezeichnet er die Mischfarbe als graugrün, der Farbentüchtige als ein lichtiges nicht reines Gelbgrün.

Es wurde nicht versucht die Mischung, die On. gelb nannte gleich einem Blau oder einem Grau zu machen, was nach allem, was oben mitgeteilt wurde, gewiss gelungen wäre.

Bei einigen dieser Versuche besonders in der ersten Zeit, benützte On. manchmal den Ausdruck grünlichgelb, später hat er diese Bezeichnung nicht mehr angewendet, für dieses Verhalten On's lassen sich theils subjective, theils objective Gründe finden.

Die subjective Begründung mag darin bestehen, dass On., nachdem ihm bekannt wurde, dass er Gelb nicht wie Farbentüchtige wahrnehme, zaghaft geworden sei und jene anfangs besessene Sicherheit in der Angabe der Farbe, sobald es sich um grünlichgelbe Töne handelte, verloren habe.

Eine objective Begründung liegt in der Beleuchtung. Es ist nämlich wahrscheinlich, dass bei einer bestimmten Beleuchtung das Grün mehr hervortritt, bei einer anderen das für ihn hellgrünliche Grau sich zeigt, das er als Gelb zu bezeichnen sich angewohnt hat. Wenn On. sich nun der Kreiselscheibe näherte und mit leichten Kopfbewegungen die verschiedenen Abschnitte der Scheibe betrachtete, so ist es möglich, dass eine verschiedene Beleuchtung derselben stattgefunden und auf ihn den Eindruck einer verschiedenen Färbung gemacht habe, wodurch er veranlasst wurde, eine doppelte Bezeichnung zu verwenden.

XIX. 6.

Gleichungen zwischen Violett + Grün und
Grau.

Bei Benützung eines nur einseitig schön grün gefärbten Papiers gelang in Prag die Gleichung:

$$V. 225^{\circ} + Gr. 135^{\circ} = W. 78^{\circ} + S. 282^{\circ},$$

welche auch mehrere Monate später von On. als richtig anerkannt wurde. — Diese Gleichung erinnert an die oben S. 43 mitgetheilten Beobachtungen mit Spectralfarben.

Nachdem mir später mit den gleichen Papieren mehrere andere ähnliche Gleichungen gelangen, so fand ich mich veranlasst zu untersuchen, wieviel Grün zu Violett gemischt werden könne bis On. angab, eine grünliche Färbung wahrzunehmen. Bei diesen Versuchen zeigte die ganze Scheibenoberfläche den gleichen Farbenton.

Es war nun möglich 210° Gr. mit 150° V. zu mischen, ohne dass On. irgend eine Farbe wahrgenommen hätte. Erst als 224° Gr. mit 136° V. gemischt wurden, behauptete er zeitweise etwas Grün wahrzunehmen.

Es gelang nun die Gleichung

$$V. 173^{\circ} + Gr. 187^{\circ} = W. 62^{\circ} + S. 298^{\circ},$$

bei welcher On. sagte: „gleich grau und gleich hell“.

Man hat bei diesem Versuche das paradox erscheinende Ergebnis, dass eine von On. wahrgenommene Farbe (Grün) von einer von ihm als Grau wahrgenommenen Farbe (Violett) so übertönt wird, dass jene von ihm erst erkannt wird, wenn dieselbe in grosser Menge vorhanden ist.

Man könnte denken, dass die Wahrnehmung des Grün vielleicht sehr stark herabgesetzt sei, dies ist aber gewiss nicht der Fall, wie schon aus früher mitgetheilten Beobachtungen hervorgeht und wie auch daraus zu entnehmen ist, dass er die Mischung

Gr. $135^{\circ} + W. 20^{\circ} + S. 205^{\circ}$

als graugrün bezeichnet und dass er auch bei Vorführung von
auss. Gr. $9^{\circ}30' + S. 350^{\circ}30'$; inn. W. $5^{\circ} + S. 355^{\circ}$
behauptete, noch etwas Grün wahrzunehmen.

XIX. 7.

Ergebnisse anderer Forscher.

Oppel (1) theilt zwei am Farbenkreisel für H. E. gebildete Gleichungen mit. Es muss aber bemerkt werden, dass Oppel zuerst für sein eigenes Auge folgende Gleichung herstellte:

W. 168 + S. 192 = Bl. 142 + Gr. 84 + R. $58\frac{1}{2}$ + Hellgelb $75\frac{1}{2}$

und mit dieser Farbenmischung jene für die Farbenblinde verglich.

Für Herrn E. konnte nun Oppel

R. 107 + Bl. 166	+ S. 12 + W. 75	} Violett
R. 124 + Bl. $152\frac{1}{2}$	+ S. 12 + W. $71\frac{1}{2}$	
Gr. 95 + S. 158 + Gb. 107	} Gelbgrün	
Gr. 146 + S. 56 + Gb. 158		

gleich der angeführten Farbenmischung machen.

Bezüglich der Wiederholung der Beobachtungen führt Oppel (S. 136) folgendes an: „Zu meinem Befremden erhielt ich jetzt — zwar wieder ein Lila und ein Gelbgrün, aber namentlich letzteres viel heller, als das erste Mal. Ich machte es — Anfangs wenig, allmählig sehr merklich — dunkler und auch etwas grünlicher; es ward aber als „immer noch richtig“ bezeichnet. Aehnlich ergieng es mir mit dem Lila, welches nicht nur eine ziemliche Aenderung der Lichtfarbe, sondern eine gar nicht unerhebliche Verschiebung zwischen Blau und Roth gestattete, ohne dem Normalgrau ungleich zu werden. Ich gieng nun absichtlich in letzterer Verschiebung immer weiter, erreichte indessen doch bald eine Grenze, wo die veränderliche Scheibe anfang „zu roth“ zu scheinen.

Diese Bemerkung erinnert an ähnliche oben mitgetheilte Beobachtungen bei On.

A. Kirschmann (30) hat für den zweiten der von ihm untersuchten Farbenblinden zwei Farbgleichungen am Kreisel gebildet, nämlich

$$240^{\circ} \text{ Violettblau} + 120^{\circ} \text{ Grün} = 75^{\circ} \text{ Weiss} + 285^{\circ} \text{ Schwarz}$$

$$180^{\circ} \text{ Roth} + 180^{\circ} \text{ Grün} = 80^{\circ} \text{ Weiss} + 280^{\circ} \text{ Schwarz}$$

und bezüglich der ersten Gleichung bemerkt: „das Sectorenverhältnis der beiden Componenten konnte um 5° und mehr nach beiden Richtungen geändert werden, ohne dass die Versuchsperson eine merkliche Verschiedenheit in Farbe und Helligkeit wahrnahm.“

Diese Gleichung stimmt in der Hauptsache überein mit dem, was oben S. 43 und S. 78 mitgetheilt wurde.

Die zweite der obigen Gleichungen hat eine grosse Analogie mit den für On. am Spectralapparate gebildeten Gleichungen (vgl. oben S. 39).

Kirschmann berichtet weiter: „Sämmtliche Mischungen aus Roth und Blau werden, wenn der Sectorenwerth des Blau nicht unbeträchtlich war, röthlich Grün genannt“. Diese Bezeichnung erinnert an die gleiche von On. gebrauchte Bezeichnung, als ihm am Kreisel eine Mischung von Weiss und Blau gezeigt wurde (S. oben S. 59).

Schliesslich führt Kirschmann Folgendes an: „Mischungen aus Blau (Ultramarin) und Orange gelb (dem Gelben näher als dem Orange), welche für das normale Auge ein schwaches Purpur oder Chamois ergeben, wurden als dem Farblosen sehr nahe oder ganz farblos bezeichnet.“

Diese Beobachtung erinnert an jene, die oben S. 45 angeführt wurden, nur dass On. bei Anwendung bestimmter Componenten die Mischfarbe wahrnahm.

XX.

E. Herings Apparat zur Diagnose der Farbenblindheit.

XX. 1.

Allgemeine Bemerkungen.

Das Himmelslicht beleuchtete die untere matte Milchglasplatte des in der Nähe eines gegen Norden gelegenen Fensters aufgestellten E. Hering'schen Apparates (36), die zwei seitlichen Platten erhielten das von den mässig entfernten Gebäuden zerstreut reflectirte Licht.

Die den später aufzuführenden Gleichungen beigefügten Angaben über die Stellung der einzelnen Milchglasplatten besitzen keinen absoluten Werth, sie sollen nur eine Vorstellung über die relative Lage derselben geben. Es ist nämlich klar, dass ihre Stellung wechseln muss, je nach der Sättigung der in Anwendung kommenden farbigen Gläser und auch nach der Intensität des jeweiligen Tageslichtes.

Um dem Leser, welcher den Hering'schen Apparat nicht besitzt, eine Vorstellung von den mit On. erhaltenen Ergebnissen zu geben, liess ich oft Farbentüchtigte ihre Wahrnehmungen notiren; der Kürze wegen führe ich bloss die Angaben eines derselben (Dr. St.) an.

Es sei schliesslich erwähnt, dass die einmal gewonnenen Gleichungen On. wiederholt und zu verschiedenen Tagesstunden vorgelegt wurden. Bei den hier mitgetheilten Gleichungen soll nur eine Angabe von On. angeführt werden, wenn die anderen mit dieser übereinstimmen.

Bezüglich der angewendeten farbigen Gläser soll bemerkt werden, dass das meinem Hering'schen Apparate beigegebene gelbe Glas gesättigter erscheint, als das grünlichgelbe Papier, jenes hat einen leichten Stich ins Röthliche. On. nannte dieses Glas manchmal Gelb; bei einer näheren Untersuchung stellte sich aber heraus, dass dasselbe ihm Grau mit etwas Gelb erschien, wenn er es gegen eine von der Sonne beschienene Fläche oder gegen eine Schneefläche hielt; wenn der Hintergrund dagegen weniger hell war, erschien es ihm grau. Von den übrigen verwendeten Gläsern benannte On. das rothe, das grüne und das graue stets richtig, während ihm das blaue und das violette grau vorkamen und zwar dunkler als das wirklich graue¹⁾.

¹⁾ Die spectroscopische Untersuchung des gelben und des blauen Glases ergab: das gelbe Glas lässt Roth und Gelb gut

XX. 2.

Gleichungen zwischen Gelb einerseits, Grau,
Blau, Violett anderseits.

(II Mitth. S. 263—266.)

a) Gelb = Grau.

Unten: Gelb 120° ; rechts 0° ; links Grau 114° 1).

13/III 1892 On.: die ganze Fläche grau ohne Farbe und von gleicher Helligkeit; die mittlere Linie, besonders links, und der Rand der vorderen Hälfte hellgrau, beide besitzen wahrscheinlich eine sehr schwache gelbliche Färbung.

St.: vordere Hälfte gelb mit Stich ins Orange; hintere blau-grau; die mittlere Linie links heller gelb, rechts grauschwarz, Rand der vorderen Hälfte gelb, etwas lichter; Helligkeit in beiden Hälften gleich.

d) Gelb = Blau.

Unten: Gelb 40° ; rechts 0° ; links: Blau 90° .

10/V 1891 On.: in beiden Hälften gleiche Helligkeit und gleiches Grau.

St.: vordere Hälfte schmutziges Gelb mit bräunlicher Beimischung; hintere Hälfte gesättigtes Blau,

f) und g) Gelb = Violett.

Unten: Violett 65° ; rechts 0° ; links Gelb 37° .

1) 20/V 1891 On.: beide Hälften gleich grau und von gleicher Helligkeit.

St.: vordere Hälfte dunkelpurpurviolett; hintere schmutzig-gelb mit bräunlicher Beimischung.

2) Die untere Milchglasplatte wird von V. auf 80° gestellt

On.: die vordere Hälfte hat eine sehr schwache röthliche Färbung, die hintere ist dunkelgrau.

St.: vordere Hälfte purpurviolett; hintere bräunlichgelb.

durch; das Grün beginnt ungefähr bei λ 532 weniger gut durchzugehen und nimmt fortwährend ab. Blau und Violett werden nicht mehr durchgelassen. Das blaue Glas lässt weder Roth noch Gelb durch, so dass bis ungefähr λ 572—568 die Strahlen vollständig absorbiert werden. Nun erscheint von circa λ 551—545 ein lichter Streifen, dessen Farben aber nicht deutlich sind. Darauf folgt ein Absorptionsstreifen bis ungefähr λ 516. Von hier an bis zum Ende des Spectrums werden die Farben gut durchgelassen.

1) Die Bezeichnungen rechts und links beziehen sich auf die Stellung des Beobachters hinter dem Apparate. 0° bedeutet, dass die entsprechende Spalte entweder verschlossen oder mit der correspondirenden matten Milchglasplatte verdeckt war.

3) Es wird On. die ursprüngliche Gleichung vorgelegt.

7/II 1892 On.: Grau, Helligkeit gleich, vielleicht ist in der vorderen Hälfte eine Färbung vorhanden; ich bin aber sehr im Zweifel, ob dieselbe wirklich vorhanden ist.

V. stellt die linke Milchglasplatte auf 120°.

On.: vordere Hälfte dunkelgrau; ebenso die hintere; die mittlere Trennungslinie ist grau, aber heller als die zwei Hälften, und enthält eine sehr geringe Menge Gelb; der Rand ist mehr verwaschen und in demselben sehe ich keine Farbe.

St.: vordere Hälfte dunkelrothviolett; gegen die Grenzen verdeckt durch einen gelben Schimmer; hinten gelb.

Bezüglich dieser Gleichungen sind folgende Bemerkungen nothwendig.

Bei der Gleichung a gab On. an, in der mittleren Trennungslinie wie auch am Rande der vorderen Hälfte eine schwache gelbliche Färbung wahrzunehmen. Durch lange Zeit übertrug On. die von ihm an der Peripherie oder an der Trennungslinie angeblich gesehene gelbliche Färbung auf die ganze Hälfte des Sehfeldes, ohne mir von dieser Schlussfolgerung etwas zu sagen; ich vergeudete daher sehr viel Zeit, um der angeblichen Wahrnehmung des Gelb nachzuforschen. Erst als ich ihn über alle Details ausfrag, gelang es mir Klarheit zu schaffen.

Mein Apparat ist mit einer Irisblende versehen und die Contrastwirkung zwischen dem schwarzen Rande und dem mittleren Theile der vorderen Hälfte des Sehfeldes mag vielleicht der Grund sein, warum diese Hälfte nahe dem peripheren Rande auch Farbentüchtigten oft heller erscheint als die Mitte.

Ausserdem ist bei meinem Apparate die Trennungslinie der beiden Hälften des Sehfeldes in der ganzen Ausdehnung nicht gleich breit, sondern sie verwandelt sich nach links in einen schmalen Streifen. Dieser Fehler wird wahrscheinlich dadurch bedingt, dass die vordere durchsichtige und spiegelnde Glasplatte bei dem Transport des unstreitig bei Farbenblinden sehr brauchbaren und schnell zum Ziel führenden Apparates, sich etwas verschoben hat.

Aus den Gleichungen (f und g) geht hervor, dass für On.

ein Violett gleich einem Gelb gestellt werden kann. Wird aber das Violett durch Drehen der unteren matten Milchglasplatte heller, dann gibt er an, eine schwach röthliche Färbung wahrzunehmen. Diese Beobachtung stimmt mit einer, die am Kreisel gemacht wurde, überein, bei welcher eine bestimmte Mischung von Weiss und Violett von On. als röthlich bezeichnet wurde.

Die angeführten Gleichungen entsprechen den Farben, die On. für λ 588—589 aus meiner Wollen-Collection aussuchte (s. oben 14) und zeigen, dass die am Helmholz'schen Doppelspectroscopie erzielten Gleichungen (siehe oben S. 24 u. f.) auch mit dem Hering'schen Apparate (insoweit dies mit farbigen Gläsern möglich ist) erhalten werden können.

XX. 3.

Gleichungen zwischen Grünlichgelb und Grau.

In Ermangelung von passenden grünlichgelben Gläsern stellte mein Assistent Dr. Stainer kleine Glaszellen zusammen, die mit einer entsprechend verdünnten Lösung von doppelt chromsaurem Kali gefüllt waren.

Der mit der Lösung in einer Verdünnung von $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{4}$ ‰ gefüllte Zellenraum hatte eine Dicke von 1.3 bis 1.4 mm. Die Farbe beider Lösungen konnten am Hering'schen Apparate gleich einem Grau für On. gestellt werden, wie folgende Gleichungen zeigen:

(II Mitth. S. 267—268.)

Grünliches Gelb = Grau.

Unten: $\frac{1}{400}$ Kali bichrom. 48°; rechts Weiss 90°; links Weiss 60°.

5/III 1892 On.: die ganze Fläche gleich grau und gleich hell.

St.: vordere Hälfte sehr blass grünlich gelb; hintere lichtgrau mit bläulichem Schimmer; Helligkeit gleich.

Unten: $\frac{1}{200}$ Kali bichrom. 41°; rechts Weiss 99°; links Weiss 55°.

5/III 1892 On.: die ganze Fläche grau und von anscheinend gleicher Helligkeit.

St.: vordere Hälfte sehr blass grünlichgelb; hintere lichtgrau mit bläulichem Schimmer; Helligkeit gleich.

Wenn auch diesen beiden Gleichungen eine geringe Bedeutung beigemessen werden darf, weil die Menge Weiss, welche zu dem Grünlichgelb zugemischt werden musste, um überhaupt eine Gleichung zu erzielen, zu gross war, so dienten mir dieselben jedoch dazu, um die Wirkung des Contrastes zu zeigen, damit On. ein Grünlichgelb als Gelb anspreche wie aus folgendem hervorgeht.

Die untere und die linke Milchglasplatte standen auf 120° , die rechte Spalte war geschlossen. In die untere Spalte wurde eine Glaszelle gefüllt mit einer gesättigten Lösung von doppelchromsaurem Kali, in die linke dagegen der Reihe nach die Zelle mit der $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ % Lösung, das gelbe und endlich das blaue Glas eingesetzt und On. musste, ohne zu wissen was vorging, die Farbe der beiden Felder angeben.

Als in der linken Spalte, entsprechend der hinteren Hälfte des Gesichtsfeldes, die verdünnten Lösungen des Kalium bichromicum sich befanden, bezeichnete On. die hintere Hälfte des Gesichtsfeldes als gelb, die vordere als grau. Wurde dagegen die linke Spalte verschlossen, oder in dieselbe das gelbe oder das blaue Glas eingesetzt, dann bezeichnete On. die vordere Hälfte des Sehfeldes als graugelb, die hintere als schwarz oder als grau.

XX. 4.

Gleichungen zwischen Blau, Violett einerseits und Grau anderseits, und Gleichung Violett-Blau.

(II Mitth. S. 268—269.)

Blau = Grau.

Unten: Blau 120° ; rechts 0° ; links Grau 74° .

7/III 1891 On.: beide Hälften gleich grau.

Violett = Grau.

Unten Violett 60° ; rechts 0° ; links Grau 63° .

9/II 1891 On.: beide Hälften gleich mittelgrau.

St.: vordere Hälfte violett rötlich; hintere gelblich graugrün.

Violett = Blau.

Unten: Violett 85°; rechts geschlossen; links Blau 106°.

9/II 1891 On.: beide Hälften gleich dunkelgrau.

St.: vordere Hälfte violett-röthlich; hintere blau.

Eine nähere Besprechung dieser drei Gleichungen ist wohl überflüssig, und es genügt zu erwähnen, dass dieselben die entsprechenden Gleichungen am Kreisel bestätigen.

XX. 5.

Gleichungen Roth + Gelb und Hellgrün +
Gelb = Grau.

Nach der spectralen Untersuchung geht das Binnengrau im Spectrum On.'s gegen Roth zuerst in ein Grau mit zweifelhafter Färbung, nachher in Grauroth; gegen Violett in Grün über, und es findet sich ein Grüngelb, welches von On. als Grau wahrgenommen wird.

Dieselben Beobachtungen liessen sich auch mit Glasfarben vornehmen, wie folgendes zeigt:

(II Mitth. S. 269 und 271.)

Roth + Gelb = Grau.

Unten: Roth 51°; rechts Gelb 120°; links grau 70°.

25/V 1891 On.: Helligkeit gleich, beide Hälften grau; vielleicht besitzt die vordere Hälfte eine Färbung.

St.: Helligkeit annähernd gleich; vordere Hälfte bräunlich gelb; hintere grau mit bläulichem Schimmer.

Es wird von V. die rechte matte Glasplatte verstellt und On. hat die eingetretenen Veränderungen anzugeben,

Rechts Gelb 100°; On.: vordere Hälfte dunkler und grau mit zweifelhafter Färbung.

Rechts Gelb 80°; On. vorn dunkler; rothgrau.

Rechts Gelb 90°; On. vorn leicht grauröthlich.

Rechts Gelb 95°; On. vorn grau zweifelhaft röthlich.

Rechts Gelb 100°; On. vorn grau mit zweifelhafter Färbung.

Hellgrün + Gelb = Grau.

Unten: Hellgrün 48°; rechts Gelb 78°; links Grau 74°.

25/V 1891 On.: Helligkeit gleich, beide Hälften grau, die vordere besitzt vielleicht eine Färbung, ich kann aber nicht angeben welche.

St.: Helligkeit annähernd gleich; die vordere Hälfte grünlichgelb, die hintere blaugrau.

Es wird von V. die untere matte Glasplatte verstellt und On. muss die eingetretenen Veränderungen angeben.

Unten: Hellgrün 55°; On.: Helligkeit verschieden, vordere Hälfte grüngrau, hintere grau.

Hellgrün 40°: Helligkeit verschieden, vordere Hälfte gelbgrau, hintere grau.

Hellgrün 48°: Helligkeit gleich; beide Hälften grau; die vordere hat vielleicht eine Färbung.

Aus diesen Versuchen ergibt sich:

1. Durch Mischen von Roth und Gelb lässt sich für On. ein Grau mit einer für ihn sehr zweifelhaften Farbe herstellen, welche bei Verminderung des Gelb in „leicht Röthlichgrau“, nachher in „Grauroth“ übergeht.

2. Ein Grüngelb konnte gleich einem Grau gemacht werden.

3. Durch eine sehr geringe Aenderung in der Menge des Gelb oder des Grün konnte nicht bloss die Gleichheit mit Grau aufgehoben werden, sondern auch bewirkt werden, dass die entsprechende Hälfte des Gesichtsfeldes On. farbig erschien.

Nach Allem was vorher mitgetheilt wurde, ist es klar, dass er zum Gebrauche der Bezeichnung Gelb für das Grünlichgelb durch Helligkeitsunterschiede, durch Contraste, durch das Grünliche etc. geleitet wird.

XX. 6.

Gleichung Grün + Blau = Grau.

Das Spectrum On.'s hört in Grünblau auf, daher war es auch möglich für ihn ein Grünblau herzustellen das er gleich einem Grau setzte, wie aus folgender Gleichung ersichtlich ist.

(II Mitth. S. 272.)

Unten: Blaugrün 120°; rechts Blau 110°; links Grau 91°.

9/II 1891 On.: beide Hälften gleich grau.

St.: vordere Hälfte blaugrün; hintere hellgrau mit blassrosa Schimmer.

XX. 7.

Gleichung Roth + Violett = Grau.

(II Mitth. S. 272—273.)

Unten: Violett 120°; rechts Roth 73°; links Grau 71°.

25/IV 1891 On.: beide Hälften gleich; die vordere Hälfte hat eine zweifelhafte unbekannte Färbung, wahrscheinlich röthlich, weil ich vorher das Roth gesehen habe.

2/V 1891 On.: beide Hälften gleich grau.

13/III 1892 On.: die ganze Fläche grau ohne Farbe, nur die Ränder der vorderen Hälfte sind heller grau und enthalten eine schwache röthliche Färbung; die Trennungslinie sehe ich nicht.

St.: vordere Hälfte purpurviolett; hintere graugrün, mittlere Linie dunkelviolett; Rand der vorderen Hälfte orangeroth.

Aus den Angaben des Farbentüchtigen ergibt sich, dass es ein Purpurviolett ist, welches von On. als Grau wahrgenommen wird.

Diese Gleichungen im Vereine mit der Erfahrung, dass On. gewisse Töne und Nüancen des Purpur als Roth bezeichnet und bei den Wollproben zu Roth hinzugibt, zeigen, dass er die Töne und Nüancen des Purpurs theils als Grau, theils als Roth wahrnimmt, je nachdem in denselben das Violett oder das Roth vorherrschend ist.

Man könnte wohl sagen, dass es sich bei Vorlage der Mischungen Roth + Gelb, Gelb + Grün, Grün + Blau und Violett + Roth, welche gleich einem Grau gemacht wurden, nicht um Farbgleichungen im strengsten Sinne des Wortes gehandelt habe, weil eine von On. richtig wahrgenommene mit einer für ihn grauen Farbe gemischt wurde, und daher diese die erstere so ungesättigt machte, dass er dieselbe nicht wahrnehmen konnte.

Nun aber handelte es sich hier zu zeigen, dass einige von Farbentüchtigen gesehene Farbentöne von On. nicht wahrgenommen und gleich einem Grau gestellt werden, man kann aber daraus nicht schliessen, dass On. beide gemischten Farben nicht wahrnehme; für welche der beiden gemischten Farben er blind ist, lässt sich selbst-

verständlich aus den zuletzt angeführten Ergebnissen nicht entnehmen.

XXI.

Beobachtungen an Körperfarben.

XXI. 1.

Wollprobe.

Im Beginne dieser Untersuchung wurden mit der Holmgren'schen Wollencollection zahlreiche Beobachtungen vorgenommen, nach welchen totale Farbenblindheit und Rothgrün-Blindheit mit Sicherheit bei On. ausgeschlossen und das Vorhandensein von Blau- und Violettblindheit nachgewiesen werden konnte; die Verwechslungen aber bezüglich des Gelborange (hell) und des Hellgelb nicht sehr auffallend waren.

Im Verlaufe der Untersuchung, nachdem sich herausgestellt hatte, dass auch Gelbblindheit vorhanden ist, entschloss ich mich, eine grosse Wollencollection zusammenzustellen (siehe oben S. 13) und an dieser die wichtigsten Beobachtungen bezüglich Gelb-Blau-Blindheit zu wiederholen, deren Ergebnisse nun kurz mitgetheilt werden sollen.

Orange. On. bezeichnete dessen Farbe als dunkles, hinreichend reines Grau und suchte nicht weniger als 80 Bündel heraus, die er nach ihrer Aehnlichkeit in vier Gruppen eintheilte.

Die zwei ersten Gruppen waren für ihn grau und sie unterschieden sich nach ihm voneinander bloss durch ihre Helligkeit. Diese beiden Gruppen enthielten zusammen nicht weniger als 69 Strähne, und die vertretenen Farben waren; Dunkelbraun, Braun mit gelblichem Schimmer, Grau, Grau mit bläulichem, mit schwach violettem oder mit schwach röthlichem Schimmer, Orange, Lichtorange, Grautorange, Grautorange mit deutlichem Gelb, sehr helles, beinahe weissliches Grün, sehr dunkles Blau, Dunkelblau mit etwas Grau, Dunkelviolett, Dunkelviolett mit Grau.

Die dritte nur 7 Strähne enthaltende Gruppe bezeichnete On. als grau mit einer schwachen, zweifelhaften, nicht definirbaren Färbung. Auf meine Aufforderung, diese Bezeichnung etwas näher zu erklären, sagte er: „Es ist so, wie wenn eine entschiedene

Farbe langsam in Grau übergeht, so dass man schliesslich nicht mehr mit Sicherheit sagen kann, ob noch eine Farbe vorhanden ist.* In dieser Gruppe fand man folgende Farben: Röthlichgelb, Sattgelb, Braunröthlich, Blaugrün und Dunkelpurpur.

Die vierte Gruppe enthielt nur 4 Bündel mit für On. mehr oder weniger bekannter oder zweifelhafter Färbung; er bezeichnete jedoch die Farbe dieser 4 Bündel hinreichend genau.

On. hat daher Orange weder mit Roth noch mit Grün noch mit gewissen Tönen des Gelb, wohl aber mit Grau, Blau und Violett verwechselt, was sehr charakteristisch ist.

Sattgelb. Für dieses suchte On. nur 15 Bündel aus, aber mit Ausnahme von einem einzigen, das mit dem Muster die grösste Aehnlichkeit besass, waren alle anderen braun (graugelblich-röthlich), dunkelbraun, einige mit grünlichem Schimmer, braunorange, bläulichgrau und eines grau röthlich gelb (gelb überwiegend).

Unter den ausgesuchten Bündeln fehlen aber die rothen, die gelben, die grünen, die blaugrünen, die blauen, die violetten und die purpurnen Bündel. Auf meine Frage, was für eine Farbe das vorliegende und die ausgesuchten Bündel besitzen, antwortete On.: „Sowohl das vorgelegte, wie auch die ausgesuchten Bündel sind grau, aber sie besitzen gewiss eine Färbung, die ich nicht kenne.“

Es wurde On. noch ein Gelb vorgelegt, welches um eine sehr kleine Nüance etwas verschieden von dem früheren war. Er suchte nun 20 Bündel heraus und darunter fanden sich blaue, blaugraue, violettgraue, röthlich braungraue und röthlich gelbgraue Bündel. Ein röthliches braungraues Bündel bezeichnete er später als röthlich und ein ausgesuchtes grüngraues als grünlich.

Gelb mit einem leichten Stich ins Grünliche. On. suchte, so oft auch diese Probe vorgenommen wurde, höchstens 10 Bündel, immer genau dieselben, heraus und zwar mehr oder weniger gelbe mit sehr schwach grünlichem Ton, manchmal gab er auch gelbe mit röthlichem Schimmer hinzu, so dass ein positiver Fehler von ihm nicht begangen wurde, dagegen beging er den wesentlichen negativen Fehler, alle sattgelben und graugelben Bündel bei Seite zu lassen.

Grüngelb. Das Verhalten On.'s gegen diesen Farbenton war sehr widersprechend. Es genüge folgendes anzuführen: Einmal legte ich ihm ein grüngelbes Bündel vor, er machte in der Auswahl der Bündel keinen positiven Fehler, nur liess er andere, die auch dazu gehört hätten, ganz bei Seite und von den ausgesuchten Bündeln bezeichnete er sogar einige entschieden als gelbgrün, dagegen verwechselte er bei der v. Reuss'schen Probe genau dieselbe grüngelbe Wolle mit anderen Farben.

Ein anderesmal legte ich ihm nur 4 gelbgrüne Bündel vor, drei bezeichnete er als grau, das vierte als graugrün. Auf meine Aufforderung für letzteres aus meiner Collection die entsprechenden Wollen auszusuchen, übergab mir On. 26 Strähne und darunter fanden sich 14 hellblaue.

Ein anderesmal dagegen, als ihm 32 Bündel, und zwar von Gelbgrün anfangend, durch Gelb und Orange bis Tieforangeroth zum Sortiren vorlagen, machte er aus den gelbgrünen Bündeln zwei Gruppen, wovon er eine graugrün, die andere gelbgrün nannte.

Blau. Es wurden von On. 55 Bündel ausgesucht und darunter befanden sich folgende Farben: reines Grau, Grau mit leichtem Stich ins Blau, Graublau, Blau (hell, mittel hell und dunkel), Blauviolett und Dunkelviolett. Es fehlten vollständig alle übrigen Farbentöne und Farbennüancen, sogar die Orangebündel liess er diesmal bei Seite (vgl. oben). Charakteristisch ist es aber, dass On. auch ziemlich reingraue Bündel aussuchte.

Wenn man alle mit Wollbündeln vorgenommenen Proben überblickt, ergibt sich, dass Pigmentfarben vorkommen, die On. constant richtig bezeichnet und sortirt, es sind dies Roth, Grün und einige Töne des Gelb (eines hellen grünlichen Gelb). Letztere bezeichnet und sortirt On. ziemlich genau, nur wegen der Helligkeit und des Vorhandenseins von Grün, wie dies aus den Spectral-Kreisel- und Glasfarben-Gleichungen hervorgeht.

Andere Farben werden von ihm stets als grau bezeichnet, es sind Orange, ein sehr sattes Gelb, Blau und Violett, jedoch mit einigen Einschränkungen in dem Sinne, dass Orange und Violett nicht viel Roth enthalten, — in solchen Fällen bezeichnet er meistens die Farbe als roth — und dass das Blau nicht zu hell sei und vielleicht etwas Grün enthalte; letztere Töne bezeichnet er als grün.

Es gibt endlich Pigmentfarben, welche im allgemeinen auf ihn den Eindruck des Grau mit einer undefinirbaren Färbung machen; es sind dies vorzugsweise gewisse Nüancen und Töne des Gelb, des Blau und des Violett, die er aber auch mit einander verwechselt.

An dieser Stelle soll auch der in Prag mit den Wolff-

berg'schen Tüchern vorgenommene Versuch erwähnt werden.

Gelb und Blau erschien On. als Grau, beide von gleicher Helligkeit; Roth: schön roth; Grün: schön grün.

XXI. 2.

Ergebnisse anderer Beobachter.

Damit die von verschiedenen Beobachtern an Blaugelbblinden mit der Wollprobe erhaltenen Resultate untereinander verglichen werden können, wäre es nothwendig, dass die vorgelegten Muster für alle Farbenblinden identisch wären, denn nur in diesem Falle liessen sich aus den vorgekommenen Verwechslungen sichere Schlüsse ziehen. Mit der blossen Farbenbezeichnung der vorgelegten Wollprobe ist manchmal nicht viel gewonnen, da es hinreichend bekannt ist, wie besonders in den hellen Nüancen einer Farbe, die subjective Empfindung eines Farbentüchtigen und seine Uebung in der Unterscheidung und Benennung von hellen Farbennüancen eine grosse Rolle spielen. Trotz dieser Einschränkung behält doch der vorzunehmende Vergleich einen Werth, da die hiehergehörigen Verwechslungen derart sind, dass Farbentüchtige sich niemals solche zu Schulden kommen lassen.

Nur in wenigen der bis jetzt beschriebenen Fälle von Gelbblau-Blindheit sind die Ergebnisse der Proben mit farbigen Gegenständen mitgetheilt. Die mir bekannt gewordenen Angaben sollen angeführt werden.

Vor allem sind die Beobachtungen Oppel's(1) zu besprechen. Seine Farbenblinden mussten die Farben der von ihm in Aquarell (S. 94) gefärbten und numerirten Papiere angeben und ausserdem dieselben in zusammengehörige Gruppen oder Schattirungen nach der Aehnlichkeit der Farben ordnen. für diese zweite Probe wurden die blassen oder weisslichen Farben weggelassen. Die mit dem Gruppiren der Papiere bei H. E. erzielten Ergebnisse (S. 112) sollen hier mitgetheilt werden. Die Gruppe roth enthielt: roth

aber auch blasslilaroth, hellcarminroth (Rosa) und Lila. H. E. machte aber die Bemerkung: die letzteren sind „eigentlich kein Roth — und doch auch kein Gelb — doch wohl am Ersten noch eine Art Roth“. — In der Gruppe gelb fand sich nur gelb. — Bezüglich der Gruppe grün soll die Stelle wörtlich angeführt werden: „grün (d. h. wie Laub der Bäume) ist wahrscheinlich nur 45 (Saftgrün), — vielleicht auch noch 27, 30, 17 und 24, die aber auch blau sein könnten.“ (Die Zahlen beziehen sich auf folgende Farben: 45 Dunkelgrün (kalt), 27 bläuliches Hellgrün, 30 mittleres Gelbgrün; 17 helles Gelblichgrün und 24 Gelbgrün ziemlich hell. V.) — Zur Gruppe blau wurden ausser Blau auch Hellgrün (eher bläulich Grün) und blass Grün und „etwa auch noch“ bläuliches Hellgrün, mittleres Gelbgrün, helles Gelblichgrün, und Gelbgrün ziemlich hell gegeben.

Cohn (21) legte seinen fünf Fällen, die er als rein blaugelbblinde betrachtet, nur Rosawolle vor (S. 4); die Ergebnisse werden von ihm (S. 237) folgendermassen mitgetheilt: „Zur Rosawolle bei der Vorprobe legten Fall 12, 18, 65 Roth, Fall 13 Braun und Grün; Fall 34 Roth und Grau“.

On. hat zu Rosa aus der Holmgren'schen Wollen-collection neben hellroth auch ein hellvioletttes Bündel ausgesucht.

Cohn theilt die bei den fünf Gelbblaublinden mit gefärbten Pulvern (S. 9) erhaltenen Resultate ausführlich mit und sagt schliesslich (S. 239) „die vorgelegten gefärbten Pulver hätten also nur in zwei Fällen eine Verwelchslung bei Gelb, nur in zwei Fällen bei Blau und in drei Fällen bei Violett ergeben.“

On. bezeichnet die verschiedenen Nüancen des Chromgelb als grau.

Zahlreichere Proben mit Holmgren's Methode hat Magnus (16) an sieben Violettblinden vorgenommen. Unter

diesen war einer vollständig violettblind, während die anderen mittleren Graden angehörten.

Magnus gibt (S. 226) folgende Schilderungen seines Befundes: „Bei der Holmgren'schen Wollprobe sortirten die ausgesprochen violettblinden Individuen in der Weise, dass sie zu fleischfarbener Wolle Grau und Hellgelb, sodann zu Purpur Scharlachroth, zu Gelb Hellgrau, zu Blau Grün, zu Grün Blau und zu Violett Grün legten.“

Wie oben hinreichend ausführlich mitgetheilt wurde, hat On. zu Sattgelb vorzugsweise Braun, und Braun mit einem leichten Stich ins Orange, ins Grün und ins Blau, zu Orange hauptsächlich Braun, Grün, Blau, Violett, zu Grünlichgelb nur Grünlichgelb, zu Grüngelb Hellblau hinzugegeben. Purpur wurde meistens zu Roth gegeben.

Zwei Gelbblaublinde von Magnus bezeichneten die grüne Wolle blau, und umgekehrt die blaue grün; und „legten zu blauer Wolle stets Grün, zu Violett wiederum Grün und zwar dunkelgrün und zu Grün Blau.“

Obwohl On. zu Grün Blau und zu Blau Grün legte, bezeichnete er doch das Grün ziemlich genau. Anfangs benützte er für Blau und Violett die Bezeichnung „unbekannte Farbe“ später oft „Grau“.

Hermann (27) (S. 43) hat ebenfalls die Holmgren'sche Wollprobe bei seinen Gelbblaublinden vorgenommen.

Dieser legte „zum Hellrosa ein fleischfarbenedes und ein gelblich-oranges Wollbündel hinzu“; „zu einem citrongelben: zwei hellbraune, ein blaues, ein rein grünes und ein grüngraues Wollbündel; zu einem anderen intensiv gelben Probebündel ein bläulichgraues Bündel“; zu hellgrün zwei violette, zu einem Lilabündel „mehrere blaue, ein graues und einige hellgrüne“ hinzu.

Der Blaugelbblinde von Hilbert (26) legte zu Hellrosa Wolle: Rosa, Blassroth (lachsfarbig), Orange und Hellviolett hinzu; zu hellgrüner Wolle; Hellgrün in zwei Nüancen und Hellblaugrün.

Der Violettblinde von Donders (29) sortirte zwar

etwas langsam, aber doch vollkommen richtig blaue (wo- unter blaugrüne) und violette Wollbündel, beide Farben waren in sehr verschiedener Lichtstärke und Saturation.

Die Rosawollbündel wurden von blassblauen unterschieden und der Violettblinde erklärte sogar, in den rosafarbenen Bündeln entschieden etwas Röthliches zu sehen.

In den Ann. d'oculistique (22) führt Donders die Beobachtung mit den blauen und violetten Wollenbündeln fast mit denselben Worten an, wie im Graefe's Archiv. Man findet aber noch folgendes: Des objets jaunes apparaissent sans couleurs. Le vert-pâle et le bleu-pâle sont également incolores: le bleu du ciel est gris.

Wie On. den Himmel sieht, konnte ich nicht mit Sicherheit entnehmen. An einem sehr schönen Nachmittage forderte ich ihn auf, jene Wollbündel aus der Holmgren'schen Collection auszusuchen, die mit der Farbe der Nordseite des Himmels die grösste Aehnlichkeit hatten. Es muss aber bemerkt werden, dass trotz der vollkommenen Wolkenlosigkeit und Reinheit der Luft der Himmel nicht eine tiefe schöne blaue Färbung zeigte. On. übergab mir nur drei Bündel und zwar zwei hellblaue und ein sehr hellgrünlichblaues.

Zwei Farbentüchtige (Pos. und St.) übergaben mir nur mehr oder weniger hellblaue Bündel ohne irgend eine andere Farbenmischung.

Stilling (6) benützte zu seinen Proben theils farbige Zwirnrollen, theils farbige Seidenbänder, theils farbige Seidenfäden zu Bündeln verknüpft.

Da den sechs Farbenblinden nicht dasselbe Material und auch nicht immer dieselben Farben zum Sortiren vorgelegt wurden, so ist eine kurze Wiedergabe der von Stilling erzielten Resultate ziemlich schwer. Es werden aber folgende Angaben genügen.

Blau wurde meistens mit Grün verwechselt, es kamen aber auch Verwechslungen von Dunkelblau mit Roth, von Hellblau mit Grau und von Blau mit Roth vor.

Bei Vorlage von Purpur kamen Verwechslungen mit Roth, mit Dunkelroth, mit Blau und Violett vor.

Violett wurde mit Roth und Rosa verwechselt.

Der erste Fall Stilling's weiss von dunklem Gelb nicht zu sagen, was es sei, er nennt es Pferdebraun; helles Gelb sortirte er richtig.

Ein anderer Gelbblaublinder verwechselte Gelb mit Rosa, mit Lila, mit Himmelblau und zwei andere stellten Gelb mit Blau zusammen.

A. Kirschmann (39) führt S. 189 für A. L. aus: Bei der Sortirung von Wollproben werden alle blauen und violetten Täfelchen als grün; alle grünen aber als blau; die gelbgrüne als hellblau bezeichnet, Orange wird als Roth, Olivgrün aber als Grau erkannt.'

XXI. 3.

Täfelchen nach A. v. Reuss.

Bei der Anwendung der Wolltäfelchen wurde genau so verfahren, wie A. v. Reuss (31) vorschreibt.

Bei den Proben mit den Originaltäfelchen bezeichnete On. als gleich oder ähnlich gefärbt Blau mit Grünblau; Blau mit reinem Grün; Dunkelblau mit Lichtgelbgrün; Lichtblau mit Gelbgrün; Rosenroth mit Purpur; Rosenroth mit Hellpurpur, Rosenroth mit Grau; Hellpurpur mit Violett.

Da dieses Ergebnis mich nicht genügend befriedigte, so habe ich mir 150 neue Täfelchen angefertigt, welche, wie auch die entsprechenden farbigen Felder, etwas grösser sind als die ursprünglichen. Es wurde eine grössere Anzahl der für Gelbblaublindheit wichtigen Verwechslungsfarben benützt und bei deren Zusammenstellung auf auf die von On. bei den Spectralproben ausgesuchten Wollsträhne und auf die oben erwähnten Wollproben Rücksicht genommen.

Es sei bemerkt, dass die Art und Weise, wie die einzelnen Wollfäden aneinander gereiht sind, einen nicht gering zu schätzenden Einfluss auf den von den farbigen Feldern hervorgerufenen Eindruck hat.

Die 150 Täfelchen gut untereinander gemischt, wurden in fünf Theile getheilt, wovon man drei an einem und zwei an einem anderen Tage vorlegte, um eine zu grosse Ermüdung zu vermeiden.

Roth und Grün wurden mit keiner Farbe verwechselt, nur wäre die Verwechslung des Purpur mit Roth zu erwähnen.

Orange verwechselte On. mit Grau, mit einigen hochgelben Nüancen, mit Violett, mit Blau und mit Braun (vgl. ob. S. 89).

Ein Sattgelb, das On. bei der Wollprobe (vgl. oben S. 90.) mit verschiedenen Farben verwechselte, wurde von ihm bei der gegenwärtigen Probe weder mit Grauröthlich, noch mit Grauviolett, Graublau, Gelbgrün verwechselt und als ein Grau mit wenig Gelb bezeichnet.

Das hellgrünlich Gelb, welches On. stets als ein für ihn schönes Gelb bezeichnete, verwechselte er weder mit Grau noch mit irgend einer anderen Farbe. — Als Verwechslungsfarben wurden bloss helle Nüancirungen der verschiedensten Farben verwendet.

Ein Gelbgrün verwechselte er mit Orange und Hellblau und nannte es grau.

Eine andere Nüance des Gelbgrün verwechselte er mit Hellblau, nannte aber beide grüngrau. Dieselbe Nüance des Gelbgrün wurde von ihm neben einem Hellgrünlich-Gelb und neben Grün als Grau bezeichnet, als aber das grüne Feld mit einem weissen Papier zugedeckt wurde, erkannte On. das grünliche des anderen Feldes.

Eine dritte Nüance des Gelbgrün verwechselte er mit Orange und Bläulichgrau, nannte aber dieselbe bald graugrün, bald gelblich ohne Grün.

On. hat Blau ähnlich einem Grau, und wie oben erwähnt, auch einem Sattgelb gestellt; Violett einem Dunkelbraun.

XXI. 4.

Pseudoisochromatische Tafeln von J. Stilling.

Es wurde On., der sich in der Nähe eines gegen Norden gelegenen Fensters befand, die Ausgabe vom Jahre

1883 wie auch jene vom J. 1889 vorgelegt. Es genüge folgendes zu erwähnen.

On. entzifferte nur sehr mühsam und theilweise fehlerhaft die für Gelbblaublinde bestimmten Tafeln von beiden Ausgaben, nämlich Taf. VI. (1883), Taf. VIII. (1889).

Er war nicht imstande eine für Rothgrünblinde bestimmte Tafel (Tafel V. Auflage 1883) zu entziffern und vermochte nur mühsam eine zum selben Zwecke bestimmte Tafel (Tafel V.) der Auflage 1889 zu lesen.

Auch eine für Simulanten angefertigte Tafel konnte On. entweder gar nicht (Taf. VIII. Aufl. 1883) oder nur mühsam (Taf. IX. Aug. 1889) lesen.

XVI. 5.

Ergebnisse von anderen Beobachtern.

Die Angaben, die ich in der Literatur bezüglich der pseudoisochromatischen Tafeln für Gelbblaublinde fand, sind nicht zahlreich und ausserdem lassen sich die Ergebnisse an On. mit den an anderen erhaltenen nicht immer vergleichen, da die Stilling'schen Tafeln im Verlaufe der Zeit verschiedene Aenderungen erfuhren. Es wäre somit für einen Vergleich unbedingt eine Einsicht in sämmtliche bisher erschienenen Auflagen nöthig. Es sollen hier nur kurz die von andern Forschern erhaltenen Resultate wiedergegeben werden.

Cohn (21) (S. 16) benützte die vor August 1878 erschienen Ausgabe, wie auch die im Januar erschienenen gelbrothen Tafeln und endlich die Ausgabe, welche Stilling im Jahre 1878 auf der augenärztlichen Versammlung in Heidelberg vorlegte. Das Endergebnis dieser Untersuchung wird von Cohn folgendermassen zusammengestellt (S. 286): „Die gelbblauen Tafeln, welche Stilling zur Erkennung der Gelbblaublindheit herausgab, wurden von mehreren Blaugelbblinden gelesen. Die zu demselben Zwecke hergegebenen gelbrothen Tafeln Stilling's sind technisch

besser, wurden aber doch von einem Blaugelbblinden gelesen.“

Hilbert (26) theilt (S. 41) mit: „Die Tafeln zur Diagnose der Blaugelbblindheit (Heft III 1877) werden sämtlich gelesen, die erste derselben allerdings sehr mühsam.“

G. Hermann (27) hat folgende Auflagen benützt (S. 22) „Neue Folge, erste (1878) und zweite Lieferung (1879). Alsdann die Tafeln zur Bestimmung der Blaugelbblindheit (1877)“ und er bezeichnet (S. 33 Note) „die Stilling's Tafeln der ersten Lieferung mit a, b, c etc., die der zweiten mit I, II etc.; die Tafeln für Gelbblaublindheit mit 1, 2, 3.“

Für einen Gelbblaublinden gibt G. Hermann folgendes an (S. 43) „Tafel a wird gut gelesen; Tafel I desgleichen, aber II kann nicht gelesen werden. Von den Tafeln für Gelbblaublinde wurde das H auf Tafel I nicht einmal mit dem Finger richtig gedeutet. Auf Tafel II konnte der obere Stern nicht erkannt werden und auf Tafel III wurde das T nicht ganz richtig gedeutet.“

Uhry (40) (S. 25) untersuchte den Gelbblaublinden mit den Tafeln der Ausgaben vom J. 1878, 1883 und 1889; im folgenden werde ich aber bloss die mit den Ausgaben vom J. 1883 und 1889 erhaltenen Ergebnisse anführen, weil diese zwei Ausgaben auch bei On. benützt wurden. Uhry berichtet nun: Tafel IV von 1883 wird gar nicht, Tafel V nur mit Mühe entziffert; Tafel VI wird absolut nicht differenziert. Tafel VIII von 1889 kann auch nicht entziffert werden.

XXI. 6.

Versuche mit gelben Mineralstoffen, mit gelben Niederschlägen und mit gelben und blauen Malerfarben.

Es wurden auch Versuche mit gelben Mineralstoffen und mit vor seinen Augen entstehenden, der Gelbreihe angehörigen, anorga-

nischen Niederschlägen vorgenommen. Es genüge hier nur folgendes zu erwähnen.

Die Schwefelblumen werden von ihm als Gelb bezeichnet; die Farbe derselben entspricht ungefähr der Farbe jener grünlich-gelben Wollbündel, die On. niemals mit anderen Farben wechselte.

Das Chromgelb orange fein und das Chromgelb orange ord. sind für On. grau ohne Farbe.

Den Niederschlag Ag_3PO_4 bezeichnete On. als Gelb oder graugelblich.

Die Niederschläge As_2S_3 und As_2S_5 sind für ihn grau mit zweifelhafter Farbe.

Die Beobachtungen an mehreren gelben Blumen mögen hier übergangen werden, da aus denselben ebenfalls nichts weiteres sich ergab, als dass alle orangefarbigen sattgelben, blauen und violetten Blüten für On. grau sind.

Es sei endlich erwähnt, dass durch Mischen von gelben und blauen Malerfarben, die On. jede für sich grau nannte, eine Farbe erzielt wurde, die von ihm als grün bezeichnet wurde. Beim Mischen nämlich von hellem Ultramarin (Outremer clair) mit dunkelm Jaune brillant foncé erhielt man eine Mischung, die On. als grüngrau bezeichnete.

Erinnert man sich aber an die Erklärung, welche Helmholtz für die bei Mischung von Pigmentfarben auftretenden Erscheinungen gegeben hat (Farbensubtraction), so findet man in dem eben mitgetheilten Versuchsergebnis nichts Auffallendes.

XXII.

Einfluss der Beleuchtung auf die Wahrnehmung einiger Pigmentfarben — Weisse Valenz der von On. als Gelb bezeichneten Pigmentfarben.

Unter den zahlreichen von mir benützten farbigen Wollen fand sich auch eine gelbgrüne, die On. oft vorgelegt wurde. Anfangs nannte er diese Wolle gelbgrün und auch grüngelb und suchte für sie nur gelbgrüne Strähne meiner Collection aus; er legte wohl auch hierzu mehrere grüne Bündel jedoch mit der Bemerkung, dass diese mehr grün als das Muster seien, aber kein Gelb enthalten.

Bei späteren Proben nannte On. das Muster „grau mit einer Färbung“; „grau vielleicht mit einer Farbe“; und auch grau allein.

Schliesslich, als ihm dasselbe grügelbe Muster in der Probe nach v. Reuss vorlag, verwechselte er es mit Dunkelorange, Lichtorange, sehr Hellgrauorange und Hellblau.

On. kann daher die Farbe des angeführten Musters nur als grau wahrnehmen und nur besondere Umstände können ihn veranlasst haben, dasselbe die ersten Male richtig zu bezeichnen.

Bei sehr verschiedenen mit ihm vorgenommenen Proben mit Pigmentfarben fiel mir auf, dass er, wenn ich ihn ganz frei schalten und walten liess, diejenigen Wollsträhne, deren Farbe er nicht sofort zu erkennen vermochte, in verschiedene Lagen gegen das einfallende Licht brachte und erst nachher sich für die Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit mit dem vorgelegten Muster entschied.

In Prag wurde daher folgender Versuch vorgenommen.

Die oben erwähnte gelbgrüne Wolle wurde in das Loch (3 cm Durchmesser) eines schwarzen Cartons gesteckt und durch die Condensorlinse Hartnack's mit dem Zerstreuungskreise der Sonnenstrahlen beleuchtet. Die Wolle erschien jetzt On. „gelb“. Wurde aber nur der mittlere Theil der Wolle durch das concentrirte Sonnenlicht beleuchtet, so war nur dieser für ihn gelb, der periphere dagegen grau.

In Prag nahm man weiter noch folgende Beobachtung vor.

H. Dr. Hillebrand, dessen rechtes Auge seit langer Zeit für Dunkel adaptirt war, verglich in der durch die Aubert'sche Vorrichtung beleuchteten Dunkelkammer die weisse Valenz der eben besprochenen gelbgrünen Wolle mit der einer grünlichweissen und zweier schwefelgelben Wollen, worunter sich jene befand, die On. stets als gelb

bezeichnet, stets zu dem hellgrünlichgelben Muster gegeben und mit gar keiner anderen Farbe verwechselt hatte.

Für das adaptirte Auge des H. Dr. Hillebrand hatten alle eben genannten helleren Wollen eine viel grössere weisse Valenz als die zuerst angeführte grüngelbe.

Beide Versuche zeigen, wie sehr die Helligkeit und die Weissmenge massgebend dafür sind, dass On. eine gelbe Farbe als solche bezeichne, ausserdem ist aber nothwendig, dass diese, wie aus anderen Versuchen hervorgeht, auch Grün enthalte. Alle Nebenumstände, welche absolut oder relativ die Helligkeit einer grünlichgelben Farbe zu erhöhen imstande sind, dienen On. als Anhaltspunkte um dieselbe gelb zu nennen, wie dies aus früher mitgetheilten und aus noch zu besprechenden Beobachtungen hervorgeht.

XXIII.

Untersuchung mit Interferenzfarben.

XXIII. 1.

Gypskeil.

Der Gypskeil wurde mit einer Schlittenvorrichtung versehen und am Tische eines grossen Hartnack'schen Mikroskopes angebracht; mit Hülfe einer Mikrometerschraube konnte derselbe langsam bewegt werden, so dass im Gesichtsfelde die einzelnen Farben sichtbar wurden. Am Rande der Schlittenführung befand sich eine in $\frac{1}{2}$ mm. getheilte Skala, um bei Wiederholung der Beobachtungen wenigstens nahezu dieselbe Stelle des Gypskeiles einstellen zu können. Bei Benützung einer Loupe konnte bis auf $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$ mm geschätzt werden.

Unterhalb des Mikroskoptisches befand sich ein um seine Achse drehbares Nicol'sches Prisma.

Am nicht ausgezogenen Tubus des Mikroskopes wurde Hartnack's Objectivlinse Nr. 5 angeschraubt, wodurch nur ein schmaler Streifen des eingestellten Keiltheiles zur Beobachtung gelangte.

Am Oculare 1 des Mikroskopes wurde die Collectivlinse belassen und nach Entfernung der eigentlichen Ocularlinse, an deren Stelle die Haidinger'sche dichroskopische Loupe angebracht und zwar so, dass die viereckige Oeffnung genau an der Stelle sich

befand, wo das Diaphragma angebracht ist. Das Dichroskop war so orientirt, dass die zwei complementär gefärbten Bilder sich hintereinander befanden.

Diese beiden Bilder zeigen leider farbige Ränder, ein Fehler, der dem Dichroskope anhaftet und bei Farbenblinden vielleicht zu falschen Angaben führen könnte. Man muss daher die Farbenblinden aufmerksam machen, auf die ganze rechteckige Fläche und nicht auf die Ränder derselben zu achten.

Um das falsche Licht vom Gypskeil und vom Auge des Beobachters abzuhalten, wurde das Mikroskop in geeigneter Entfernung mit einem halbcylinderförmig gebogenen, hohen, innen geschwärtzten Schirm umgeben und in diesem eine Oeffnung angebracht, in welcher eine trichterförmige Röhre so befestigt war, dass das Licht nur auf den Spiegel fiel, ohne den Raum, in welchem sich das Mikroskop befand, zu erleuchten.

Gibt man nun dem Nicol'schen Prisma eine solche Lage, dass zwei beliebige complementäre Farben recht deutlich auftreten, so wird ein farbenblindes Individuum in den drei ersten Ordnungen (die höheren wurden nicht verwendet) wenigstens zwei Farbenpaare finden, die ihm gleich und sogar gleich hell erscheinen, so dass eine Farbengleichung gebildet wird.

Die an On. vorgenommenen Beobachtungen wurden einige Male wiederholt und die eingestellten Farben von einem Farbentüchtigen angegeben.

Der Nullpunkt der Skala wurde von mir willkürlich gewählt, deshalb kann ich mich bei der folgenden Darstellung der Ergebnisse nicht an die an jener abgelesenen Zahlen halten, wohl aber 1. an die Ordnung der Interferenzfarben und 2. innerhalb einer Farbenordnung an die Angaben des Farbentüchtigen. Die Farbenbezeichnungen dieses letzteren stimmen ziemlich gut mit jenen von Rollett (9) überein.

Die besten Ergebnisse erzielte man an den Farben der II. und III. Ordnung und ich werde daher im folgenden nur diese berücksichtigen.

Bei den Farben der II. Ordnung fand man zwei Stellen, an welchen die gezeigten complementären Farben für On. grau und gleich hell waren, so dass für ihn in beiden Fällen eine Gleichung vorlag.

Der Farbentüchtige bezeichnete die complementären Farben der I. Stelle als blau und grünlichgelb, jene der II. Stelle als gelb und blau mit gleicher Helligkeit.

Die erste graue Stelle ist von zwei Zonen in der Ausdehnung von höchstens 1 mm für den von mir verwendeten Gypskeil flankirt, innerhalb welcher die Angaben On.'s schwanken.

Bei der zweiten grauen Stelle scheinen die zwei Grenzzonen sehr schmal zu sein, so dass dieselben nicht ermittelt werden konnten.

Innerhalb der Farben der III. Ordnung fand sich für On. eine graue Stelle an jenem Orte, an welchem die zwei complementären Farben von dem Farbentüchtigen als blau mit violettem und gelb mit grünlichem Schimmer bezeichnet wurden. Eine zweite graue Stelle in den Farben der III. Ordnung konnte nicht mit Sicherheit ermittelt werden.

Die Untersuchung am Gypskeile führte noch zu folgenden Ergebnissen.

1. Sowohl bei den Farben der II. wie auch bei jenen der III. Ordnung kommen kürzere und längere Strecken vor, innerhalb welcher die vorliegenden complementären Farben von On. stets als roth und grün mit mehr oder weniger grau gemischt benannt werden; es sind im allgemeinen jene Farben, die der Farbentüchtige als fleischroth, dunkelrosa, violettroth, purpur und die entsprechenden complementären als grünblau, blaugrün und gelbgrün bezeichnet.

2. In beiden Ordnungen kommen kurze, höchstens $\frac{1}{4}$ mm lange Strecken vor, in welchen On. die complementären Farben roth und gelb benennt; für den Farbentüchtigen sind dieselben röthlich, violett und gelbgrün.

3. Es finden sich endlich in beiden Ordnungen Strecken, innerhalb welchen On. eine der complementären Farben als grau die andere als farbig bezeichnet.

Es genüge ein Beispiel anzuführen.

In der II. Ordnung bezeichnete der Farbentüchtige eine der complementären Farben als hellblau und hellgrünlichblau, die andere als bräunlichgelb und bräunlichorange;

für On. waren die zwei ersten grüngrau, die letzten nur grau.

Es liegt die Vermuthung nahe, dass, wenn es möglich gewesen wäre, in den sub 2 und 3 angeführten Fällen die Helligkeit beider complementären Farben gleich zu machen, On. dieselben wahrscheinlich als grau bezeichnet hätte.

XXIII. 2.

Gypsplättchen.

Es wurden auch mehrere Versuche mit Gypsplättchen im polarisirten Lichte vorgenommen, die hier nicht weiter geschildert werden sollen, da aus denselben nichts anderes hervorzugehen scheint, als dass es violette Töne gibt, welche, wenn sie hell genug sind, von On. als roth bezeichnet werden, während er die complementären Farben am häufigsten gelb, seltener grün benennt.

XXIII. 3.

Leukoskop nach König.

Mit dem Leukoskop nach König gelang es bei Anwendung der entsprechenden Krystallplatte und bei der geeigneten Stellung des Nicol'schen Primas im Oculare ein Blau und ein Gelb einzustellen, welche beide von On. als gleich grau und gleich hell bezeichnet wurden. Das Intervall, innerhalb dessen das Ocularprisma gedreht werden konnte, ohne dass für On. eine Farbe auftrat, war ziemlich gross und erstreckte sich ungefähr über 17° .

XXIII. 4.

Chromatoptometer von MM. Colardeau, Izarn et Dr. Chibret.

Es konnte ein Gelb gleich einem Blau gestellt werden, auch bei Aenderung der Helligkeit gab On. an, keine Farbe wahrzunehmen.

Als Violettblau und Grüngelb vorgeführt wurde, bezeichnete On. die beiden Farben als grau und gelb; bei entsprechender Helligkeitsänderung waren beide Farben

für ihn grau, für den Farbentüchtigen blass grünlichgelb und violettblau.

XXIV.

Versuche mit dem simultanen Contrast.

XXIV. 1.

Spectralfarben.

(P.) In der Mitte des gleichfarbigen Gesichtsfeldes des E. Hering'schen Spectralapparates lag ein nur von weissem Lichte beleuchteter Streifen, der in der Contrastfarbe erschien. Die mit drei Spectralfarben erzielten Ergebnisse sind:

Das Gesichtsfeld erschien grün (λ 510); On. bezeichnete die Contrastfarbe als schmutziges Roth.

Das Gesichtsfeld war blau (λ 462·8); On. konnte jetzt keine Contrastfarbe wahrnehmen.

Das Gesichtsfeld erschien endlich deutlich violett (λ 443·5). Solange der weisse Streifen nicht stark beleuchtet wurde, war der Contrast für On. kaum wahrnehmbar, während derselbe für die Farbentüchtigen recht deutlich hervortrat, sobald aber der mittlere Streifen (mit gespiegeltem Sonnenlichte) beleuchtet wurde, bezeichnete On. die Contrastfarbe als geblich; unter diesen Umständen war der Contrast für die Farbentüchtigen weniger auffallend.

An dieser Stelle soll noch daran erinnert werden, dass die Lichte von λ 462 bis λ 429 bei On. einen grünlichen Contrast erzeugten, wenn sich daneben Licht von λ 474·5 (für ihn grau) befand. (S. 30).

Das spectrale Violett wird von On. als grau bezeichnet; dasselbe muss aber für ihn ebenfalls eine farbige Valenz haben, welche, wenn sie auch noch unter der Schwelle liegt, doch immerhin stark genug ist, um eine Contrasterscheinung zu bedingen.

Diese Beobachtung mit spectrumalem Violett steht im Einklange mit der oben (S. 45) angeführten, dass die

Mischung von einem spectralen Roth mit spectrumalem Violett (einzeln vorgeführt von On. grau benannt) von ihm als Roth bezeichnet wurde; sie steht weiter im Einklange mit der anderen, dass Violett als Körperfarbe bei On. ein Nachbild hervorruft, das er gelb nennt (vergl. später S. 121).

XXIV. 2.

Simultaner Contrast nach Ragona-Scina.

Zu diesen Spiegelversuchen verwendete ich die von E. Hering (33) angegebene Vorrichtung, nur liess ich an dem Apparate einen graduirten Bogen anbringen, um bei etwaigen vergleichenden Versuchen die entsprechende Lage der Klappe wenigstens annäherungsweise finden zu können ¹⁾. Auch bei Anwendung derselben farbigen Gläser bedingt die wechselnde Himmelsbeleuchtung, dass die Angaben über zwei an verschiedenen Tagen oder auch zu verschiedenen Tagesstunden vorgenommenen Versuche, gleiche Stellung der Klappe vorausgesetzt, nicht völlig übereinstimmen.

Es muss weiter bemerkt werden, dass trotz der richtigen Klappenstellung die Ringe nicht in ihrem ganzen Umfange gleichförmig gefärbt erscheinen, meistens ist das vordere Segment eines Ringes etwas heller gefärbt als das hintere.

Die im folgenden gebrauchte Bezeichnung vordere (äussere) Hälfte oder vorderes (äusseres) Segment bedeutet jenen Theil eines Ringes, der der Lichtquelle am nächsten liegt, der andere Theil wird als hintere (innere) Hälfte oder hinteres (inneres) Segment des Ringes bezeichnet.

Die Beobachtungen wurden nicht bloss mit On., sondern auch mit Farbentüchtigen vorgenommen. Um mich mit den Beobachtern zu verständigen, bei gleichzeitiger Vermeidung irgend einer Erklärung wurde das Uebereinkommen getroffen, die Ringe des gemeinschaftlichen Bildes vom centralen Punkte aus mit den Zahlen I, II und III zu bezeichnen, so dass der centrale Punkt und der II. Ring der inducirenden, der I. und III. Ring der inducirten Farbe angehören. On musste ausserdem anfangs aus der Holmgren'schen, später aus meiner Wollencollection die Strähne sowohl für die inducirende wie auch für die inducirte Farbe aussuchen.

¹⁾ Der 0° Punkt entspricht der geschlossenen, 90° der horizontal liegenden Klappe.

Obwohl nur die Versuche mit dem blauen und mit dem gelben Glase von Bedeutung sind, werde ich jedoch auch jene mit den zwei anderen Gläsern (Roth und Grün) anführen.

Roths Glas. Das objective Roth bezeichnete On. genau, bei der Wollprobe mit der Holmgren'schen Collection verwechselte er es bloss mit Purpur.

Für die inducirte Farbe, welche die Farbentüchtigen als lichtblau bezeichneten, gebrauchte On. für die vordere Hälfte des I. und III. Ringes die Ausdrücke: schwach grünlich, blass grünlich; für die hintere Hälfte: einmal dunkelgrau, das anderemal blass grünlich, blass grünlich mit etwas Grau, aus der Holmgren'schen Wollencollection suchte er für die inducirte Farbe des I. Ringes, der bei einem besonderen Versuche ihm überall gleichförmig gefärbt erschien, 6 Bündel aus und zwar 3 hellblaue, 1 violette und 2 graue.

Grünes Glas. Die objective Farbe wurde von On. genau benannt und die dazu gehörigen Wollen aus der Holmgren'schen Collection von ihm auch richtig gewählt, nämlich dunkelgrün, nur ein Bündel hatte einen Stich ins Blau. Die inducirte Farbe (nach den Farbentüchtigen Rosa) wurde von On. richtig blassroth (rosa) bezeichnet; aus der Holmgren'schen Collection wählte er nur Rosabündel aus.

Gelbes Glas. Bei den zwei ersten Versuchen benannte On. die inducirende Farbe gelb und suchte aus der Holmgren'schen Wollencollection nur 4 Strähne, theils graugelbliche, theils grauröthliche aus.

Bei einem späteren Versuche ergab sich, dass On., wenn die Klappe ziemlich nieder stand (nämlich von 90° bis ungefähr 60°), das inducirende Gelb richtig bezeichnete; bei einer mittleren Stellung derselben nahm On. die gelbliche Färbung für kurze Zeit wahr, gab aber selbst an, dass dieselbe recht bald verschwinde; wenn endlich die Klappe ziemlich hoch stand, nannte er das objective Gelb: grau.

Die vom gelben Glase inducirte Farbe nannten die Farbentüchtigen blau, schwarzblau. On. bezeichnete dieselbe verschieden, je nach der Intensität der inducirenden Farbe; er gebrauchte die Ausdrücke schwarz, sehr dunkelgrau; äusseres Segment grau mit grünlicher Färbung, blass grünlich; inneres Segment hellgrau, dunkelgrau.

Bei halbgeöffneter Klappe suchte On. aus der Holmgren'schen Collection für die Farbe des I. Ringes 7 Bündel aus, davon waren 3 dunkelviolet, 2 dunkelblau, 1 dunkelblaugrün, 1 dunkelgrau.

Bei geschlossener Klappe erschien das äussere Segment des I. Ringes On. etwas grünlich, das innere dunkelgrau; aus der Holmgren'schen Collection wählte er nur 2 Bündel: eines hellblau, das andere sehr dunkelgraugrün.

Auch bei einem anderen Versuche bezeichnete On. die inducirte Farbe als zweifelhaft grünlich, die inducirende als „grau mit zweifelhafter Färbung“¹⁾.

Blaues Glas. Das objective Blau wurde von On. je nach der Intensität grau, dunkelgrau oder schwarz benannt, er suchte aus der Holmgren'schen Collection 5 Bündel aus, unter denen 3 blaue, 2 violette; alle grauen Strähne wurden von ihm als zu hell zurückgewiesen.

Bei den zwei ersten Versuchen bezeichnete On. das inducirte Gelb ziemlich genau, nämlich: äusseres Segment des I. und III. Ringes: gelblich mit etwas grau gemischt, ein wenig gelblich, blassgelblich; inneres Segment des I. Ringes grau mit etwas gelb gemischt, graugelblich; inneres Segment des III. Ringes dunkelgrau, graugelblich.

Aus der Holmgren'schen Collection suchte On., als die Klappe hochgestellt aber nicht geschlossen war, für das äussere Segment des III. Ringes nur 3 Bündel aus, und zwar 2 sehr hellgelbe und ein graugelbliches; für

¹⁾ Das gelbe Glas hat eine gelbe schwach ins Roth spielende Farbe, es ist daher leicht erklärlich, warum dasselbe manchmal bei On. eine grünliche Färbung inducirte.

das innere Segment desselben Ringes 8 Bündel, davon waren 4 mässig dunkelbraun ohne eine bestimmte Färbung, 4 ebenfalls braun, jedoch etwas heller als die früheren, und mit einem leichten Stich theils ins Roth, theils ins Gelb. Für V. (farbentüchtig) war das äussere Segment des III. Ringes hellgelb, das innere Segment desselben Ringes sehr dunkelgelb.

Die Versuche mit der blauen Glasplatte wurden noch einige Male wiederholt; es genüge aber nur noch folgendes mitzuthellen. Als die Klappe eine Stellung (ungefähr bei 38°) hatte, bei welcher für On. die Contrastfarbe auftrat, musste er zuerst aus meiner Wollencollection die entsprechenden Bündel aussuchen; er wählte nur jene, die er stets für das schwach grünlich Gelb (Schwefelgelb) ausgesucht hatte und liess, wie gewöhnlich, alle sattgelben Bündel bei Seite. Für ihn war die vordere Hälfte des III. Kreises grau mit sehr wenig Gelb, die sichtbare Fläche grau mit sehr schwach röthlicher Färbung; letztere erschien dem Farbentüchtigen blass violett oder röthlich violett.

XXIV. 3.

Beobachtungen der anderen Autoren.

Cohn (21) hat seine Farbenblinden auch auf den Simultancontrast untersucht, dieselben mussten die gesehenen Farben benennen. Verfasser bedauert aber (S. 14), dass er den empfundenen Eindruck nicht in Wolle hat nachlegen lassen, wie dies Pflüger (20) und Minder (15) vorschlugen.

Cohn hat (S. 241 u. f.) die von ihm bei Gelbblinden mit dem Schatten-, Spiegel- und dem Florpapierversuche erhaltenen Resultate zusammengestellt und ist zu dem Schlusse gelangt: (S. 243,) „die Benennungen der Contrastfarben sind . . . so häufig fehlerhaft für Roth und Grün, wie für Blau und Gelb. Nach dieser Prüfung,

deren sehr geringen Werth ich aber schon oft betont habe, waren die 5 Fälle also total farbenblind.“

Magnus (16), welcher aber (S. 173) bloss die farbigen Schatten und den Florcontrast benutzte, ohne die wahrgenommenen Farben in Wolle nachlegen zu lassen, stellt das Ergebnis seiner Untersuchung folgendermassen zusammen: „Was nun die Contrastempfindungen der Blaublinden anlangt, so wurde bei der Benützung des simultanen Contrastes der meinem normalen Auge als Blau imponirende Contrast von den Blaublinden meist als dunkel oder schwärzlich bezeichnet und in einzelnen Fällen wohl auch grün genannt. Der mir als Gelb erscheinende Contrast wurde meist als Weiss gedeutet.“

Obwohl Cohn die vorher erwähnte Bemerkung macht, werde ich jedoch in folgender Zusammenstellung die von seinen Gelbblaublinden beim Spiegelversuch benannten Contrastfarben zugleich mit der Angabe der von Minder (15) und Hilbert (26) mitgetheilten Resultate anführen.

Roth. Die Farbenblinden von Cohn sahen als Contrast: schwarz, grau oder blau. Der Farbenblinde von F. Minder benannte den Contrast gelb, orange, blau, roth; jener von R. Hilbert, schwarz.

Gelb. Die Cohn'schen Gelbblaublinden nannten die Contrastfarbe etweder blau, schwarz oder braun.

Grün. Mit einem solchen Glase machten die fünf Gelbblaublinden von Cohn der Reihe nach folgende Angaben: bläulich und röthlich; schwarz; schwarz und roth, lila; unbestimmt. Der Minder'sche Farbenblinde nannte diesen Contrast: grau, grün, violett.

Blau. Die Cohn'schen Farbenblinden nannten den Contrast schwarz oder lila. Der von F. Minder erklärte beide Ringe für blau, und wählte violette, blaue, gelbe, orange Wollbündel. Dem Hilbert'schen Blaugelbblinden erschienen die schwarzen Quadrate (bei Anwendung des blauen Kobaltglases) schwarz.

XXIV. 4.

Simultaner Contrast nach Brücke (4).

An der Stelle des farbigen Glases in dem Kasten für den Versuch nach Ragona-Scina in Hering'scher Modification wurde eine durchsichtige, möglichst farblose Glastafel eingesetzt; die untere horizontale Fläche mit einer quadratischen farbigen Platte bedeckt, in deren Mitte ein 2 cm breiter und $5\frac{1}{2}$ cm langer Streifen aus schwarzem Wollpapier sich befand.

Das an der senkrechten Wand angebrachte weisse Barytpapier war ebensogross wie die horizontale farbige Platte und trug einen 1 cm breiten, aus schwarzem Wollpapier angefertigten Ring. Die von diesem Ring umschlossene Fläche von 7 cm Durchmesser trug im Centrum eine kleine Scheibe von $1\frac{1}{2}$ cm Durchmesser ebenfalls aus schwarzem Wollpapier.

Wenn nun der Beobachter von oben durch eine runde mittelgrosse, in einem grauen steifen Papier angebrachte Oeffnung auf die Glasplatte blickte, sah er einen Kreis, in dessen von vorn nach hinten gerichtetem Durchmesser ein Streifen mit einer kleinen Scheibe in der Mitte sich befand.

Die Grundfläche und der gespiegelte schwarze Kreis erschienen in einer Nüance der unteren horizontalen farbigen Platte, der Streifen zeigte dagegen die Contrastfarbe.

Ein Uebelstand dieser Vorrichtung liegt in der Spiegelung an den beiden Grenzflächen der Glasplatte, wodurch der Kreis und die centrale kleine Scheibe keine scharfen, sondern blässere und wie verwaschene Contouren erhalten.

Zu diesen Versuchen verwendete man dieselben farbigen Papiere, welche auch für die anderen Versuche gebraucht wurden, das Gelb war aber durch drei Farbentöne vertreten, nämlich durch das grünlichgelbe Papier und zwei hochgelbe Töne.

Bei den meisten Versuchen wurde die Klappe von 90° langsam bis gegen 0° emporgehoben und fixirt, sobald On. angab, dass der Streifen ihm farbig erscheine; dann erst musste er die Farbe des Kreisringes, des mittleren Streifens und der ganzen sichtbaren Fläche angeben.

Es genügt hier die Ergebnisse mitzutheilen, die mit den uns am meisten interessirenden Farben erhalten wurden.

Das orangefarbige Papier inducirt (Klappe 0°) bei On. schwaches Grün, bei dem Farbentüchtigen ein Grünlichblau. On. nennt die inducirende Farbe röthlich; bei Sen-

kung der Klappe bis 34° bezeichnet er inducirende und inducirte Farbe als grau.

Das grünlichgelbe Papier wie auch die zwei hochgelben Platten rufen als simultanen Contrast nur Grau hervor. (Vergl. auch die Versuche mit Nachbildern S. 120 u. f.)

Das grünlichblaue Papier inducirt bei On. eine röthliche Färbung, welche bei dem Farbentüchtigten einen Stich ins Violett hat. On's Angaben über die inducirende und die inducirte Farbe sind aber je nach der Menge weissen Lichtes, das in den Apparat einfällt, schwankend.

Das blaue Papier rief keinen Contrast hervor. Dieses Ergebnis stimmt mit jenem bei den Versuchen nach Ragona-Scina und bei den Nachbildern nicht überein, da On. bei diesen die simultane bzw. die successive Contrastfarbe gelblich nannte; dagegen ist die in Rede stehende Beobachtung im Einklange mit jener beim spectralen Blau (vgl. S. 106).

Das violette Papier ist für On. grau, die Contrastfarbe nennt er grünlich. Dasselbe violette Papier rief ein von On. gelblich genanntes Nachbild hervor (S. 121).

Das spectrale Violett erzeugte ebenfalls eine von On. gelblich genannte simultane Contrastfarbe.

Die scheinbaren Widersprüche zwischen diesen Beobachtungen mit blauem und mit violetterm Papier und jenen mit denselben Papieren bei den Nachbilder-Versuchen finden eine Erklärung in den verschiedenen Bedingungen der beiden Versuche.

XXIV. 5.

Florversuch nach Meyer.

Es wurde die von Hering (32) eingeführte Modification des Florversuches angewendet.

Als Grundfarben benützte ich roth, orange, grünlichgelb, gelbgrün, grün, bläulichgrün, grünlichblau, blau, violett und purpur. Nur für Blau war ich genöthigt, auch andere anzuwenden.

Die Contrasterscheinungen treten häufig am besten hervor, wenn das Licht schief auf das Florpapier einfällt; ausserdem machte mich Herr Dr. Sachs, welchem ich die Hering'sche Einrichtung zeigte, aufmerksam, dass bei ihm die Contrastwirkung häufig schön auftrate, wenn er die kleine Vorrichtung um die Querachse hin und herdrehe und zwar so, dass jede Bewegung im ganzen ungefähr 90—100° betrage.

Roth. Die Grundfarbe war für On. roth oder röthlich, die Contrastfarbe grau; die Farbentüchtigen nannten diese grünlichgrau, grau, grau mit blaugrün.

Orange. Die inducirende Farbe bezeichnete On. als roth oder röthlich, die Contrastfarbe als grau; diese war für die Farbentüchtigen bläulich.

Grünlichgelb. On. bezeichnete die inducirende Farbe als nicht reines Gelb, er suchte auch aus meiner Wollencollection nur die hellen, schwach grünlichgelben Strähne aus; die Farbentüchtigen nannten dieselbe gelb, hellgelb, schön gelb. Die inducirte Farbe war für On. stets grau, für die Farbentüchtigen graublau, dunkelbläulichgrau bei schräger Beleuchtung, dunkelgrau bei senkrechter Beleuchtung.

Mit gelbgrünen, grünen und bläulichgrünen Grundpapieren erzielte man die gleichen Resultate wie bei den Farbentüchtigen.

Grünlichblau. On. nannte die Grundfarbe grau mit grünlicher Färbung; die inducirte grauröthlich, während die Farbentüchtigen darin etwas Gelbliches wahrnahmen.

Blau. Es gelang mir nicht, eine Combination (blaues Papier und grauen Gitter) herzustellen, die bei Farbentüchtigen eine schöne Contrastfarbe hervorgerufen hätte. Bei diesen Versuchen zeigte es sich mehr als bei jenen mit den anderen Grundpapieren, dass die natürlichen oder künstlich herbeigeführten Unterschiede in der Beleuchtung von wichtigem Einflusse auf das Erscheinen der Contrastfarbe sind.

Die besten Ergebnisse erhielt ich noch mit einem

hellblauen Grundpapier und einem grauen Gitter von mittlerer Nüance.

Die Contrastfarbe wurde von dem Farbentüchtigen gelb, hellgrau mit schwachem Stich ins Gelbliche genannt. Sie trat bei schiefer Beleuchtung und beim Drehen der kleinen Vorrichtung (vgl. oben S. 114) am deutlichsten hervor.

On. erkannte wohl jedesmal, dass die alternirenden Streifen nicht gleich gefärbt waren, konnte aber weder an allen Tagen, noch bei jeder Lage des Blattes die gelbe Contrastfarbe wahrnehmen. Bei sehr schiefer Beleuchtung allein oder bei gleichzeitiger geeigneter Beschattung der kleinen Vorrichtung gab er an, eine zweifelhafte gelbliche Färbung wahrzunehmen.

Die Umrahmung des grauen Gitters mit schwarzem Papier muss unter jene Umstände gezählt werden, die, wie es schon E. Hering hervorhob, die Contrastfarbe schwächt, wie ich mich bei On., als das Hellblaue angewendet wurde, überzeugen konnte.

Violett. On. nannte die inducirende Farbe dunkelgrau, die inducirte ebenfalls grau, welches aber bei schief einfallendem Lichte eine schwach gelbliche Färbung annahm. Dem Farbentüchtigen erschien die inducirte Farbe als grünlichgelb, hellgelb, hellgrau mit schwachem Stich ins Gelbliche.

Purpur. On. bezeichnete die Grundfarbe als verbliches Rosa, grauröthlich, nicht wesentlich verschieden von den Farbentüchtigen, welchen dieselbe roth, rosa, roth mit Stich ins Purpur erschien. Die inducirte Farbe war für On. grau, es entging ihm aber vollständig die grünliche Färbung an derselben, welche die Farbentüchtigen wahrnahmen.

XXIV. 6.

Schattenversuch.

Helmholtz (5) gab zuerst an durch farbige Gläser gefärbtes Tageslicht zu diesen Versuchen zu verwenden, und E. Hering (35)

modificirte später diese Methode in einer sehr zweckmässigen Art, so dass es möglich ist, zahlreiche Combinationen zu verwenden.

Es wurde von mir versucht, ohne eine eigentliche Dunkelkammer zu besitzen, die Einrichtung von E. Hering zu benützen. Das Zimmer war durch geschwärzte Balken so viel als thunlich verfinstert; die verwendeten Gegenstände waren mit schwarzem Wollpapier bedeckt und mit schwarzen Schirmen umgeben; da aber das Licht nicht vollständig abgehalten werden konnte und die Zimmerwände grau sind, so hatte ich doch keine wirkliche Dunkelkammer zur Verfügung. Dieser Umstand kann Ursache von Fehlern sein, umsomehr, weil On., wie schon erwähnt wurde, gestützt auf eine Reihe von Nebenumständen, welche der Farbentüchtige meistens ganz unberücksichtigt lässt, sich oft veranlasst fühlt, eine Farbe richtig als Gelb zu bezeichnen, welches er thatsächlich als solches durchaus nicht wahrnehmen kann. Einige der wichtigsten Versuche wurden daher später in Prag in einer dazu geeigneten Dunkelkammer wiederholt.

Es sollen nun die erzielten Ergebnisse kurz mitgetheilt werden.

Roth. Eine Spalte ist vollständig von einem rothen Glase, die andere nur um $\frac{1}{14}$ bis $\frac{1}{12}$ von einem farblosen Glase bedeckt. On. bezeichnete die Farbe der beiden Schatten als roth und dunkelgrau.

Grün. Eine Spalte wird vom grünen Glase vollständig, die andere nur um etwas mehr als $\frac{1}{5}$ von dem farblosen Glase bedeckt. Die Farben der zwei Schatten werden von On. als grün und rosenroth, ein wenig schmutzig bezeichnet.

Die Angaben On.'s können wohl als glaubwürdig betrachtet werden, da er das objective Roth und das objective Grün wahrnimmt und er es im speciellen Falle mit ziemlich gesättigten Farben zu thun hatte. Auch seine Angaben über die erzeugten Contrastfarben lassen sich nicht bezweifeln, da das Blaugrün von ihm auch bei anderen Versuchen oft grau genannt und die von Grün erzeugte Contrastfarbe ebenfalls bei zahlreichen anderen Versuchen als rosa oder roth bezeichnet wurde.

Gelb. Eine Spalte wird vollständig von einem gelben Glase, die andere um etwas weniger als $\frac{1}{3}$ von

dem farblosen Glase bedeckt. On. sagte: sehr schmutziges Gelb und Hellgrau.

Blau. Das blaue Glas bedeckt vollständig eine Spalte; das farblose zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ der anderen Spalte. On. bezeichnete die Farbe der Schatten als grau und gelb.

On. hat sich bei diesen zwei letzten Versuchen gewiss von Nebenumständen leiten lassen, die den Farbentüchtigen entgangen sind. Als man nämlich in Prag die Versuche mit diesen zwei Farben wiederholte, wurden Gelb und Blau weder farbig gesehen, noch erzeugten dieselben eine Contrastfarbe.

Die Versuche wurden auch derart modificirt, dass in einer Spalte sich zwei farbige Gläser befanden, während man in der anderen das farblose Glas beliess. Die Menge der beiden gemischten Farben, wie auch die Menge Weiss konnte leicht geändert werden. Es genüge folgende Versuche mitzuthellen.

Blau und Gelb. In einer Spalte befinden sich ungefähr $\frac{2}{3}$ Blau und $\frac{1}{3}$ Gelb, in der anderen nur ungefähr $\frac{1}{3}$ farbloses Glas. Die Farbe der beiden Schatten wird von On. bezeichnet: grau mit rosenrother Färbung und schmutzig grün; für den Farbentüchtigen (Pos.) waren dieselben purpur mit Stich ins Roth, schmutzig grün.

Blau und Roth. In eine Spalte werden eingesetzt $\frac{2}{3}$ Blau $\frac{1}{3}$ Roth, in die andere ungefähr $\frac{1}{5}$ farbloses Glas. On. benannte die Farbe der beiden Schatten deutlich grau, deutlich schmutzig gelb; der Farbentüchtige: violett, schmutzig gelbgrün.

Dieser Versuch wurde in Prag folgendermassen wiederholt. Auf einer Seite befand sich das farblose Glas, in der anderen die Combination roth und blau.

Der Versuch begann mit dem vollen Blau, aber erst als die rothe Tafel die Hälfte der Spalte einnahm, erkannte On. das Roth, den Contrastschatten bezeichnete

er als grau. Nur bei einem grösseren Zusatze von Roth $\frac{2}{3}$ Roth + $\frac{1}{3}$ Blau trat auch das Contrastgrün auf, besonders in unmittelbarer Nähe des Roth.

Bei der Wiederholung dieses Versuches bezeichnete On. die Contrastfarbe als grün; sie erschien ab und zu früher als die inducirende.

Der Grund dafür, dass On. bei den ersten Versuchen mit rothem und blauem Glase den inducirten Schatten als gelb bezeichnete, liegt darin, dass dieses Gelb nicht rein, sondern mit Grün gemischt war. In beiden Versuchen zeigte sich aber folgendes: obwohl die inducirende Farbe nicht wahrgenommen wurde, trat doch die inducirte Farbe auf, eine Erscheinung, die auch bei spectralen Lichtern beobachtet wurde und die auch bei diesen Contrastversuchen sich noch einmal zeigte.

Gelb und Grün. In die eine Seite wird das farblose Glas, in die andere ein gelbes und ein grünes Glas eingesetzt. Die beiden Schatten erscheinen On. stets farblos, wie man auch immer das Verhältnis der Lichter ändert.

Bei einer späteren Wiederholung dieses Versuches bezeichnete On. die Contrastfarbe als roth, auch erschien dieselbe manchmal früher als die contrasterregende.

Blau und Grün. Auf einer Seite wird das farblose Glas belassen, in die andere werden ein blaues und ein grünes Glas eingesetzt. Die beiden Schatten erscheinen On. stets farblos, wenn auch die Grünmenge stark geändert wird.

XXIV. 7.

Beobachtungen anderer Autoren.

Stilling (6), Cohn (21) und Uhry (40) haben ihre Farbenblinden ebenfalls mit dem farbigen Schatten untersucht. Zu diesen Beobachtungen benützte Cohn künstliches Licht; ob Stilling in allen Fällen ein solches gebrauchte, kann ich nicht mit Sicherheit entnehmen, er

macht aber (S. 14) aufmerksam, dass der complementäre Schatten verschieden ist, je nachdem man künstliches oder Tageslicht anwendet. Ausserdem wäre zu erwähnen, dass auch die Färbung und die Helligkeit der angewandten farbigen Gläser von Bedeutung ist. Es scheint, dass Uhry sowohl Tages- wie künstliche Beleuchtung verwendet habe.

Den Contrast des Rothen nannten die Farbenblinden von Stilling meistens grün, andere aber auch gelb, dann auch blau, blauschwarz, oder grün; jene von Cohn: gelb, grün, braun, weiss; der Farbenblinde von Uhry nannte diesen Contrast grün.

Die Angaben über den Contrastschatten von Gelb waren bei den Farbenblinden Stillings: schwarz, grau, farblos; bei denen von Cohn: dunkelbraun, schwarz, weiss. Uhry sagt: der blaue Schatten, hervorgerufen durch Kerzenbeleuchtung bei Tageslicht, erschien dem Farbenblinden deutlich grünlich.

Der Contrast von Grün wurde von Stilling's Farbenblinden meistens als roth bezeichnet; einer nannte ihn gelblich und ein anderer bald lila, bald goldgelb. Die Farbenblinden Cohn's benannten diesen Contrast als lila, rosa, hellroth und braunroth. Der Farbenblinde von Uhry bezeichnete denselben als roth.

Für Blau hatten die Stilling'schen Farbenblinden als Contrast: schwarz, braun, grau, schwarzblau, roth (undeutlich); die von Cohn nannten diesen Contrast: rosa, grau und roth. Bei blauer Beleuchtung wurde der blaue Schatten von dem Uhry'schen Farbenblinden schwarz genannt, der gelbe dagegen, der sehr schön und hell ist, absolut nicht wahrgenommen.

XXV. 1.

Nachbilder.

Als inducirende Farben benützte ich:

1) Die oben S. 113 angeführten farbigen Papiere. Scheiben von 3 cm im Durchmesser wurden in zweifacher Lage auf passende

mit grauem Papier überzogene Täfelchen geklebt, welche leicht an einem ebenfalls mit grauem Papier überdeckten Stiel befestigt werden konnten.

2) Farbige Wollen: a) diejenigen, die On. immer als gelb bezeichnete und als solche immer wählte, es sind diese die sehr schwach grünlichen hellgelben Wollen; b) solche Wollen, die er als grau oder grau mit nicht bestimmbarer Farbe bezeichnete, und endlich c) solche, die er für jenen Theil der grauen Zone aussuchte, die sich bei λ 589—588 befindet.

Selbstverständlich wählte ich nur einige wenige farbige Bündel aus und mit deren Wolle liess ich mir kleine Vierecke von ungefähr $1\frac{1}{2}$ cm Seite auf Canevas sticken. Jedes mit grauem Papier umrahmte Viereck hatte das Aussehen eines farbigen Feldes auf grauem Grunde. Auch diese Täfelchen konnten an dem oben erwähnten Stiele befestigt werden.

Es wurden im ganzen 19 verschiedene Farbentöne und Farbennüancen verwendet.

Das Nachbild wurde auf ein hellgraues Papier projicirt, das sich ungefähr in 40 cm Entfernung befand, nachdem von derselben Fläche die inducirende Farbe rasch entfernt wurde.

Die Fixation der inducirenden Farbe dauerte 60—70 S., weil einige vorläufige Beobachtungen zeigten, dass sonst kein deutliches Nachbild mehrerer Farben bei On. entstand.

Um die Angaben On.'s zu controlliren, wurden die Beobachtungen nach Ablauf von Wochen und Monaten wiederholt und mit jenen eines Farbentüchtigen verglichen.

Die Bezeichnung der Farbe der Nachbilder benützte On. bloss die Ausdrücke grau, röthlich, gelblich und grünlich. In allen Fällen aber, in welchen er im Nachbilde eine Farbe zu erkennen vermochte, lauteten seine Angaben übereinstimmend, wenn auch zwischen den einzelnen Beobachtungen viele Monate verstrichen waren.

Roth, Gelbgrün, Grün und Blaugrün erzeugten bei On. ähnliche Nachbilder wie bei den Farbentüchtigen; On. nannte nämlich dieselben: graugrün, grau mit schwacher röthlicher Färbung, schwach röthlich, grauröthlich.

Das Orangeroth, wie auch ein dunkleres und ein helles Orange gelb sind für On. grau, das erste

erzeugte jedoch ein grünliches, die zwei anderen aber sehr selten ein farbiges (grünliches) Nachbild.

Das Gelb mit Stich in Orange und das ziemlich reine Gelb (beide für On. grau mit einer unbestimmten Färbung) haben bei ihm niemals ein farbiges Nachbild hervorgerufen.

Die drei gelben Nüancen (grünlichgelbes Papier, zwei grünlichgelbe Wollen), die On. stets als Gelb bezeichnete, erzeugten bei ihm nur ein graues Nachbild (beim Farbentüchtigen meistens violettblau).

Dunkles und helles Grünlichblau erzeugten bei On. manchmal nur ein graues, manchmal ein röthliches Nachbild (für den Farbentüchtigen gelbliches Roth, Rosa). Auch die inducirenden Farbentöne wurden von ihm bald als grau, bald als grünlich bezeichnet.

Blau und Violett, beide in verschiedenen Nüancen, erzeugten ein von On. als gelblich angesprochenes Nachbild. Der Versuch mit Blau oft in sehr grossen Zeitintervallen wiederholt und in verschiedener Weise modificirt, ergab immer dasselbe Resultat.

Diese Beobachtungen lassen sich mit jenen an Grünlichgelb und mit den Contrasterscheinungen, erzeugt durch spectrales Blau und Violett, nur durch die Annahme in Einklang bringen, dass nicht bloss in Violett, sondern auch in Blau eine rothe Valenz enthalten ist, eine Annahme, die für Körperfarben wohl kaum bestritten werden dürfte.

Das Nachbild von Purpur endlich ist für On. grünlich, eine Angabe, deren Richtigkeit nicht bezweifelt werden kann, weil das inducirende Purpur von ihm als grauroth bezeichnet wird.

XXV. 2.

Ergebnisse anderer Beobachter.

Cohn (21) und Hermann (27) haben ihre Gelbblaublinden ebenfalls mit den Nachbildern von Farben

untersucht; es sollen hier die Ergebnisse mitgeteilt werden.

Das Nachbild auf Roth hielten 3 richtig für Grün, 1 für Weiss und 1 für Blau (Cohn).

Das Nachbild von Carminroth wird blau genannt, aber mit einem bläulichen Grün verglichen; jenes von Scharlachroth soll sich mehr zum Grünen neigen und wird mit einem bläulichen Grün verglichen (Hermann).

Das Nachbild auf Gelb konnten zwei nicht bestimmen, einer nannte es grün, einer blau und einer lila (Cohn).

Das Nachbild auf Grün hielten vier richtig für roth oder rosa, einer für weiss (Cohn).

Das Nachbild von Blau nannten vier richtig gelb, nur einer erklärte: „er sehe nichts“ (Cohn).

Das Nachbild auf Violett wird als grün angegeben und mit einem gelblichen Grün verglichen, jenes auf Blau wird wohl roth genannt, aber ebenfalls mit einem gelblichen Grün verglichen (Hermann).

XXVI.

Chromasie des Auges.

Zur Prüfung von On.'s Gelbblaublindheit mittelst der Chromasie des eigenen Auges wurden zwei 10—15 cm lange Streifen schwarzen Wollpapiers in einem gegenseitigen Abstände von circa 2 cm auf die oberste Fensterscheibe geklebt, so dass ein in etwa 2 m Entfernung auf einem Stuhl sitzender Beobachter durch den zwischen den zwei Streifen bestehenden Spalt nach dem bewölkten Himmel blicken konnte,

Bei Verdeckung der halben Pupille von unten her sah On. an der oberen schwarzen geradlinigen Begrenzung des lichten Streifens einen grauen Saum, Farbentüchtigte sahen dagegen denselben bläulich. — Die untere, schwarze, geradlinige Begrenzung desselben lichten Streifens, wie auch den oberen, geradlinigen Rand des schwarzen Rahmens sah On. von einem gelbgrauen Saume begrenzt; Farbentüchtigte bezeichneten diesen Saum als gelb, oder röthlich gelb in gelb übergehend.

Eine spätere Angabe On.'s möge hier noch Erwähnung finden. — In dem nach ihm gelbgrauen Saume unterschied er

zwei Theile, einen dicht am schwarzen Rande, diesen bezeichnete er als grau, den anderen, an den ersten angrenzend, nannte er gelblich grau; in der That war der dem Rande zunächst liegende Theil des Farbensaumes röthlichgelb.

XXVII.

Kleinster Gesichtswinkel für die einzelnen Farben.

Es wurde annäherungsweise der Gesichtswinkel ermittelt, unter welchem von On. weiss, roth, sattgelb, grünliches Gelb, grün und blau als solche oder als grau gesehen werden und zu diesem Zwecke benützte ich zuerst Scheiben von 19 mm Durchmesser aus denselben farbigen Papieren herausgeschnitten, welche auch zur Bildung der Farbgleichungen am Kreisel gedient hatten. Zwei gleichgefärbte übereinander geklebte Scheiben wurden auf schwarzem Wollpapier befestigt.

Gegenüber den Fenstern im Grunde eines 10 m tiefen Zimmers befand sich eine aus schwarzem Wollpapier angefertigte Wand und ungefähr in der Höhe der Augen brachte man ohne Wissen On.'s die einzelnen Scheibchen an. Dieser, unmittelbar an einem Fenster, aber mit dem Rücken gegen dasselbe stehend, hatte sich langsam den farbigen Scheiben zu nähern, bis er deren Farbe zu erkennen anfang.

Weiss und Roth wurden schon bei einem Gesichtswinkel von $0^{\circ} 6' 50''$ sehr rasch erkannt und man kann wohl behaupten, dass er dieselben auch unter einem noch kleineren Gesichtswinkel erkannt hätte, wenn ein grösserer Raum zur Verfügung gestanden wäre oder man kleinere farbige Scheiben benützt hätte.

Grün erkannte er bei einem Gesichtswinkel im Mittel von $0^{\circ} 17' 26''$.

Für Blau betrug der Gesichtswinkel zwischen $0^{\circ} 38' 12''$ bis $0^{\circ} 49' 30''$ ja einmal als die blaue Scheibe zwischen zwei gelben (gegenseitige Entfernung der drei Scheiben 10—15 cm.) sich befand, sogar $1^{\circ} 12' 34''$; er sah es dann schwarz, aber nicht so dunkel wie den Grund.

Das Sattgelb bezeichnete er als grau schon bei einem Gesichtswinkel von $0^{\circ} 6' 50''$, jedoch weniger hell

als die daneben angebrachte weisse und grünlichgelbe Scheibe; aber auch in unmittelbarer Nähe konnte On. eine Farbe nicht wahrnehmen.

Die grünlichgelbe Scheibe erschien On. bei einem Gesichtswinkel von $0^{\circ} 6' 50''$ grau und als dieser $0^{\circ} 40' 19''$ betrug, gab er gelb an. Bei diesem Versuche war der Tag sehr hell und die grünlichgelbe Scheibe befand sich einmal neben einer blauen und einer sattgelben, das andere Mal neben einer sattgelben und einer weissen.

Andere Male dagegen, als die grünlichgelbe Scheibe für sich allein gezeigt wurde, musste der Gesichtswinkel $1^{\circ} 11'$ bis $1^{\circ} 39'$ betragen, bis On. Grau mit einer nicht sehr deutlichen gelben Färbung angab.

Bei diesen Versuchen sind die Beleuchtung, die Sättigung und die relative Helligkeit der Farben von der grössten Bedeutung. Der Versuch wurde daher so wiederholt, dass dieselben farbigen Scheiben in gleicher Weise näher den Fenstern bei einem Gesichtswinkel von $0^{\circ} 11' 56''$ aufgestellt waren.

Nun erkannte On. Grün augenblicklich, das Blau wurde als grau bezeichnet.

Das grünlichgelbe Scheibchen bezeichnete er erst bei einem Gesichtswinkel im Mittel von $0^{\circ} 20' 54''$ als gelblich. Auch bei einer besseren Beleuchtung gab On. bei einem Gesichtswinkel von $0^{\circ} 17'$ nur grau mit zweifelhafter Färbung an.

Diese Versuche, ich betone es noch einmal, machen keinen Anspruch auf Exactheit — dazu hätten sie wesentlich anders eingerichtet werden müssen — sie genügen aber, um zu zeigen, dass unter den gegebenen Bedingungen jene von On. als Gelb angesprochene Farbe erst unter einem Gesichtswinkel als solches bezeichnet wird, der bedeutend grösser ist, als der für Weiss und Roth und der auch wesentlich grösser ist, als der für Grün.

Diese Beobachtungen habe ich noch in anderer Weise wiederholt.

Auf viereckigen grauen Papiertäfelchen befestigte ich grünlichgelbe Quadrate in der Grösse von 3 und 5 mm Seite und liess dieselben in einer Entfernung von 37 und 17 cm betrachten und zwar in der Nähe eines gegen Norden gelegenen Fensters; die Beleuchtung war eine ziemlich günstige.

Die 3 mm² grosse grünlichgelbe Platte wurde bei dem Gesichtswinkel von 0° 27' 50" vom Grunde nicht unterschieden, wohl aber bei jenem von 1° 00' 40".

Das 5 mm² grünlichgelbe Plättchen bezeichnete On. bei dem Gesichtswinkel von 0° 46' 50" als grau mit un-
gemein wenig Gelb.

Nimmt man für das grünliche Gelb den kleinsten Gesichtswinkel, unter welchem diese Farbe bei hinreichender Beleuchtung (ungefähr Mitte des grossen dreifenstrigen Zimmers) und auf schwarzem Grunde von On. als gelb bezeichnet wurde und betrachtet man nun mit Zugrundelegung des reducirten Auges die Grösse des Netzhautbildes, so findet man, dass dieselbe 0.09 mm betragen muss, damit On. angebe, eine Farbenempfindung zu haben, während für Weiss und Roth auch bei ungünstiger Beleuchtung 0.03 mm mehr als genügend sind.

Bei ungünstiger Beleuchtung (Grund des Zimmers) musste das Netzhautbild für Grünlichgelb wenigstens die Grösse von 0.31 mm haben, damit On. angeben konnte, die Empfindung einer Farbe zu haben. Das Bild war aber noch immer klein genug, um in den Bereich der fovea centralis zu fallen, vorausgesetzt, dass On. das Auge unbeweglich hielt.

XXVIII.

Prüfung der Angaben Göthe's über Farbenblindheit.

Obwohl gegenwärtig alle Physiologen darin einig sind, dass die von Göthe¹⁾ untersuchten Farbenblinden

¹⁾ Göthe's ausgewählte Werke, 33. Bd., Stuttgart 1867, Die Farbenlehre. Didaktischer Theil S. 48.

rothgrünblind waren, habe ich es doch nicht für ganz überflüssig erachtet, mit einem Rothgrünblinden (Mes) und mit dem Gelbblaublinden (On.) zwei der von Göthe angegebenen Versuche vorzunehmen.

Göthe beschreibt einen Versuch mit folgenden Worten: „Man streiche mit einem genetzten Pinsel den Carmin leicht über die weisse Schale, so werden sie diese entstehende helle Farbe der Farbe des Himmels vergleichen und solche blau nennen“.

Es wurde von mir auf den Grund einer flachen Porzellanschale Carmin derart aufgetragen, dass der Rand in einer Breite von ungefähr 3—5 mm dunkelroth, die Mitte sehr hellroth war.

Mes. (rothgrünblind) nannte nun den Rand gelb die Mitte blau.

On. dagegen den Rand dunkelroth mit etwas graugemischt, die Mitte hellrosenroth.

Göthe führt weiter folgendes an: „Ferner können sie Grün von einem Dunkelorange, besonders aber Rothbraun nicht unterscheiden.“

Um dies zu erproben, nahm ich aus der Holmgren'schen Wollencollection 7 rothbraune und 11 grüne Strähne in verschiedenen Nüancen und legte dieselben gut untereinandergemischt, den zwei Farbenblinden vor mit der Aufgabe, die Bündel nach ihrer Aehnlichkeit zu sortiren.

Mes. theilte die Bündel in drei Gruppen.

I. enthält nur zwei Bündel; für Mes. sind sie schwarz, für mich dunkelrothbraun.

II. enthält 7 Bündel. Mes. nennt ihre Farbe schmutziggelb und theilt diese Gruppe noch in zwei Abtheilungen:

- a) dunkler mit drei,
- b) heller mit vier Bündeln.

Für mich sind diese sieben Bündel grün: a) dunkler, b) heller.

III. enthält neun Bündel. Mes. bezeichnet ihre Farbe

als schmutziges kräftiges Gelb und theilt diese Gruppe ebenfalls in zwei Abtheilungen:

a) mit vier Bündeln, nach Mes. lichtes, ebenfalls kräftiges Gelb,

b) mit fünf Bündeln, nach Mes. dunkles schmutziges Gelb.

Von diesen neun Bündeln sind für mich zwei grün und fünf rothbraun, a) enthält ein rothbraunes und drei grüne; b) ein dunkelgrünes und vier rothbraune Bündel,

On. theilte dagegen die 18 Bündel nur in zwei Gruppen:

I. enthält alle grünen und er bezeichnet dieselben auch als grün, nur in der Farbe von drei Strähnen findet er etwas Grau, von diesen drei Bündeln sind zwei grün, vielleicht mit einer Spur von Blau und eines 'ist gelblich grün.

II. enthält alle rothbraunen Bündel, deren Farbe er mit jener des gerösteten Kaffee vergleicht.

Wenn man nun die an Mes. und On. erhaltenen Resultate mit den Angaben Göthe's vergleicht, tritt recht deutlich hervor, dass der unsterbliche Dichter nur Rothgrünblinde untersucht hat.

Literatur.

- 1) 1859—1860. J. J. Oppel. Einige Beobachtungen und Versuche über partielle Farbenblindheit. Jahresb. des physikalischen Vereines zu Frankfurt a. M. für 1859—1860.
- 2) 1860—1861. J. J. Oppel. Nachträgliche Bemerkungen zu dem vorjährigen Aufsätze über partielle Farbenblindheit. Jahresb. des physikalischen Vereines zu Frankfurt a. M. für 1860—1861.
- 3) 1864. H. Aubert. Physiologie der Netzhaut. Breslau.
- 4) 1866. E. Brücke. Die Physiologie der Farben etc. Leipzig. S. 146.
- 5) 1867. H. Helmholtz. Handbuch der physiologischen Optik. S. 395.
- 6) 1875 u. 1876. J. Stilling. Beiträge zur Lehre von den Farbenempfindungen. Ausserordentliches Beilageheft zu den klinischen Monatsblättern für Augenheilkunde XIII. u. XIV. Jahrgang. Stuttgart.
- 7) 1877. Th. Leber in A. Gräfe und F. Sämisch. Handbuch der gesammten Augenheilkunde. V. Bd.
- 8) 1877. H. Magnus. Zur spectrokopischen Untersuchung Farbenblinder. Centr.-Bl. f. pr. Augenheilkunde. Jahrg. 1877. S. 80, 287 und 233.
- 9) 1878. A. Rollett. Ueber die Farben, welche in den Newton'schen Ringsystemen aufeinander folgen. Sitz.-Ber. der k. Akad. d. Wiss. Bd. LXXVII. III. Abth.
- 10) 1878. F. Holmgren. Ueber die Farbenblindheit in Schweden. Vorläufige Mittheilung. Centr.-Bl. f. pr. Augenheilkunde. 2. Jahrg. S. 201.
- 11) 1878. F. Holmgren. Die Farbenblindheit in ihren Beziehungen zu den Eisenbahnen und der Marine. Leipzig.
- 12) 1878. H. Cohn. Ueber die spectrokopische Untersuchung Farbenblinder. Centr.-Bl. f. pr. Augenheilkunde Jahrg. 1878. S. 264, 288.

- 13) 1878. H. Cohn. Bericht über die Sitzungen der Heidelberger ophthalm. Gesellschaft im Jahre 1878, S. XXIX. Beilage zum Augusthefte des Centr.-Bl. f. pr. Augenheilkunde. II. Jahrg.
- 14) 1878. J. Stilling. Blaugelbblindheit mit unverkürztem Spectrum. Centralblatt f. pr. Augenheilkunde. 2. Jahrg.
- 15) 1878. F. Minder. Beiträge zur Lehre von der Farbenblindheit Dissert. Bern.
- 16) 1878. H. Magnus. Beiträge zur Kenntnis der physiologischen Farbenblindheit. Gräfe's Archiv für Ophthalm. 24. Bd Abth. IV. S. 171.
- 17) 1879. H. Cohn. Ueber angeborene und erworbene Blaugelbblindheit. 57. Jahresb. der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. Breslau 1880. Sitz. v. 28. Febr. 1879.
- 18) 1879. H. Magnus. Untersuchung von 5489 Breslauer Schülern und Schülerinnen auf Farbenblindheit. Breslauer ärztliche Zeitschrift. I. Jahrg. Nr. 2 S. 13.
- 19) Dr. Carl. Ein Beitrag zur Statistik der Farbenblindheit. Centr.-Bl. f. pr. Augenheilkunde. 3. Jahrg. S. 360.
- 20) 1879. Pflüger. Methoden zur Untersuchung auf Farbenblindheit. Correspondenz-Blatt der Schweizer Aerzte. IX. Jahrg. Nr. 16 S. 481.
- 21) 1879. H. Cohn. Studien über angeborene Farbenblindheit. Breslau.
- 22) 1880. Donders. Remarques sur les couleurs et la cécité des couleurs. Annales d'oculistique T. LXXXIV 12 S. T. 4. S. 212.
- 23) 1880. F. Holmgren. Ueber die subjective Farbenempfindung der Farbenblinden. Med.-Centr.-Bl. 18. Jahrg. S. 898 u. 913.
- 24) 1881. F. Holmgren. Centr.-Bl. f. pr. Augenheilkunde. V. Jahrg. S. 476.
- 25) 1881. L. Mauthner. Ueber farbige Schatten, Farbenproben und erworbene Erythrochloropie. Wiener med. Wochenschrift 1881 Nr. 38 und 39. Separatabdruck.
- 26) 1882. R. Hilbert. Das Verhalten der Farbenblinden gegenüber den Erscheinungen der Fluorescenz. Königsberg.
- 27) 1882. G. Hermann. Ein Beitrag zur Casuistik der Farbenblindheit. Inaug. Dissert. Dorpat.
- 28) 1883. A. v. Reuss. Untersuchung der Augen von Eisenbahnbediensteten auf Farbensinn und Refraction. Graefes Arch. f. Ophthalm. 29. Jahrg. II. Abth.
- 29) 1884. F. C. Donders. Noch einmal die Farbensysteme. Gräfe's Archiv f. Ophthalm. 30. Jahrg. I. Abth.
- 30) 1885. E. Hering. Ueber Individuelle Verschiedenheit des Farben-

- sinnes. Lotos N. F. Bd. VI. S. 20 und 21 des Separatabdruckes.
- 31) 1886. A. v. Reuss. Wolltäfelchen zur Untersuchung auf Farbenblindheit. Wiener med. Presse Nr. 3.
 - 32) 1887. E. Hering. Ueber die Theorie des simultanen Contrastes von Helmholtz II. Mitth., der Contrastversuch von H. Meyer und die Versuche am Farbenkreisel. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie Bd. 41.
 - 33) 1887. E. Hering. Ueber die Theorie des simultanen Contrastes von Helmholtz. III. Mitth. Der Spiegelcontrastversuch. Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 41.
 - 34) 1887. Chibret. Revue générale d'Opht. S. 49 citirt nach Jahresb. über die Leistungen und Fortschritte im Gebiete der Ophthalmologie. 18. Jahrg. S. 90 und 159.
 - 35) 1888. E. Hering. Eine Vorrichtung zur Farbenmischung, zur Diagnose der Farbenblindheit und zur Untersuchung der Contrasterscheinungen. Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie Bd. 42.
 - 36) 1890. E. Hering. Zur Diagnostik der Farbenblindheit. Arch. f. Ophthalm. Bd. 36 S. 217.
 - 37) 1891. E. Hering. Untersuchung eines total Farbenblinden. Pflüger's Arch. f. d. gesammten Physiol. Bd. 49.
 - 38) 1893. A. König und C. Dieterici. Die Grundempfindungen und ihre Intensitätvertheilung im Spectrum. Zeitschr. f. Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. 4.
 - 39) 1893. A. Kirschmann. Beiträge zur Kenntnis der Farbenblindheit in W. Wundt Philosophische Studien, 8 Bd.
 - 40) 1894. E. Uhry. Beitrag zur Casuistik der Blaugelbblindheit. Dissert. Universit. Strassburg.
 - 41) 1894. E. Hering. Ueber einen Fall von Gelb-Blaubblindheit. Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie. Bd. 57.
-