

**XV.****Ueber die Farbenblindheit durch Genuss der Santonsäure.**

Von Dr. Edm. Rose in Berlin.

(Hierzu Taf. VI—VIII.)

(Fortsetzung von Bd. XIX. S. 536).

Nachdem im früheren Abschnitt gezeigt, dass im Santonrausch nicht nur eine Verkürzung des Spectrums, sondern auch eine Perversion des Farbensinns stattfindet der Art, dass wohl noch die Farbenempfindung möglich, jedoch an andere Träger als sonst gebunden erscheint, gleichzeitig mit einer seltsamen Verwirrung der Grundempfindungen bei der Empfindung einer Farbe, musste es vor Allem wünschenswerth erscheinen, diese Veränderungen, sei es graphisch, sei es durch Messungen, zu fixiren. Dies wurde beides ermöglicht durch das Bekanntwerden des Farbenkreisels, wie er von James Clerk Maxwell ebenso einfach wie wesentlich umgeschaffen ist. Maxwell's Verbesserungen bestehen einmal in der Verdoppelung des Kreisels und zweitens in der Stellbarkeit seiner Abschnitte.

## Maxwell's doppelter Farbenkreisel und graphische Methode.

Da das Gedächtniss für feinere Farbenabweichungen fast ausnahmslos sehr mangelhaft und trügerisch ist, so bedarf es zur genauen Feststellung von Unterschieden des unmittelbaren Vergleichs. Maxwell ermöglicht denselben durch Anwendung runder bunter Papierscheiben von zweierlei Grösse, die, die grössere unten, auf die centrale Spitze des Kreisels einer rotirenden Scheibe befestigt werden, wodurch bei der Drehung 2 Farben, eine äussere Ringfarbe und eine mittlere, entstehen. Dadurch, dass die Scheiben längs eines Halbmessers aufgeschlitzt sind, ist es möglich, durch

Ineinanderschieben mehrerer Scheiben solche mit verschieden gefärbten Ausschnitten zu erhalten, deren Verhältniss durch Verschiebung sich leicht anders stellen lässt.

Wendet man nun 3 möglichst verschiedene und reine Grundfarben an, so ist es je nach dem Winkelverhältnisse der Ausschnitte möglich, wenn auch nicht alle reinen, so doch wenigstens alle unreinen Farben, abgesehen von der Intensität, durch Rotation dieser dreitheiligen Scheibe hervorzubringen, wobei man die Ausschnitte auch so stellen kann, dass sich die Farben zu einem Grau aufheben. Jede Abweichung von der durch Mischung zu erzielenden Farbe kann nun ungemein scharf erkannt und demgemäß durch Stellen vermieden werden, wenn wir sie innen (als eine einfache aber wieder durch Mischung gebildete Farbe) durch Scheiben der kleinern Art dem Auge zum unmittelbaren Vergleich darbieten.

Indem so sämmtliche Farben empirische Funktionen dreier Veränderlichen, der gewählten Grundfarben sind, von denen 2 unabhängig sind, da ja die 3 Ausschnitte zusammen den Kreis ausfüllen müssen, so lassen sich alle in einer Ebene graphisch darstellen, entweder durch Tafeln mit doppeltem Eingange oder nach der barycentrischen Methode, die Maxwell, Tob. Maiers Darstellung der Farben in einem Dreiecke folgend, annimmt. Das Verfahren ist hier folgendes:

Zunächst verschafft man sich eine „Farbengleichung“ für Grau durch den Versuch, der uns angiebt, wie viele Ausschnitttheile von Weiss (W) und Schwarz (S), innen angebracht, bei der Vermischung durch Drehen dieselbe Empfindung erregen, „gleichen“ der aussen aus den 3 gewählten Grundfarben, z. B. Roth (R), Blau (B) und (Gr) Grün dargestellten. Theilt man die Peripherie z. B. in 100 Theile, so hat die Gleichung folgende Form:

$$xR + yB + zGr = aW + bS$$

wobei  $x$   $y$   $z$  und  $a$   $b$  die den Farbenausschnitten entsprechenden Theile der Peripherie sind, so das  $x + y + z$  stets gleich  $a + b$  gleich 100. Weist man nun in einer Tafel diesen 3 gewählten Grundfarben 3 beliebige (am bequemsten in gleichen Abständen befindliche) Orte an und lässt die Stärke der angewendeten Scheiben

als gleich (z. B. 1) gelten, so ist damit jeder andern Farbe von einer bestimmten Stärke sogleich ihr Platz angewiesen.

Die Stärke richtet sich nach der zur Gleichheit nothwendigen Abschwächung durch Zusatz von Schwarz (S), der Ort ist der eine Schwerpunkt, den man findet, wenn man sich in den 3 gewählten Fundamentalpunkten die Coefficienten als Gewichte denkt. Da nun das reine Weiss (100 W) natürlich an derselben Stelle liegt wie das erhaltene Grau (a W), so verhält sich seine Stärke zu der des in der Tafel liegenden Grau wie 100 zu a; wo also Weiss in anderen Gleichungen auftritt, muss man es mit  $100/a$  multiplizieren, um es mit diesem fundamentalen Grau vergleichen zu können.

Jede beliebige andere Farbe N bestimmt man nun durch den Versuch, indem man sie mit Hülfe von Schwarz oder Weiss den 3 Grundfarben gleichsetzt, so dass sich Formeln der Art ergeben:

$$\begin{aligned} aR + bB + cGr + dN + eS &= 0 \\ \text{oder } aR + bB + cGr + dN + eW &= 0 \end{aligned}$$

wobei natürlich die absolute Summe von abe de 200, die algebraische 0 beträgt. Den Ort der neuen Farbe findet man nach Reduction des Weiss auf das in der Tafel befindliche Grau wieder stets durch Bestimmung des Schwerpunkts, wenn man sich abe als Gewichte denkt. Die Stärke der Farbe findet man als das Verhältniss der algebraischen Summe der Coëfficienten der andern Farben in der Gleichung (nach der gehörigen Correction) zu d, dem Coëfficienten der Farbe.

#### Der Farbenkegel.

Man übersieht aus dieser Darstellung sogleich zweierlei. So wenig es Hrn. Prof. Helmholtz aus 2 Spektralfarben eine dritte herzustellen gelang, weil die Mischung stets weisslicher ausfiel; so wenig geht es mit 3 concreten Farben hier. Die gemischten Farben fallen stets unreiner aus, weil ja der Schwerpunkt der 3 Fundamentalpunkte nur zwischen ihnen liegen kann; also dem Grau, der unreinsten Farbe, näher. Ferner bemerkt man, dass der gesammte einem Auge zukommende Farbencomplex sich durchaus nicht durch eine ebene Figur darstellen lässt. So wie es eine Reihe von Aetherschwingungen trifft und die Empfindung von Farbe

entsteht, unterscheiden sich darin dem normalen Gesicht sofort ohne weitere Hülftsmittel 3 Grundempfindungen: 1) vor allem und zunächst (wo die Empfindung oder die Empfindlichkeit sehr schwach, allein nur) die Empfindung der Stärke (Helligkeit, Intensität) beim gewöhnlichen Sehakt gebunden an die Amplituden der Lichtträger der schwingenden Aethertheilchen; 2) die Empfindung der Reinheit, indem wir sofort mit mehr oder weniger Schärfe erkennen, ob die Farbe eine graue Mischfarbe, z. B. blaugrau, braun, chamois, rosa, fleischfarben, berggrün, isabellfarben u. s. w. oder mehr eine reine, den Spektralfarben ähnliche; welche Empfindung für gewöhnlich an die Homogenität der Farbenerreger gebunden ist, und 3) die Empfindung des Farbenton, ob er mehr grün oder blau u. s. w.; was zumeist von der Brechbarkeit des vorwiegenden Bestandteils der Farbenerreger, von der Wellenlänge der meisten obwaltenden Aetherschwingungen abhängt. Eine 4te Art von Empfindung kann nicht durch einen Lichtstrahl erregt werden; ohne Hülftsmittel können wir an den Aetherschwingungen höchstens Amplitude, Homogenität und Wellenlänge unterscheiden, auf Seitlichkeit und ihre Art z. B. schliessen wir mittelst eines Doppelspathes, irgend eines polarisirenden Instrumentes. Es folgt daraus, dass, wenn wir uns den Farbencomplex eines Auges vorstellen wollen, wir jede Farbe nach 3 Richtungen hin müssen verändern können, entsprechend den 3 Grundempfindungen. Wir müssen uns also den Farbencomplex körperlich vorstellen, und können ihn uns in Anbetracht, dass alle Farben durch Abnahme ihrer Stärke in Schwarz und ihrer Reinheit in Grau übergehen, als einen Farbenkegel mit einer schwarzen Spitze und einer grauen Mittellinie denken. Den 3 geforderten Abänderungen einer Farbe nach ihren 3 Grundempfindungen entspricht eine Veränderung im Ort nach den 3 Dimensionen, der Entfernung von der schwarzen Spitze, von der grauen Mittellinie und auf dem Mantel (nach dem Azimuth), indem der Ort jeder Farbe sich dabei weder nach einem rechtwinkligen noch polaren, sondern gemischten Coordinatensystem bestimmt. Jeder Querschnitt des Kegels stellt dieselben Farben, aber mit anderer Stärke dar, jeder Querschnitt enthält die nach Ton und Reinheit verschiedenen Farben an den verschiedenen Orten.

Wir haben so den Vortheil uns der Maxwell'schen graphischen Methode anschliessen zu können, indem wir uns nur unendlich viele immer kleinere Abrisse seiner Farbentafeln übereinander gelegt zu denken brauchen, um den Farbenkegel zu erhalten.

Umgehen wir also auf irgend einem seiner Querschnitte den grauen Mittelpunkt, so kommen wir durch alle Farbtöne. Nähern wir uns auf irgend einem Querschnitt dem Mittelpunkte längs eines „Farbenstrahls“, so nimmt die Reinheit ab, bis sich im Mittelpunkt, dem Grau, alle Farben das Gleichgewicht halten; darüber hinaus wiegt die entgegengesetzte Farbe vor (die complementäre), bis sie endlich ganz rein wird im höchsten Grade ihrer Reinheit, wo sie gesättigt. Verbinden wir jeden Punkt des Querschnitts mit der Kegelspitze, so erhalten wir ebensoviel Linien gleicher Farbe, deren Punkte sich nur durch die bis zur Spitze abnehmende Stärke (Helligkeit) unterscheiden; allesamt gruppirt um die weisse Linie, der Verbindung der grauen Mittelpunkte mit der schwarzen Spitze. Es genügt diese Vorstellung auch der Thatsache, dass man Grau aus 2 complementären und 3 nicht complementären möglichst verschiedenen Farben mischen kann.

#### Genauigkeit der Farbengleichungen.

Was nun die Genauigkeit einer Farbengleichung betrifft, so fand Maxwell, dass selbst Ueberschreitungen von  $\frac{1}{80}$ , ja  $\frac{1}{500}$  des Umfangs von den Beobachtern in der Mischfarbe bemerkt wurden; diese erstaunliche Genauigkeit fand ich bestätigt, insofern bei einem Umfang der grössern Scheiben von  $18\frac{3}{4}$  Zoll es sich meist um 16 tel, ja 20 tel Zoll bei der Feststellung handelte; ein Daltonist war sogar über die Veränderungen entsetzt, die eintraten, wenn ich nur an der Peripherie um eine Nageldicke die Scheiben versetzte, was weitaus meine Genauigkeit im Messen übertraf.

Ist der Farbenkreisel anwendbar zum Studium des Santonismus?

Darf nun diese Methode zur Untersuchung Santonisirter angewendet werden, trotzdem sich bei ihnen die Länge des Spektrums stetig ändert? Dürfen die Resultate verglichen werden mit denen beim Gesunden? Gewiss! Denn wenn auch die constante Violet-

blindheit lehrt, dass im Santonismus die Organe erlahmen, welche die Uebertragung der Aetherschwingungen auf die jede Farbenempfindung vermittelnde Bewegung im Sehnerven zu bewirken haben, so zeigt grade andererseits das an Licht gebundene Violetsehen, dass die Farbenempfindung selbst nicht gelitten hat, sondern vollständig zu Stande kommt, aber vermöge aussergewöhnlicher Reize.

Dasselbe gilt für die Daltonie, wo, wie später gezeigt werden wird, oft genug sich eine gleiche Verkürzung findet. Während so die Methode beim Gesunden alles Wünschenswerthe leistet, indem eine Gleichung die andere controllirt, trotz der zahlreichen kleinen Fehlerquellen, und auch zur nähern Kenntniss des Santonismus anwendbar ist, muss man hier doch sehr viel weniger erwarten, weil er entweder sich stetig ändernd der langwierigen Feststellung durch eine solche Farbengleichung ganz spotten wird, oder falls die Schnelligkeit der Feststellung unter günstigen Umständen (vielleicht auch auf Kosten der Genauigkeit) den Wechsel des Zustandes erreichen sollte, sich möglicherweise jeder Controlle entzieht, indem kaum zwei Gleichungen für denselben Grad des Santoninrausches werden erzielt werden können.

#### Ueber die Fehlerquellen.

Was zunächst die Fehlerquellen betrifft, so bildet sich, ganz abgesehen von einem gefärbten Ringe zwischen der mittleren Scheibe und dem äusseren Ringe, der um so breiter ausfällt, je schlechter die Scheiben jedesmal centriert sind, an der dem Licht abgewendeten Seite auf dem äusseren Ringe ein farbiger Schatten, in Form eines Halbmondes verursacht durch das Hervorragen der mittleren Scheiben, um so stärker, je dicker sie sind.

Dann bilden diese centralen Scheiben selbst, weil sie in der Mitte befestigt sind, einen wenn auch sehr flachen Trichter, in dem die dem Licht ab- und zugewendete Seite nie ganz denselben Eindruck hervorbringt, ein Umstand, der besonders oft Daltonisten mit ihrem feinen Farbenurtheil störte.

Ferner bringen bei sehr hellem Licht, z. B. am Fenster mehrtheilige Scheiben selbst bei schnellst möglichem Drehen nicht immer einen gleichartigen Eindruck hervor, sondern den eines gedrehten

Rades mit helleren und dunkleren Speichen. Stellt man den Kreisel deshalb mehr im Hintergrunde eines Zimmers auf, so wechselt selbst dann die resultirende Farbe, je nach der Seite, von der man ihn betrachtet, was sich bei den einzelnen Farbengleichungen ungleich deutlich zeigt. Oft passt eine Gleichung beim Blick von Oben, die bei seitlichem Blick durchaus ungleich. Oft verschwindet die in der Ferne schon bestehende Gleichheit, sowie man näher heranrückt.

Endlich zeigt sich die Farbe der Umgebung, der Zimmerwände von ganz bedeutendem Einfluss, so dass z. B. eine Person in einem gelben Zimmer an der Nordseite folgende Gleichung fand \*):

$$1) \quad 57\frac{1}{3}R + 22\frac{2}{3}Gr + 20B = 22W + 78S$$

$$2) \text{ dagegen: } 36\frac{2}{3}R + 31\frac{1}{3}Gr + 32B = 49W + 51S$$

in einem violetgrauen Zimmer an der Südseite, beide in der Nähe des Fensters. Dasselbe Gelb (Gb) bestimmte sich dort durch:

$$3) \quad 18\frac{2}{3}R + 28\frac{2}{3}Gb + 52\frac{2}{3}B = 28W + 72S$$

$$4) \text{ hier durch: } 31\frac{1}{3}R + 24\frac{2}{3}Gb + 44B = 39W + 61S.$$

Endlich wurde oft noch ein Unterschied in guten Farbengleichungen bemerkt bei etwas langsamerem Drehen, ehe sich noch die resultirende Farbe speichenartig in hellere und dunklere Theile auflöste.

Dass die Gleichungen bei Tages- und Gaslicht natürlich verschieden ausfallen, hat schon Maxwell bemerkt; ebenso dass es der Vorsicht gemäss, den Beschauer nicht eher auf den Kreisel blicken zu lassen, als bis er im Gang ist und ihm die Veränderungen beim Stellen zu verschweigen.

Um diese Fehlerquellen zu vermeiden, wurden alle folgenden Beobachtungen, die mit denselben 6farbigen Pappscheibenpaaren: Scharlach R, Smaragdgrün Gr, Ultramarin B, Weiss W, Schwarz S,

\*) Grau liegt nach diesen Gleichungen in 1 und 2 der Figur 1. Indem diese 2 Punkte mit die entfernteste Lage von der durchschnittlichen einnehmen, bezeichnen sie uns die Grenze einer Kreisfläche, die unter verschiedenen Umständen je nach dem Unterscheidungsvermögen für Farben mehr oder weniger grau erscheinen wird, den Spielraum der grauen Mittellinie. Die Lage von 1 und 2 lehrt uns zugleich, wie man auch für jeden Gesunden aus Gelb und Blau alle Farben (wenn man von ihrer Reinheit absieht) mischen kann. Denn je nach der Beleuchtung liegt Grau bald auf der rothen, bald auf der grünen Seite der Mischungslinie von Ultramarin und Strohgelb.

Strohgelb \*) Gb gemacht sind, in einem und demselben Zimmer vorgenommen, und zwar stand der Kreisel stets dabei auf demselben Tische im Hintergrunde. Der Beschauer wurde stets auf dieselbe Seite desselben und auf dieselbe Stelle des carriren Bodens gestellt, und aufgefordert beim Vergleich des äusseren Kreises mit der Scheibe weder die dem Licht zu- noch abgewendeten Theile vorzüglich zu fixiren, sondern die dazwischen liegende Zone. Die heimlich gestellte Scheibe wurde ihm erst zu sehen gestattet, wenn sie sich ungefähr 1000mal in der Minute drehte; ausserdem möglichst das zu starke Eindrücken in der Mitte und das ungenaue Centriren vermieden. Endlich wurden alle Gleichungen bei indirectem Tageslicht angestellt.

#### Die Fundamentalgleichungen.

Nehmen wir nun R, Gr, B wie Maxwell als Fundamentalpunkte mit der Stärke 1 in der Entfernung 100 an, so handelt es sich zunächst um Auffinden von 2 Fundamentalgleichungen für Grau und Gelb. Hr. Dr. med. Eggel, der sich früher mit Malen beschäftigt hat und sich durch Genauigkeit auszeichnete, bestimmte dieselben am 7. Juli 1860 Nachmittags so:

$$5) \text{ um } 4\frac{1}{2} \text{ Uhr: } 41\frac{1}{3}R + 30\frac{2}{3}Gr + 28B = 24W + 76S$$

6)  $5\frac{1}{2}$  -  $34 Gb + 4 Gr + 62B = 40W + 60S$  oder corrigirt:  $100\frac{2}{3}gb + 4 Gr + 62B = 166\frac{2}{3}w$ , wenn wir die corrigirten Farben mit kleinen Buchstaben bezeichnen. W liegt danach in  $5 = 4\frac{1}{6}$ , gb in  $6$  mit dem eignen Coëfficienten 2,96, zur Bezeichnung der Stärke von Gb (cf. Fig. 1).

Folgendes sind die Proben für die Richtigkeit der Gleichungen wie der Zeichnung: Man messe z. B. die relativen Entfernungen der Schnittpunkte der Verbindungslien der 5 bisher bekannten Punkte und dividire die w und gb darin mit ihren Coëfficienten, um sie zu den angewendeten W und Gb zu machen; oder man eliminire aus den beiden Gleichungen immer je eine Farbe; oder man bestimme endlich mit dem Farbenkreisel neue Gleichungen

\*) Paille. Alle aus Seidenpapier auf weisse Pappe gezogen, weil sie glanzlos sein müssen.

zwischen den 6 Farben mit jedesmaliger Hinweglassung einer anderen; so müssen alle 3 Wege dieselben Resultate ergeben.

Dr. Eggel bestimmte noch folgende Gleichungen:

$$7) \text{ um } 6\frac{1}{2} \text{ Uhr: } 64R + 36Gr = 31\frac{1}{3}Gb + 26B + 42S.$$

Der Durchschnittspunkt von R G und gb B gemessen ergab:

$$\begin{aligned} 59\frac{1}{3}R + 40\frac{2}{3}Gr &= 87,5gb + 12,5B = \\ &= 29,56Gb + 12,5B + 57,9S. \end{aligned}$$

Durch Elimination fand sich:

$$59,4R + 40,6Gr = 29,3Gb + 13,3B + 57,4S.$$

$$8) \text{ Um } 7 \text{ Uhr: } 63\frac{1}{3}R + 36\frac{2}{3}Gr = 17W + 28Gb + 55S.$$

Das Maass giebt:  $59,2R + 40,8Gr = \begin{cases} 12,6w + 24,8gb \\ 3w + 8,3Gb + 88,7S. \end{cases}$

Eliminat. ergab:  $58,9R + 41,1Gr = 8,5W + 21,8Gb + 69,7S.$

$$9) \text{ Um } 7\frac{1}{2} \text{ Uhr: } 9R + 39W + 52S = 36Gb + 64B.$$

Elimination giebt:  $5,8R + 39,9W + 54S = 36,8Gb + 63,2B.$

Das Maass giebt:  $3,1R + 20,5W + 76S = 37Gb + 63B$ , welche letztere Abweichung sich aus der Figur leicht erklärt, weil bei der geringen Entfernung des Durchschnittspunkts von W der kleinste Fehler im Messen bei der späteren Vergrösserung sich stark bemerklich macht.

Immerhin jedoch bleiben ziemlich bedeutende Abweichungen zwischen den letzten 3 Farbengleichungen und den aus 5 und 6 durch Elimination gefundenen. Wodurch erklären sie sich?

Zunächst ist eine Erfahrung, die schon Maxwell gemacht, zu erwähnen, dass die Farbengleichungen, die als Resultat beiderseits nicht Grau, sondern eine bestimmte Farbe geben, stets weniger genau und schwerer zu erreichen sind. Vor Allem wichtig jedoch zeigt sich der Stand der Sonne. So bestimmte Hr. Dr. Eggel am anderen Morgen unter denselben Umständen bei etwas bedecktem Himmel folgende Gleichungen:

$$10) 8. \text{ Juli } 1860. \text{ 8 Uhr: } 7R + 39W + 54S = 38Gb + 62B$$

$$11) \quad 8\frac{1}{4} - \quad 61\frac{1}{3}R + 38\frac{2}{3}Gr = 30Gb + 27B + 44S$$

$$12) \quad 8\frac{3}{4} - \quad 35\frac{2}{3}Gb + 3\frac{2}{3}Gr + 60\frac{2}{3}B = 40W + 60S$$

$$13) \quad 9\frac{1}{4} - \quad 58R + 42Gr = 14Gb + 19W + 67S.$$

Jener Umstand erklärt die beträchtlichen Abweichungen in den farbigen Gleichungen 11, 13, 7, 8 im Verhältniss zu den gerin-

geren in 10, 9, 6 und 12; diese geringeren jedoch eben der verschiedene Stand der Sonne, dessen Einfluss ja auch das prismatische Spectrum zeigt. Da dieser auch bei den Fundamentalgleichungen 5 und 6 beträchtlich verschieden, so wird um so weniger die Abweichung der aus ihrer Combination erhaltenen Eliminationsgleichungen von den noch später erlangten auffallen. Ja diese Abweichungen würden noch grösser sein, wenn die Genauigkeit des Hrn. Dr. Eggel nicht ziemlich gross wäre gewesen. Denn Maxwell fand, dass von 10 Personen der beste Beobachter bis auf  $\frac{1}{100}$ , der Schlechteste bis auf  $\frac{6}{100}$  vom Umfang übereinstimmend war. Demnach konnten 5 und 6 nicht als gleichzeitige Fundamentalgleichungen gelten; soviel jedoch war aus der Lage von  $gb$  sicher, dass es unter obigen Verhältnissen dem  $R$  näher als den anderen Fundamentalpunkten läge; mithin musste seine Bestimmung durch eine Farbengleichung ausgemittelt werden, welche  $Gb$   $Gr$  und  $B$  enthielt.

Am 10. Juli 1860 Morgens bis  $10\frac{1}{2}$  Uhr bei constanter Witterung wurde von Dr. B. und mir folgende bis auf  $\frac{1}{300}$  genaue Gleichung festgestellt, in der auch Andere keinen Unterschied wahrnehmen könnten:

$$14) \quad 27\frac{2}{3}Gb + 4\frac{2}{3}Gr + 67\frac{1}{3}B = 29W + 71S,$$

die wiederum von den Gleichungen 12 und 6 des Hrn. Dr. E. abwich; leider reichte die Zeit zu einer zweiten Gleichung nicht aus. Nachmittags um 3 Uhr bei bewölktem Himmel fand Frl. A.:

$$15) \quad 30\frac{2}{3}Gb + 3\frac{1}{3}Gr + 66B = 30W + 70S,$$

also wieder abweichend.

Zwei gleichzeitige und fundamentale Gleichungen wurden endlich von Hrn. Dr. Eggel und mir am 14. Juli 1860 Morgens bei leider bewölktem Himmel erlangt, nämlich:

16) ungefähr um 9 Uhr:  $43\frac{1}{3}R + 29\frac{1}{3}Gr + 27\frac{1}{3}B = 27\frac{1}{2}W + 72\frac{1}{2}S$   
und um 11 Uhr, nachdem eine Verzögerung dadurch hervorgebracht war, dass die Sonne mehrmals durch- und dadurch unsere Arbeit unterbrach, weil sofort alsdann, auch wenn es sich schon um  $\frac{1}{150}$  Theile handelte, beide Seiten grob verschieden aussahen, welche neue Fehlerquelle erst hier recht sichtlich wurde. Zum Glück

zogen jedoch stets neue Wolken vor, so dass es möglich war, dieselbe Gleichungsbestimmung fortzusetzen.

$$17) \quad 30\frac{2}{3} \text{Gb} + 2\frac{2}{3} \text{Gr} + 66\frac{2}{3} \text{B} = 34\frac{1}{2} \text{W} + 65\frac{1}{2} \text{S}$$

$$18) \text{ und um } 11\frac{3}{4} \text{ Uhr: } 41\frac{3}{9} \text{R} + 30\frac{2}{9} \text{Gr} + 28 \text{B} = 25 \text{W} + 75 \text{S}$$

so dass bei der geringen Abweichung von 16 und 18 ich es vorziehe, ihr Mittel für gleichzeitig mit 17 anzusehen, um so mehr, da die Genauigkeit des Hrn. Dr. Eggel ausnehmend gross, sicher die grösste unter den Wenigen, die zu einer mehrmaligen Gleichungsbestimmung Geduld hatten, als das Mittel der verschiedenen zu verschiedenen Zeiten erhaltenen:

$$60) \quad 42\frac{1}{4} \text{R} + 29\frac{4}{9} \text{Gr} + 27\frac{2}{3} \text{B} = 25\frac{3}{4} \text{W} + 74\frac{1}{4} \text{S}$$

$$61) \text{ und } 30\frac{7}{12} \text{Gb} + 3\frac{1}{2}\frac{9}{4} \text{Gr} + 65\frac{1}{2} \text{B} = 33\frac{1}{5} \text{W} + 66\frac{4}{5} \text{S.} *)$$

Betrachtet man demnach 17 und

$$19) \quad 42\frac{5}{9} \text{R} + 29\frac{7}{9} \text{Gr} + 27\frac{2}{3} \text{B} = 26 \text{W} + 74 \text{S}$$

als gleichzeitige Fundamentalgleichungen für Grau und Gelb, so findet man W mit dem eignen Coëfficienten  $3\frac{1}{18}$  in w und unser Gelb mit dem eignen Coëfficienten 2,066 in gb auf der beigefügten Figur 1.

Obwohl nun einerseits sowohl wegen des Fortschrittes der Sonne als auch wegen der in diesem Sommer grossen Unregelmässigkeit des Wetters nicht so gar viel, als es erst schien, von der Methode zu erwarten stand, obwohl andererseits der Erfolg um so weniger vorherzusehen war, als die Aufstellung der Gleichungen je nach der Ausbildung des Farbensinns, der Grösse und Schnelligkeit des Farbenurtheils \*\*), sowie der Routine im Stellen

\*) in denen zwar Grau damit fast ganz übereinstimmt, wie es denn zwischen 19 und 18 liegt, Gelb dagegen etwas abweicht, indem es in 61 liegt.

\*\*) Man muss den Sinn für Farben, der uns ermöglicht einen Lichtstrahl bestimmter Geschwindigkeit als gefärbt aufzufassen, gar sehr von dem Unterscheidungsvermögen, dem Urtheil über Farben trennen, durch das wir im Stande das Vorwiegen einer Farbe im Grau z. B., beim Vergleich zu erkennen, und von der Farbenerkenntniß, durch die wir die Art der Beimischung auch bestimmen, die Farbe angeben können, drei Fähigkeiten, die durchaus von einander unabhängig, wie denn z. B. der Herr, welcher unter den mir bekannten Personen das beste Farbenurtheil hat, Daltonist ist. Viele unterscheiden die feinsten Beimischungen, ohne sie bestimmen zu können, was anderen auch bei sehr groben nicht möglich, wie es mir denn bei 2 Personen mit seinem Farbenurtheil geradezu unmöglich war, nach den widersprechenden

sehr verschiedene Zeit (von  $\frac{1}{4}$  — 2 St. —  $\infty$ ) erfordert, und man ausserdem nicht sicher ist, ob während dessen sich nicht stetig der Zustand im Santonrausch ändert, wurde dennoch versucht, auch diese Methode zu seiner Prüfung anzuwenden. Die Resultate waren folgende:

#### V e r s u c h e.

XLVI. Dr. med. B. nahm, nachdem er vor mehreren Stunden nur sparsam gefrühstückt, am 2. Juni um 9 Uhr Morgens die gewöhnliche Dosis, verwechselte nach einer Viertelstunde in einer Stickerei Schwarz mit Dunkelblau, Braun mit Violet und bemerkte im Hellen den gelblichen Schimmer.

Im Gitterspectrum sah er je 5 schwarze Räume, wenn das Licht hinter der Schneide stand, sonst nur 4, und nannte in der Farbenreihe Blau nicht.

Bei I blieben Rechts 3 grasgrüne\*), sehr matte und schwache, 4 rothe; links 4 rothe und 4 grüne Flammen.

Um  $9\frac{3}{4}$  Uhr erschien die Kochsalzflamme (die zufällig heut bei der Zerlegung deutlich etwas Violet enthielt) hell röthlichgelb mit violettem Rande auf beiden Seiten, so wie oben, gleich vollkommen, ob sie durchs Prisma oder so betrachtet wurde.

Die Strontianflamme ergab als Analyse 1) Violet (röther als das zweite), 2) Gelb, 3) Violet (schmäler, schwächer) und 4) ganz schwach Grün an Stelle des breiten Grün — vom rothen Ende, wie stets angefangen. Das violette Ende fehlte also in seiner ganzen Pracht. Allein schien die Flamme rothgelb mit einem violetten Rande auf allen Seiten (im Verhältniss wie 4 zu 1). Wurde jetzt (10 Uhr) ein gelbes Glas eingeschaltet, so sah er nur eine rothgelbe, violet umsäumte Flamme ohne jenes Grün; wurden 2 eingeschaltet, ebenso. Als nach einer Pause 3 eingeschaltet wurden, erschien die ganze Flamme violet, nur ein kleiner Kern an der Basis rothgelb im Verhältniss wie 5 zu 1, während ihm bei Tageslicht Alles gelb schien.

Nach langer Mühe wurde bei indirectem Tageslicht, bei dem nach kurzer Zeit Dr. B. das Gelbsehen verschwunden glaubte, folgende Farbengleichung erzielt:

$$20) \quad 40R + 21\frac{1}{2}Gr + 38\frac{2}{3}B = 14W + 86S.$$

Dass seine Narkose in Wahrheit noch bestand, stellte sich sogleich heraus. Denn es ergab sich (um 11 Uhr 20 Min.) nach den anderen Methoden:

Im Gitterspectrum fanden sich rechts 4 dunkle Streifen, links war schwach noch ein fünfter sichtlich.

Bei I fanden sich rechts 2 dunkelgrüne („von demselben Tone wie vor 2 Stunden“) und 4 rothe, links 3 grüne und 4 rothe Flammen. Die Strontianflamme sah gelbroth aus; die Analyse durch das Prisma vom rothen Ende her ergab:

Angaben ihre Farbengleichungen zu treffen, obgleich ich die eine nach Vollendung dieser Arbeit untersuchte. Den Beweis liefert diese Methode.

\*) Die 2 Gläser lassen die äussersten rothen und alle violetten, blauen und einen Theil der grünen Strahlen durch.

1 Violet, 2 Gelb, 3 Violet (lichtschwächer und weniger roth), 4 Grün; bei Einschaltung von 3 gelben Gläsern fand sich nur ein violettes Flammenbild mit schwacher rothgelber Kernbasis; also genau so, wie anderthalb Stunden zuvor. Es wurde darauf bis 12 Uhr noch folgende Gleichung ermittelt:

$$21) \quad 63\frac{1}{3} R + 36\frac{1}{3} Gr = 36 W + 64 S.$$

Als er dann um 5 Uhr nochmals untersucht wurde, passte diese Gleichung gar nicht mehr. Dagegen ergab sich folgende:

$$22) \quad 46\frac{2}{3} R + 24 Gr + 29\frac{1}{3} B = 20 W + 80 S.$$

Um 5 Uhr 40 Min. sah er im Gitterspectrum links 5 Streifen, bei I jederseits je 4 entschieden blaugrüne (verschieden von oben) und rothe Flammen. Die Strontianflammenanalyse gab Roth, Gelb, Grün und Blau, letztere beiden  $\frac{2}{3}$  so breit, als jene beiden zusammen, während sie sehr viel breiter als jene. Bei einer neuen Untersuchung um 9 Uhr sah er noch rechts und links 4 Streifen, zweifach gefärbte Flammen und endlich im Strontianspectrum das breite und intensive Roth als eine schmale Linie, was, wie er von selbst, ohne gefragt zu sein, bemerkte, früher nie dagewesen, indem es stets mit Gelbroth schon geendet habe. Letzteres sei violetrandig gewesen, und das Roth habe gefehlt, das er deutlich davon getrennt sieht. Leider reichte die Zeit nicht aus neue Gleichungen zu finden an Stelle der veralteten.

In diesem Falle war also vor Feststellung der ersten Gleichung nach den früheren Methoden Gelbsichtigkeit, Violetblindheit, Verkürzung des Spectrums und Violetsehen von Roth und Gelb, jedoch nur bei grosser Lichtschwäche, zu bemerken, welche Verhältnisse sich während der Bestimmung der Gleichung 20 wenig verändert zu haben scheinen.

Die Gleichungen 20, 21, 22 bestimmen die Punkte 20, 21, 22 in der Figur 1. Was bedeuten sie nun?

Für das gesunde Auge war einerseits stets eine graue Farbe da. Entweder also kann man annehmen, dass dem Santonisirten zu verschiedenen Zeiten verschiedene Farbenpunkte, die sich durch das andere Glied jeder Gleichung bestimmen (in den Punkten 20, 21, 22), den Eindruck einer Art von Grau machen; und zwar würde dann das Grau weitaus die graue Region überschreiten, indem es einmal ja bis in die grünrothe Mischungslinie [21] dringt. Oder man muss annehmen, dass dem Santonisirten gleichzeitig mehrere Farben, verschiedene Arten von Grau zum Verwechseln gleichen. Während Beides vom Normalen gleich abweichend wäre, scheint dieser Fall wahrscheinlicher, weil die anderen Untersuchungsmethoden keine wesentliche Abweichung im Zustand aufdeckten, während Gleichung 20 und 21 festgestellt wurden.

In diesem Falle nun fände sich in der Tafel irgendwo ein schwarzer Punkt, wenn wir annehmen, dass sich durch 2 Punkte einer Farbe die Linie dieser Farbe bestimmt, und die Stärke darauf dem Wege einfach entsprechend sich ändert. Nimmt man nun also 20 und 21 als gleichzeitig gültig an, so müsste die durch beide Punkte gehende Linie in (20) schwarz werden; die in (20) liegende Farbe wird dem Schwarz zum Verwechseln gleich erscheinen.

Da es aber unter der Voraussetzung ebensoviel Wahrscheinlichkeit hat, dass die Fundamentalgleichung für das normale Grau auch weiterhin gestimmt habe, wenn sie auch nicht gerade grau dem Santonisirten erschienen sein mag, so können wir auch die Punkte 20, 21, 22 mit 19 zusammenstellen, welcher Muthmaassung aber 3 verschiedene schwarze Punkte (20), (21) und (22) entsprechen würden.

Keinesfalls aber darf man 21 und 22 auf eine Linie setzen, weil ausdrücklich, als die letzte Gleichung bestimmt wurde, die vorletzte nicht mehr passte.

XLVII. Nachdem Hr. Dr. Eggel um 9 Uhr 24 Min. (8. Juli 1860) die gewöhnliche Gabe genommen, trat bald durch die Blendung beim Blick ins Freie ziemlich starke Injection der Palpebralbindehaut ein mit Thränen (wie ihm auch sonst oft bei Blendung geschieht) und Farbentäuschung, die um 36 Min. bereits stark. Das Violetsehen, zumal an den schattigen Theilen der Mahagonimöbel, fiel ihm besonders auf; das Gelbsehen zeigte sich wieder besonders an stark beleuchteten Sachen. Bis  $10\frac{3}{4}$  Uhr war das Wetter etwas trüb, um  $11\frac{1}{2}$  Uhr etwas Sonnenschein, zu welcher Zeit die Farbentäuschung ihm schon schwach schien. Unter den gewöhnlichen Vorsichtsmaassregeln wurde von demselben Ort aus folgende Reihe von Gleichungen ermittelt:

- 23) 9 Uhr 43 Min.  $35\frac{1}{3} \text{ Gb} + 18\frac{2}{3} \text{ Gr} + 46\frac{2}{3} \text{ B} = 39 \text{ W} + 61 \text{ S.}$
  - 24) 9 - 48 -  $35\frac{1}{3} \text{ Gb} + 18\frac{2}{3} \text{ Gr} + 46\frac{2}{3} \text{ B} = 41 \text{ W} + 59 \text{ S.}$
  - 25) 10 - 10 -  $32 \text{ Gb} + 37 \text{ Bl} + 32 \text{ S} = 52\frac{2}{3} \text{ R} + 47\frac{1}{3} \text{ Gr.}$
  - 26) 10 - 20 -  $10 \text{ R} + 44 \text{ W} + 46 \text{ S} = 39\frac{1}{3} \text{ Gb} + 60\frac{2}{3} \text{ Bl.}$
  - 27) 10 - 40 -  $46 \text{ R} + 53\frac{1}{3} \text{ Gr} = 41 \text{ W} + 61 \text{ S.}$
  - 28) 10 - 50 -  $62 \text{ R} + 36\frac{2}{3} \text{ Gr} = 29 \text{ Gb} + 71 \text{ S.}$
  - 29) 11 -  $36 \text{ Gb} + 23\frac{1}{3} \text{ Gr} + 40 \text{ Bl} = 44 \text{ W} + 57 \text{ S.}$
  - 30) -  $34\frac{2}{3} \text{ Gb} + 14\frac{2}{3} \text{ Gr} + 49\frac{1}{3} \text{ Bl} = 40 \text{ W} + 60 \text{ S.}$
  - 31) 11 - 15 -  $36 \text{ Gb} + 64 \text{ Bl} = 38 \text{ W} + 62 \text{ S.}$
  - 32) 11 - 30 -  $32 \text{ Gb} + 68 \text{ Bl} = 32 \text{ W} + 68 \text{ S.}$
- In  $48 \text{ Gb} + 52 \text{ Bl} = 48 \text{ W} + 52 \text{ S}$  war jene Seite zu gelb und zu dunkel.
- 33)  $34\frac{2}{3} \text{ Gb} + 65\frac{1}{3} \text{ Bl} = 35 \text{ W} + 65 \text{ S.}$

$$34) \quad 28 \text{ Gb} + 72 \text{ Bl} = 29 \text{ W} + 71 \text{ S.}$$

$$35) \quad 12 \text{ Uhr: } 35\frac{1}{3} \text{ Gb} + 64\frac{2}{3} \text{ Bl} = 38 \text{ W} + 63 \text{ S.}$$

Zu dieser Zeit schien ihm das Lilasehen sehr schwach. Das prismatische Spectrum der Strontianflamme zeigte 3 Farben: Roth, gelbliches Rosa (die breiteste), Violet (die schmalste); beim Einschalten eines gelben Glases 2 Farben: einen schmalen rothen Streifen und „gelbliches Lila“; beim Einschalten dreier auch kein Roth mehr, sondern nur eine Farbe: „stärkeres Violet mit durchscheinendem Gelb“, das jetzt schmäler geworden sei; von der Kochsalzflamme zeigte sich blass Orange und durch 3 gelbe Gläser: „mehr Rothviolet darüber, so dass Violet vorherrscht mit einem Stich ins Gelbe.“ Auch die reine Alkoholflamme erschien erst einfarbig und durch die 3 gelben Gläser dunkler violet, beim genauen Ausziehen jedoch erschien auch Grün und Gelb, so dass das ungenane Vorhalten des Prismas möglicherweise bei diesen Angaben influiert hat; nie jedoch kann durch die 3 gelben Gläser violettes Licht dringen, wie es erschienen — ein merkwürdiger Versuch, der den Uebergang des Gelbsehens durch Lichtschwäche in Violetsehen zeigt. Dr. Eggel hielt die Gläser, die er im lichtdichten, ziemlich wenig durch die Spiritusflammen erleuchteten Zimmer nicht sehen konnte, demnach für blaue, die ich gar nicht besass.

Bei Tageslicht war um 1 Uhr die dreigliedrige Seite in Gleichung 24 zu hell und grün geworden. Das Gelbsehen schien schwach, fast ohne Violetsehen; möglicher Weise influenzirte die Abnahme nun auch auf die Veränderung. Bei einer Wiederholung fand sich nämlich das Spectrum der Strontianflamme, weitest ausgezogen, bestehend aus 2 Theilen Roth, 10 Theilen Rothgelb,  $1\frac{3}{4}$  Theilen Grün,  $1\frac{1}{4}$  Theilen Blau, beim Einschalten dreier gelber Gläser aus 2 Farben Roth (das stets durch eine breite Linie getrennt ist) und Gelb, das mehr Rothlila jetzt erscheint. Die (schlechte) Kochsalzflamme ergab 10 Theile Gelb,  $2\frac{1}{3}$  Theile Grün,  $2-2\frac{1}{2}$  Theile Blau und eine unbestimmte Zone, durch ein gelbes Glas blass Gelb (dunkleres) und durch 3 gesehen, wurde die eine übrig gebliebene Farbe „röther“. Wurde das Spectrum wenig ausgezogen, so sind die einzelnen Farben ihm gar nicht sichtlich, blass gelb, während Anderen die einzelnen Farben nur schmäler scheinen.

Es wurden danach noch folgende Gleichungen bestimmt:

$$36) \quad 1 \text{ Uhr } 45 \text{ Min. } 30\frac{2}{3} \text{ Gb} + 69\frac{1}{3} \text{ Bl} = 34 \text{ W} + 66 \text{ S.}$$

$$37) \quad 30 \text{ Gb} + 2\frac{2}{3} \text{ Gr} + 66\frac{2}{3} \text{ B} = 34 \text{ W} + 66 \text{ S.}$$

$$38) \quad (37\frac{1}{3} \text{ Gb} + 60\frac{2}{3} \text{ B}) = 37 \text{ W} + 59 \text{ S} + 6 \text{ R}(*).$$

$$39) \quad 2 - 30 - 38\frac{2}{3} \text{ R} + 33\frac{1}{3} \text{ Gr} + 27\frac{1}{3} \text{ B} = 24 \text{ W} + 76 \text{ S.}$$

Um 3 Uhr passte dieselbe Gleichung auch noch, und Weiss wurde für Gelb gehalten; Violetsehen nicht bemerkt.

$$40) \quad 31\frac{1}{3} \text{ Gb} + 68 \text{ B} = 35 \text{ W} + 65 \text{ S.}$$

$$41) \quad 61\frac{1}{3} \text{ R} + 38\frac{2}{3} \text{ Gr} = 20 \text{ W} + 66 \text{ S} + 14 \text{ Gb.}$$

$$42) \quad 58\frac{2}{3} \text{ R} + 41\frac{1}{3} \text{ Gr} = 28 \text{ Gb} + 38 \text{ B} + 35 \text{ S.}$$

Die Gleichung 11, welche am Morgen vor dem Einnehmen galt, passte nicht. Die

\*) Wohl durch Verschiebung der Scheiben so ungenau ausgefallen.

Farbentäuschung bestand noch, wenngleich sich Dr. Eggel auf dem Heimweg nur mit Mühe davon überzeugen konnte.

Dr. Eggel schrieb sich unterdessen folgende Bemerkungen auf, die ich mir als ein unbeabsichtigtes Zeugniß mitzutheilen erlaube: „Unangenehme Empfindungen im Magen. Weisse Wolken erscheinen gelb, der Himmel grünlich blau, braune Möbel wie mit Lila überzogen, ebenso gelbe Gegenstände, besonders Messing und Gold, hellgrün, doch nur bei hellem Licht, strohgelbes Papier im Halblicht rosa. Bei vollem Licht waren die braunen nicht merklich anders.“

Hellgrüne Papierscheiben bei vollem Licht gelbgrün, im Halblicht blaugrün, im Schatten entschieden hellblau. Ein anderes dunkleres Grün an einer Stickerei dagegen grün mit Lila. Ultramarinblau erscheint grün und zwar verhältnismässig heller als das Blau. Weiss erscheint mir im Halbschatten lila, ein sehr hell von der Sonne beschienenes Stück Papier gelbgrün.

Um  $10\frac{3}{4}$  Uhr verliert es sich etwas, besonders an dem Lila zu bemerken, wozu vielleicht beitragen mag, dass die Beleuchtung etwas dunkler wurde; bald wird es wieder mehr hervortretend. Besonders auffallend tritt das Violet als Lila an den dunkelbraunen Mahagonimöbeln hervor, wo sie etwas beschattet sind. Grau erscheint gelblichgrün, im Halbschatten dagegen lila.

Um  $11\frac{1}{2}$  Uhr bei Sonnenschein traten die Erscheinungen bedeutend zurück, besonders das Gelbsehen; das Lila zeigt sich noch. Ebenso erscheint das Hellgrün noch blau, das Gelbe rosa, das Blau heller und grünlich. Carminrot noch etwas gelblich und im Schatten mit einem Stich ins Lila.

Um  $11\frac{3}{4}$  Uhr. Selbst in starkem Schatten erscheint das Grün nicht mehr wie Blau und das Gelb wie Rosa. Von gelber Färbung fast nichts mehr zu bemerken, von Lila an den Möbeln und den gelben Metallen noch etwas.“

Dass die Farbentäuschung noch sehr ausgesprochen, und diese scheinbare Abnahme durch die Gewöhnung verursacht wurde, lehrte sogleich die Untersuchung im lichtdichten Zimmer.

Der graphischen Darstellung dieses Falles haben wir nicht die durchschnittlichen, sondern die für Hrn. Dr. Eggel dazumal etwas abweichenden Fundamentalgleichungen zu Grunde gelegt, nach denen sich das fundamentale Grau mit dem Coëfficienten  $4\frac{1}{6}$  in 5 statt in 19, und das fundamentale Gelb zwischen 6 und 12 mit dem Coëfficienten 2,9 befand. (Man vergleiche die Gleichungen 5, 6 und 12 oben.) Fig. 2 ist hierzugehörig.

Dieser Versuch wurde so angestellt, weil, wenn nach dem ersten Falle der graue Punkt nur einfach wandere, sich dies durch andere Gleichungen mit denselben Farben müsse bestätigen lassen, gerade so wie bei der Feststellung des fundamentalen Grau eine Controlle dadurch versucht und die Sicherheit (wenn auch nur annähernd wegen der Ungleichmässigkeit der Beleuchtung) nach-

gewiesen wurde. Allein schon die 3te Gleichung nöthigt uns, wie sich bei der Berechnung zeigt, diese Annahme fallen zu lassen, und den zweiten Fall, das Auftreten von Farbenlinien, für den richtigen gelten zu lassen. Denn nur dann, wenn ein schwarzer Punkt, so wie die Linien gleicher Farbe, in der Tafel liegt, kann eine Farbe a ein dunklerer Ton der Farbe b sein, wie es in dieser Gleichung nach Anbringung der Correction gefordert wird. Sie heisst dann:

$$92,8 \text{gb} + 37 \text{Bl} = 52\frac{2}{3} \text{R} + 47\frac{1}{3} \text{Gr} + 29,8 \text{S}$$

und bestimmt einen schwarzen Punkt in (25).

Die vorhergehende Gleichung bestimmt uns ein Grau in 23. Sind beide Gleichungen gleichzeitig gültig, so geht die graue Linie von (25) durch 23. Ziehen wir sie, so kommen wir durch das fundamentale Grau, zum Zeichen, dass beide Annahmen richtig, die erste (man vergleiche den vorigen Versuch), dass die fundamentale Gleichung für Grau (wenigstens im Anfang der Narkose) gültig bleibt, und die zweite, dass die Gleichungen 24 und 25 gleichzeitig galten. Wir übergehen Gleichung 26, die in derselben Gegend einen schwarzen Punkt anweist, und entsprechende, die nur zur Controlle bei Voraussetzung des ersten Falles dienen sollten, und, wie sich schon oben gezeigt, zur Berechnung sich nicht eignen, weil bei den grossen Werthen und den doppelten Correctionen von W und Gb sich die wahrscheinlichen Fehler zu sehr häufen.

Die Gleichung 27 zeigt uns 20 Minuten darauf einen grauen Punkt in 27, der, möglicherweise nur durch einen Fehler, von der grauen Linie etwas nach Roth abweicht. Allein Gleichung 28 \*)

\*) Durch Correction erhalten wir nämlich aus 28:

$$62 \text{R} + 36\frac{2}{3} \text{Gr} = 29 \text{Gb} + 71 \text{S} = 84 \text{gb} + 16 \text{S},$$

indem das Schwarz, der Zustand der Erregungslosigkeit, die Farbennull, stets nur als Ausfüllung dient, um beide Seiten auf gleiche Theile zu bringen, wodurch ja auch in Gleichung 25 bei der Correction Schwarz auf die andere Seite der Gleichung kommt. Dass diese Auffassung die richtige, wäre durch einen Versuch nachgewiesen zu sehen wünschenswerth. Er liegt hier vor.

Würde man beim Corrigiren das Schwarz nicht angemessen reduciren, so hätte man:  $62 \text{R} + 36\frac{2}{3} \text{Gr} = 29 \text{Gb} + 71 \text{S} = 84 \text{gb} + 71 \text{S}$  und es siele der schwarze Punkt auf α. Unter derselben Annahme wäre aber auch Gleichung 25:

weist uns dann schlagend einen schwarzen Punkt in (28) nach, der andererseits mehr dem Bl zugewandt ist als (25), so dass sich der schwarze Punkt und mit ihm die Farbenlinien zu bewegen scheinen. Als Probe ziehe man sich von 27 durch 5 die graue Farbenlinie; sie schneidet die gelbe fast genau in dem neuen schwarzen Punkt, etwas noch mehr vom ersten abweichend in (28)\*), welche kleine Fehler man sich durch die Veränderung der Beleuchtung erklären könnte, oder schon durch die Ungenauigkeit der Methode selbst.

Die nächsten Gleichungen 29, 30 und 32 bestimmen uns neue graue Punkte, die zum Beweis, dass der Zustand von 10 Uhr 40 Min. bis 12 Uhr einen Stillstand erreicht hatte, und zum Zeugniss, dass die Lage der grauen Linie wirklich eine andere geworden

$$99 \text{ gb} + 37 \text{ Bl} + 32 \text{ S} = 52\frac{2}{3} \text{ R} + 47\frac{1}{3} \text{ Gr}$$

und der schwarze Punkt (25) fiel auf die andere Seite von a jenseits b, von b 0,7mal das Fundamentalmaass, die Strecke R Gr, entfernt. Da nun 24, 27 und 29 einen schwarzen Punkt in der Nähe der Linie R Bl verlangen, so müsste der schwarze Punkt im Lauf von je 10 Minuten jedesmal über die ganze Tafel im Zickzack hin- und hergehen. Dem entsprechend müsste fortwährend eine Veränderung in der Farbentäuschung vor sich gegangen sein, der Art, dass Schwarz bald für Violet, bald für Gelbgrün wäre gehalten worden, und Weiss umgekehrt ausgesehen habe.

Da aber die Farbentäuschung in der ganzen Zeit dieselbe blieb, ein Lilasehen dunkler und ein Gelbsehen weisser Dinge, so widerlegt dies diese Art der Berechnung hinlänglich. Die Bemerkungen des Dr. Eggel und das Resultat seiner Untersuchung legen dafür Zeugniss hinlänglich ab.

\*) Während es als Controle von Werth, dass die graue Linie die gelbe dicht beim schwarzen Punkt schneidet, ist es unwesentlich, wenn unter der Annahme, dass in 5 und gb die anfängliche Farbe und zwar von derselben Stärke geblieben sei, und dass ferner die Stärke einfach dem Wege proportional sei, sich aus den Gleichungen 27 und 28 zwei dicht beim schwarzen Punkt (28) liegende (27) und (28) berechnen lassen. Denn berechnet man nach der Annahme, dass in 5 Grau von 24% Weiss geblieben, aus den Gleichungen 23, 29, 30 die schwarzen Punkte, so müssten sie auf den grauen Linien viel näher liegen in  $\beta\gamma\delta$ . Es folgt daraus, dass in 5 während des Verlaufs nicht mehr ein Grau von 24% Weiss geblieben.

Man darf also die nach der Annahme constanter Stärke von Weiss im fundamentalen Grau, aus Gleichungen von der Art z. B.  $a \text{ R} + b \text{ Gr} = c \text{ W} + d \text{ S}$  berechneten schwarzen Punkte ohne Weiteres wohl unter sich, aber nicht mit anderen vergleichen.

ist, nicht auf der ersten grauen Linie (25), 5, 23, sondern auf der zweiten (28), 32, 5, 30, 29, 27 liegen, eher noch etwas mehr nach Roth abweichen; während uns die Gleichungen 31, 33, 34, 35 zeigen, wie unsicher die genaue Bestimmung einer Farbe in der Nähe des fundamentalen Grau wird. Dass übrigens die graue Linie ihre Lage verändert, wurde direct erwiesen durch Herstellung der Gleichung 23, die jetzt nicht mehr passte, sondern auf der dreigliedrigen Seite ein ins Grün stechendes Grau zeigte, was damit vollkommen in Uebereinstimmung, dass 23 von der zweiten grauen Linie nach dem Gr hin entfernt liegt. Zur selben Zeit verwechselte Hr. Dr. Eggel ein lichtschwaches Grün mit Violet, und alle Farben gingen ihm durch Abschwächung in Violet (statt in Schwarz) über.

Nachmittags endlich fand sich eine dritte graue Linie ein, wie sie durch die Gleichungen 36, 37 und 39 bestimmt wird, durch die Punkte 36, 37, 39 gehend. Dass sie ein wenig vom fundamentalen Grau abweicht, kann bedingt sein durch eine natürliche Abweichung desselben wegen der Veränderung der Beleuchtung oder durch eine Abweichung, die von der Narkose (von der Verkürzung des Spektrums) abhängig ist.

Gleichung 42 endlich weist uns einen 4ten schwarzen Punkt in grösserer Ferne nach, was in Uebereinstimmung mit dem äussern Anschein auf einen Rückgang der Narkose schliessen lässt, da doch der zweite schwarze Punkt der grauen Region näher lag als der erste. Aeusserer Umstände wegen liess sich der Versuch nicht weiter fortsetzen.

Dieser Versuch beweist also schlagend, dass der Farbenkörper des Santonisirten eine ebene Figur ist, und dass diese Figur während des Rausches sich ändert.

XLVIII. Hr. Dr. med. L. bekam nach einigem Bedenken, da er angab, oft an Kopfschmerzen zu leiden, um 10 Uhr 20 Min. die gewöhnliche Menge, wonach er bald ein Gefühl im Leibe zu haben behauptete und Kollern.

Um 10 Uhr 36 Min. stellte sich Gelb- und Violetsehen ein, jedoch passte dieselbe Gleichung, die wir gemeinsam vor dem Einnehmen bestimmten, auch jetzt noch:

$$43) \quad 46 R + 28\frac{2}{3} Gr + 25\frac{1}{3} B = 24 W + 76 S.$$

$$44) \quad \text{Um 11 Uhr 8 Min. fand sich endlich: } 14 R + 86 B = 6 Gr + 94 S.$$

$$45) \quad 12 - 10 - \qquad \qquad \qquad 61 R + 40 Gr = 25 Gb + 75 S,$$

welche auch um 12 Uhr 40 Min. noch galt.

Um 11 Uhr entstand starke Uebelkeit und Benommenheit; jene schwand, wie stets, analog der nach zu starken Cigarren, durch ein Frühstück. Benommenheit und Kopfschmerz nahmen stetig zu; Hr. Dr. L. war sehr lass, dabei jedoch seine Lustigkeit ungetrübt und sein Farbenurtheil ungemein scharf, gewiss ein sicheres Zeichen, dass bei ihm so wenig, wie bei irgend einem seiner Vorgänger, im Santonibrausch die geistigen Fähigkeiten mitlitten.

Um 1 Uhr wollte es nicht gelingen, zwischen Gelb und Blau einerseits und Schwarz und Grün andererseits eine Gleichung zu finden.

Nach Tisch kam er in jeder Beziehung restaurirt wieder; hatte jedoch noch etwas Kopfschmerzen. Die Farbentäuschung war sehr schwach. Eine Gleichung zwischen Schwarz und 3 anderen Farben liess sich nicht herstellen.

$$46) \quad 5 \text{ Uhr } 20 \text{ Min. } 47\frac{1}{3} \text{ R} + 35\frac{1}{3} \text{ Gr} + 17\frac{1}{3} \text{ Bl} = 26 \text{ W} + 74 \text{ S.}$$

$$5 - 40 - 34\frac{2}{3} \text{ Gb} + 8 \text{ Gr} + 57\frac{1}{3} \text{ Bl} = 36\frac{1}{2} \text{ W} + 63\frac{1}{2} \text{ S,}$$

worin doch der dreigliedrige Theil entschieden grüngelb war.

Um 6 Uhr passte dieselbe Gleichung noch und ebenso:

$$48) \quad 48 \text{ R} + 34\frac{2}{3} \text{ Gr} + 17\frac{1}{3} \text{ Bl} = 25 \text{ W} + 75 \text{ S,}$$

während jetzt in 46 der zweigliedrige Theil ihm zu roth schien.

$$49) \quad 6 \text{ Uhr } 30 \text{ Min. } 47\frac{1}{3} \text{ R} + 33\frac{1}{3} \text{ Gr} + 19\frac{1}{3} \text{ Bl} = 23 \text{ W} + 77 \text{ S.}$$

Bei der Berechnung die Fundamentalgleichungen zu Grunde zu legen, würde ungenaue Resultate geben, da an dem Tage dem Hrn. Dr. L. wie mir das fundamentale Grau nach 43 abgewichen war. Es wird genauer sein, wenn wir 43 und 47 als Punkte von Grau und Gelb ansehen, was übrigens nur wenig Einfluss hat.

In diesem Falle finden wir also wieder 2 schwarze Punkte in der Tafel, und zwar an 2 verschiedenen Orten, erst in (44) in der Nähe des blauen Fundamentalpunktes, einen zweiten dann in (45) mitten in der grauen Region, woselbst er mindestens  $\frac{1}{2}$  Stunde blieb.

Nach Tisch dagegen war zwar noch schwache Farbentäuschung da, der Farbenkörper jedoch keine ebene Figur mehr, sonst hätte S mit 3 Farben eine Gleichung geben müssen. Andererseits lehren die Gleichungen für Grau, dass der Farbensinn noch nicht normal, da sein Ort vom Normalen abwich und sichtlich von 46 nach 48 und 49 wanderte, während sich gleichzeitig Gelb durch Gleichung 47 in Punkt 47 bestimmt.

Dieser Fall lehrt uns, dass bei bestehender Farbenverwechslung die Fundamentalgleichung für Grau anfangs gültig bleibt, und schliesslich durch ihr Abweichen die Farbentäuschung aus anderem Grunde (wenn auch im geringen Grade) bestehen bleibt, nachdem

schon der Farbenkörper eine ebene Figur zu sein aufgehört hat (man vergleiche Fig. 1.).

IL. 4. August 1860. Morgens 8 Uhr hatte Fräulein A. die Aufopferung, einen halben Skrupel santonsauren Natrons nüchtern zu nehmen. Nach 6 Minuten bestand bereits die Farbentäuschung! Nach einer halben Stunde versuchte sie zu frühstücken, hatte jedoch keinen rechten Appetit, so dass sie sehr wenig ass. Da Fräulein A. durch zahlreiche frühere Versuche in der Bestimmung der Farbengleichungen geübt war, bestimmte sie schnell um

$$50) \quad 8 \text{ Uhr } 37 \text{ Min.: } 16 \text{ R} + 84 \text{ B} = 12\frac{1}{2} \text{ Gr} + 87\frac{1}{2} \text{ S.}$$

In dem Spectrum eines zweiten Gitters, welches, obgleich schlechter, von jetzt ab gebraucht werden musste, weil Ihr. Prof. Dove das erste, was er mir wiederholt zu leihen die grosse Güte gehabt, nicht entbehren konnte, bemerkte Frl. A. folgende Farbenfolge vom Wallrathlicht ab: Schwarz; Grünblau; „Hell, d. h. eine Farbe dazwischen, ein Weiss“; Roth; Schwarz; Grünblau; Hell; Roth; Schwarz; Grün; Roth; Schwarz; Grün; Roth; Schwarz; rother Schimmer; Schwarz; rother Schimmer; Schwarz — während sonst nur 2 schwarze Zwischenräume bemerklich sind.

Um 9 Uhr bekam Frl. A. Brechneigung, welche jedoch vollständig schwand, als sie auf meinen Rath ein zweites Milchbrod ass, obgleich sie dagegen Abneigung hatte.

Um 10 Uhr passte folgende Gleichung fast genau:

$$51) \quad 25\frac{1}{3} \text{ R} + 74\frac{2}{3} \text{ Bl} = 5\frac{1}{2} \text{ Gr} + 94\frac{1}{2} \text{ S,}$$

deren ganz genaue Bestimmung leider unterbrochen wurde.

$$52) \quad 10 \text{ Uhr } 37 \text{ Min.: } 64 \text{ R} + 36 \text{ Gr} = 47\frac{1}{2} \text{ gb} + 52\frac{1}{2} \text{ S.}$$

Roth und Blau konnte vorher weder mit Weiss und Schwarz, noch mit Schwarz und Gelb gleichgemacht werden. Schon 10 Minuten darauf passte diese Gleichung nicht mehr.

$$53) \quad 10 \text{ Uhr } 50 \text{ Min.: } 61\frac{1}{3} \text{ R} + 38\frac{1}{3} \text{ Gr} = 19 \text{ Gb} + 81 \text{ S.}$$

$$54) \quad 11 - 50 - 62 \text{ R} + 38 \text{ Gr} = 17 \text{ Gb} + 83 \text{ S.}$$

$$55) \quad 12 - 7 - 27 \text{ W} + 73 \text{ S} \left\{ \begin{array}{l} = 27\frac{1}{3} \text{ Gb} + 72\frac{2}{3} \text{ Bl} \\ = 28 \text{ Gb} + 72 \text{ Bl.} \end{array} \right.$$

Gegen 2 Uhr dagegen glich Weiss und Schwarz keinem Gemisch von Roth mit Blau oder Grün oder von Blau mit Grün. Dagegen fand sich:

$$56) \quad 42\frac{2}{3} \text{ R} + 33\frac{1}{3} \text{ Gr} + 24 \text{ Bl} = 24 \text{ W} + 76 \text{ S,}$$

was mir nicht ganz stimmte, und nach dem Essen um

$$57) \quad 3 \text{ Uhr } 20 \text{ Min.: } 44\frac{1}{3} \text{ R} + 29\frac{2}{3} \text{ Gr} + 26 \text{ Bl} = 20 \text{ W} + 80 \text{ S,}$$

was mir auch stimmte. Von 12 $\frac{1}{2}$  Uhr ab konnte Frl. A. nichts mehr von der Farbentäuschung bemerken, um welche Zeit bis auf den eigenen Geschmack Nichts mehr von der Wirkung übrig geblieben war. Auch bei Tisch glaubte Frl. A. denselben noch zu haben und noch nach Tisch zu bemerken.

Die Wirkung war also in diesem Fall bemerkenswerth heftig und vergänglich. Uebrigens zeigt er deutlich, dass der Geschmack

der Santonisirten durch die Narkose bedingt und kein blosser Nachgeschmack sei. In keinem Fall von Genuss des santonsauren Natrums war dieser Geschmack so aufgefallen. Während man beim Santonin annehmen kann, dass etwas Pulver an der Zungenwurzel haften geblieben trotz alles Ausspülens, kann man dies bei dem so sehr leicht löslichen Salz nicht, um so weniger, wenn, wie hier, mehr als eine Stunde ohne Geschmack vergeht, und derselbe selbst nach dem Essen noch sich bemerklich macht, ohne dass dabei das geringste Aufstossen vorhanden.

Gleichungen aus Schwarz mit den 3 Grundfarben, so lange es eben geht, zu bestimmen, hat mehrere Vorzüge. Indem die nach dem Durchschnitt bestimmten und daher nie ganz genau passenden Correctionen fortfallen, wird die Berechnung des schwarzen Punktes fehlerfreier und einfacher. Zugleich lassen sich diese Gleichungen, da sie zu den dunkleren gehören, leichter bestimmen, und sind für den Beobachter die überraschendsten.

Vier Stunden war hier also der Farbenkörper eine ebene Figur. Man sieht den schwarzen Punkt zuerst in (50), von da nach (51), (52), (53), (54) und (55) wandern. Dann verschwand er, was abgesehen von den Angaben nothwendig aus dem Umstand folgt, dass kein Punkt des Dreiecks noch grau erschien.

Nichts destoweniger war das Gesicht noch nicht normal, indem anfangs noch das fundamentale Grau nach Gelbgrün abgewichen, was mit der bedeutenden Verkürzung des Spektrums zusammenhangt, und nicht mit etwaiger Veränderung der Beleuchtung. Auf Rechnung dieser kommt es, wenn dem Fräulein A., wie mir, Grau in 57 lag; wurde es vorher in 56 bestimmt, so war es noch Folge der Narkose, da diese Bestimmung für Andere nicht passend war.

Wie im vorigen Fall überdauert also die Abweichung des Grau das Auftreten des schwarzen Punktes. (Vgl. Fig. 1., wo der Marsch des schwarzen Punktes ausgezogen ist.)

L. Zum nächsten Versuch fand sich Hr. Dr. Zöllner bereit, der, was um so angenehmer, seit längerer Zeit mit photometrischen Versuchen beschäftigt, ein sehr geführter Beobachter von Licht- und Farbdifferenzen ist. Zugleich stand in seinem lichtdichten Zimmer ein sowohl in Farbe als Helligkeit constanter Licht-

quell zur Disposition, bestehend aus Gaslicht, welches aus separatem Gasometer unter constantem Druck so gleichmässig ausströmt, dass das Fadenkreuz im controllirenden Fernrohr eben nur zur Beruhigung des Beobachters statt zur Regulation dient, oder zur Herstellung desselben Lichtes nach längerer Zeit. Es fällt damit in diesem Versuch alle Unsicherheit fort, die den früheren aus dem Fortschritt der Sonne und der Unregelmässigkeit der Witterung möglicherweise in verschiedenem Grade anhaftet. Endlich hat der Verlauf deshalb grosses Interesse, weil beide Augen desselben schon so Farbendifferenzen wahrnehmen, z. B. beim Vergleich eines doppelt gesehenen Streifens Papier, der dem rechten Auge röthlich, dem linken heller und grösser erscheint.

Bei Feststellung aller Gleichungen befand sich der unbewegliche Kreisel fast dicht unter dem constanten Lichtquell', an dessen Schirm vorbei stets auf denselben dem Licht zugewandten Sector visirt wurde, so dass bei der festen Stellung des Beobachters beide Pupillen stets gleiche Mengen reflectirten Lichtes empfingen. Dabei musste möglichst schnell rotirt werden, was schon 1500 Mal in der Minute ging.

Mit welchem Auge jedesmal eine Gleichung dargestellt, wird mit r oder l (links) angeführt werden und in der Klammer das Urtheil des anderen Auges darüber nachfolgen. Als Grundlage ergab sich:

- 1) r.  $39\frac{1}{2} R + 36 \text{ Gr} + 24\frac{2}{3} \text{ Bl} = 24 \text{ W} + 76 \text{ S}$  (diese Seite grüner)
- 2) l.  $37\frac{1}{3} R + 38\frac{1}{3} \text{ Gr} + 24\frac{1}{3} \text{ Bl} = 24 \text{ W} + 76 \text{ S}$  (diese Seite zu röthlich)
- 3) r.  $39\frac{1}{6} \text{ Gb} + 3\frac{1}{6} \text{ Gr} + 57\frac{2}{3} \text{ Bl} = 43\frac{1}{2} \text{ W} + 56\frac{1}{2} \text{ S}$ .

Nachdem seit dem Frühstück über 4 Stunden theils im Reisewagen, theils bei den Vorbereitungen vergangen waren, wurde um 10 Uhr ein halber Skrupel santonsauren Natrons genommen mit etwas Wasser, das zugleich zum Hinabspülen etwaiger Reste benutzt wurde.

Nach 9 Minuten gewann die waldige Umgegend ein Ansehen „wie durch Chlorgas hindurch“. Dabei färbte sich sein Gesichtsfeld, auch als er es im lichtdichten finsternen Zimmer bei geschlossenen Lidern mit den Hohlhänden (um keinen Druck auszuüben) gegen jeden Lichteinfall schützte, schnell intensiv violet, mit ebenso schneller Abnahme. Dies subjective Violetsehen hörte jedoch schon um 10 Uhr 15 Min. auf. Dann fand sich:

- 4) 10 Uhr 22 Min. r.  $7\frac{1}{3} R + 92\frac{2}{3} \text{ Bl} = 3 \text{ Gr} + 97 \text{ S}$  (dort zu röthlich)
- 5) l.  $\frac{8}{15} R + 99\frac{7}{15} \text{ Bl} = 3 \text{ Gr} + 97 \text{ S}$ , was um 10 Uhr 30 Min. dem linken Auge schon nicht mehr passte.

- 6) 10 Uhr 35 Min. r.  $6\frac{1}{3} R + 93\frac{2}{3} \text{ Bl} = 3 \text{ Gr} + 97 \text{ S}$  (sehr genau)

Mit dem linken Auge las er die Leseprobe, die in gewisser Lage zum Licht stets blieb, von  $3\frac{1}{2}$ — $7\frac{1}{2}$  Zoll, mit dem rechten kann sie überhaupt nicht gelesen werden. Sie besteht in dem Vaterunser und den 10 Geboten, die auf Sechzersgrösse gestochen sind. Dabei war er jetzt lass, fühlte sich sehr unangenehm, was um 9 Uhr 47 Min. sich besserte. Blausehen gering, starkes Gelbsehen; eigenthümliches Gefühl von Wärme in den Händen. Während er die erste halbe Stunde trotz Befragen keinen Nachgeschmack hatte, schmeckte ihm jetzt Wasser intensiv bitter.

Dabei bemerkte er, fortwährend einen Geruch zu haben, wie nach Veilchenwurzeln, jedoch nur beim Luftaufziehen.

- 7) 11 Uhr 11 Min. r.  $38 \text{ Gb} + 62 \text{ S} = 44 \text{ Gr} + 56 \text{ R}$  (dort grün, hier roth)
  - 8) 11 -  $16\frac{1}{2}$  - r.  $39 \text{ Gb} + 61 \text{ S} = 48\frac{2}{3} \text{ Gr} + 51\frac{1}{3} \text{ R}$  (dort zu hell u. zu grün).
- Jene Seite schien schon um 11 Uhr 22 Min. zu gelb, ebenso um 11 Uhr 45 Min.
- 9) 11 Uhr 50 Min. r.  $36\frac{1}{2} \text{ Gb} + 64\frac{1}{2} \text{ S} = 55\frac{1}{3} \text{ R} + 44\frac{2}{3} \text{ Gr}$  (dort heller, hier röther).

Er befand sich jetzt sehr viel wohler. Im Gitterspectrum (dem zweiten) sah er den 4ten Zwischenraum undeutlich, die Farbenbänder bestanden aus Grün, Gelb, Roth; beim Einschalten des dunkel- und des hellblauen Glases dagegen je 4 rothe und „blaue“ Flammen. Das Gelb war jedoch nur eine feine Linie.

Um 12 Uhr 30 Min. verhielten sich beide Augen noch ebenso zur letzten Gleichung, wie dort bemerkt.

- 10) l.  $36\frac{1}{2} \text{ Gb} + 64\frac{1}{2} \text{ S} = 52 \text{ R} + 48 \text{ Gr}$  (ungleich hell).

Um 12 Uhr 40 Min. war der Geruch nach Veilchenwurzeln schwach. Jeder Ansatz zwischen Roth und Blau einerseits und Weiss und Schwarz andererseits blieb dort blau und hatte hier einen Stich ins Olivengrüne. Die Leseprobe wurde von  $3\frac{1}{2} - 7$  Zoll gelesen. Er befand sich ganz wohl. Wasser schmeckte bitter. Die Brühe sah bei Tisch rosa aus.

- 11) 1 Uhr 52 Min. r.  $51\frac{1}{3} \text{ R} + 48\frac{2}{3} \text{ Gr} = 37\frac{1}{2} \text{ Gb} + 62\frac{1}{2} \text{ S}$  (dort grau, h. orange)
  - 12) 2 - 30 - r.  $53\frac{2}{3} \text{ R} + 46\frac{1}{3} \text{ Gr} = 37\frac{1}{2} \text{ Gb} + 63 \text{ S}$  (d. röthl., h. dunkler)
  - 13) 2 - 41 - l.  $55\frac{1}{3} \text{ R} + 44\frac{2}{3} \text{ Gr} = 38 \text{ Gb} + 63 \text{ S}$  (h. zu dunkel)
  - 14) 3 - 23 - r.  $56\frac{1}{3} \text{ R} + 43\frac{2}{3} \text{ Gr} = 40\frac{1}{2} \text{ Gb} + 60 \text{ S}$  (d. zu roth u. zu hell)
  - 15) 3 - 44 - r.  $47 \text{ R} + 53 \text{ Gr} = 31\frac{1}{2} \text{ W} + 68\frac{1}{2} \text{ S}$  (h. hell und gelb)  
3 - 52 - Leseprobe von  $3\frac{1}{2} - 8$ .
  - 16) 4 - r.  $48\frac{5}{6} \text{ R} + 51\frac{1}{6} \text{ Gr} = 31\frac{1}{2} \text{ W} + 68\frac{1}{2} \text{ S}$
  - 17) 4 - 30 - r.  $49\frac{1}{3} \text{ R} + 50\frac{2}{3} \text{ Gr} = 33 \text{ W} + 67 \text{ S}$
  - 18) 5 - 37 - r.  $49\frac{1}{3} \text{ R} + 50\frac{2}{3} \text{ Gr} = 31\frac{1}{4} \text{ W} + 68\frac{1}{4} \text{ S}$  (dort gelber dunkler).
- Der Fehler, der hierin dem linken Auge bemerklich war, liess sich nicht corrigen; ebenso wenig aber liess sich zwischen W + S einerseits und R + Bl oder Bl + Gr andererseits eine Gleichung aufstellen für dieses Auge.

Es folgt daraus, dass jetzt ( $5\frac{3}{4}$  Uhr) für das linke Auge die graue Farbenlinie nicht mehr in der Farbentafel lag, wohl aber noch für das rechte. Dem entsprach es, dass er an der Flamme eines Wallrathlichtes mit dem linken Auge den ganzen blauen Rand sah, mit dem rechten nur einen sehr lichtschwachen, schmalen, seegrün gefärbten.

- 19) 5 Uhr 54 Min. r.  $50\frac{2}{3} \text{ R} + 49\frac{1}{3} \text{ Gr} = 32\frac{4}{5} \text{ W} + 67\frac{1}{5} \text{ S}$  (h. weiss, d. röthl. gelb)
- 20) 6 - 20 - r.  $50\frac{2}{3} \text{ R} + 49\frac{7}{9} \text{ Gr} = 31,2 \text{ W} + 68,8 \text{ S}$  (h. weiss, d. zu roth).
- 21) 6 - 32 - r.  $48 \text{ R} + 52 \text{ Gr} = 31,2 \text{ W} + 68,8 \text{ S}$ .

Da sich hier also für die eine Seite die Narkose soweit ermässigt, dass die eigenthümliche Farbenverwechslung aufgehört hat, war es interessant, die beiden Augen am Gitterspectrum zu prüfen, von dem ich mit ihm weder gesprochen noch das ich ihm gezeigt, außer das eine Mal vorhin bei bestehender Narkose. Bei dem ausgezeichneten Farbenurtheil und gutem Farbgedächtniss, welches in Folge langer Uebung vorhanden, bat ich damals den Anblick sich recht detaillirt einzule-

prägen zum Vergleich ausserhalb der Narkose, wo der Gegensatz alle Veränderungen um so deutlicher hätte hervortreten lassen, indem zwischenliegende Uebergänge vorenthalten wurden. Während ich nun die 3 letzten Gleichungen stellte, liess ich ihn zwischendurch das Gitter betrachten, indem ich, um das mir wesentlich scheinende zu verbergen, ihn inquirierte, mir über die Breitenverhältnisse der einzelnen Farben in den einzelnen Bändern genaue Angaben zu machen. Da diese Schätzungen durchaus nicht genau sein können, auch nur unter diesem Protest gemacht wurden, und sie eben nur die Aufmerksamkeit anspannen sollten, ohne ein Vorurtheil zu erregen, so will ich nur das Wesentliche aus dem Protokoll und das Abweichende ohne die Schätzungen mittheilen.

Mit dem linken Auge fiel zunächst auf, wie hell und „saftig“ alle Farben im Gitterspectrum jetzt erschienen, und dass jetzt 2mal Violet dörin sei, an der Grenze der Zwischenräume (nicht etwa die drei als Schimmer ganz ausfüllend). Ausserdem war das Gelb breiter als vorher und mehr verwaschen, vorhin präziser. Rechts dagegen war der Anblick, wie oben; der 4te Zwischenraum deutlich, der dem linken Auge beim Vergleich mehr verschwindet. Der blaue Schimmer, der links ein Drittel so breit als das Grün war, fehlte rechts vollständig. Man sieht daraus, dass auch das linke Auge, wenn auch die Farbenverwechslung fort, doch noch nicht ganz normalsichtig war. Leider stand nicht das früher benutzte Gitter zu Gebote, in welchem die Verkürzung des Spectrums durch Vermehrung der Zwischenräume sich deshalb besser ausspricht, weil dort in allen Farbenbändern das violette Ende breiter ist.

In der letzten Gleichung, die dem rechten Auge um 6 Uhr 35 Min. noch passte, war jene Seite dem linken zu röthlich, diese zu dunkel.

22) 6 Uhr 59 Min. r.  $46\frac{2}{3}$  R +  $53\frac{1}{3}$  Gr = 31,2 W + 68,8 S (l. hier zu dunkel und röthlich, um 7 Uhr schien sie zu gelb). Um 7 Uhr 10 Min. bemerkte er mit jedem Auge an der Wallrathflamme einen blauen Rand.

Abwechselndes Verhüllen verstärkte auf beiden Augen die Farbentäuschung, so jedoch, dass sie links schneller verschwand und mit geringerer Farbe eintrat. Obgleich das linke Auge schon ganz befreit gewesen war, konnte jetzt dennoch durch sein Bedecken und Offenhalten des rechten Auges nach Belieben bewirkt werden, dass die Umgegend im linken Gesichtsfeld ihr Colorit stärker gelb zeigte, als es im rechten offenen blieb.

23) 7 Uhr 20 Min. r.  $48\frac{2}{3}$  R +  $51\frac{1}{3}$  Gr = 37 W + 63 S.

Nachdem das rechte Auge 2 Minuten verhüllt war, erschien ihm diese Seite anfangs dunkler, während nach Offenhalten eine Minute hindurch jene Seite schwach grünlicher schien. Wiederum 2 Minuten verhüllt, erschien wieder diese Seite dunkler; nachdem das Auge eine Minute offen geblieben, waren beide Seiten der Gleichung gleich.

Um 7 Uhr 35 Min. bemerkte er mit dem linken Auge einen geringen blauen Schimmer an grauen Gegenständen, ebenso sehr schwach mit dem rechten. Die Sonne war eine halbe Stunde \*) zuvor untergegangen. Mit dem offenen rechten Auge ergab sich:

\*) Die Uhr ging um so viel nach.

$$24) \quad 7 \text{ Uhr } 42 \text{ Min. r. } 49\frac{1}{3} \text{ R} + 50\frac{2}{3} \text{ Gr} = 30\frac{1}{2} \text{ W} + 59\frac{1}{2} \text{ S.}$$

Mir war jene Seite natürlich schmutzig orange, und diese grau. Das rechte Auge wurde 2 Minuten verbüllt, konnte danach keinen Unterschied wahrnehmen — wegen der Dauer des Farbenurtheils und der Kürze des Einflusses.

Beim Fortgehen fiel das sehr veränderte Colorit des Himmels auf; sehr dunkelgrüne Blätter erschienen blau, wie Pflaumen.

Um 8 Uhr 43 Min. nach dem Abendessen:

$$25) \quad \text{r. } 49\frac{1}{3} \text{ R} + 50\frac{2}{3} \text{ Gr} = 32 \text{ W} + 68 \text{ S.}$$

$$26) \quad 8 - 55 - \text{r. } 36\frac{2}{3} \text{ R} + 32 \text{ Gr} + 31\frac{1}{3} \text{ Bl} = 18 \text{ W} + 82 \text{ S.}$$

$$27) \quad 9 - 7 - \text{l. } 49 \text{ R} + 51 \text{ Gr} = 32 \text{ W} + 68 \text{ S.}$$

Im Gitterspectrum war dem linken Auge der blaue Schimmer grösser, das Blau „deutlicher als je“, den 3ten Zwischenraum fast ausfüllend. Rechts dagegen war das Bläuliche blass; jedoch sei das Hervortreten des Blau eclatant.

$$28) \quad 9 \text{ Uhr } 30 \text{ Min. l. } 38 \text{ R} + 38 \text{ Gr} + 24 \text{ Bl} = 23\frac{1}{2} \text{ W} + 76\frac{1}{2} \text{ S.}$$

$$29) \quad \text{r. } 38 \text{ R} + 38 \text{ Gr} + 24 \text{ Bl} = 24 \text{ W} + 76 \text{ S.}$$

Die fundamentale Gleichung vom Morgen für das rechte Auge passte ebenfalls.

$$30) \quad 9 \text{ Uhr } 36 \text{ Min. r. } 48\frac{2}{3} \text{ R} + 51\frac{1}{3} \text{ Gr} = 31,2 \text{ W} + 68,8 \text{ S} \quad (\text{l. hier zu hell})$$

$$31) \quad \text{l. } 48\frac{2}{3} \text{ R} + 51\frac{1}{3} \text{ Gr} = 29 \text{ W} + 71 \text{ S.}$$

Um 9 Uhr 45 Min. schien dem rechten Auge im Gitterspectrum der 4te Raum undeutlich und Blau war vorhanden.

Obgleich das Gelbsehen da, aber sehr schwach, wie denn der Mond beim ersten Blick gelb, sonst weiss erschien, wurde hiermit abgebrochen, weil sich in den Augen mit leichter Injection der Palpebralbindehäute Stechen einstellte, sei es von der Anstrengung des 12ständigen Fixirens oder von dem häufigen Temperaturwechsel, da im Freien ein sehr heftiger kalter Sturm wehte.

Am Morgen noch etwas matt, ohne Gelbsehen und ohne weitere Beschwerden an den Lidern erwacht.

In der zugehörigen Zeichnung Fig. 3 sind die den ersten 6 Gleichungen entsprechenden Punkte regelrecht berechnet, wonach das fundamentale Grau des linken Auges in 2, des rechten in 1 mit dem zugehörigen Gelb in 3 und schwarze Punkte in 4, 5, 6 liegen.

Dann ergiebt sich sicher aus den Gleichungen 28 und 29, dass selbst bei schwindender Narkose ein Grau von der Stärke des fundamentalen ( $24\frac{6}{7}$  W) mehr dem Gelb zu gelegen ist; doch ist diese Abweichung zu der Zeit nur gering. Grösser ist sie eine Stunde vorher gewesen, wie aus den gleichzeitigen Gleichungen 25 und 26 folgt, die uns einen schwarzen Punkt in 25 und ein Grau von der Stärke des fundamentalen in  $\alpha$  zeigen. Bei dieser ziemlich starken Abweichung werden wir dies  $\alpha$  lieber als 1 bei der

Berechnung der Gleichungen zu Grunde legen, um uns der Wahrheit mehr zu nähern, weil sonst alle aus den Gleichungen von der Form  $aR + bGr = cW + dS$  berechneten schwarzen Punkte zu fern von der Mitte fallen würden. Legten wir 1 zum Grunde, so würde uns 25 z. B. einen schwarzen Punkt in  $\beta$  statt in 25 ergeben. Läge er in  $\beta$ , so müsste das Violetsehen dabei so stark wie im Anfang gewesen sein; da dem nicht so ist, sondern dasselbe mäßig verschwunden war, folgt, dass diese Zugrundeliegung falsch. Nur zur Zeit der Gleichung 24 sehen wir etwas Blausehen bemerkt; dies stimmt damit, dass sie uns unter allen Gleichungen obiger Form den schwarzen Punkt in der grössten Ferne von der Mitte dem ultramarinen Fundamentalpunkt am nächsten erweist. Alle diese Gleichungen sind also auf der Grundlage von  $\alpha$  berechnet, und die zugehörigen schwarzen Punkte mit den entsprechenden Ziffern in der zugehörigen Figur 3 bezeichnet. Wir haben nun noch die Berechnung der Gleichungen 7—14 zu besprechen. Würden wir sie, wie bisher geschehen, und oben für den zweiten Versuch als richtig nachgewiesen, so berechnen, dass wir den Werth von Gelb mit dem eignen aus Gl. 3 bestimmten Coefficienten der Stärke des in 3 liegenden Gelb 3,07 multiplicirten und beide Seiten durch Zusatz von Schwarz ausgleichen, so ergäben sich schwarze Punkte im Gelb, ein Unsinn. Denn von einem Gelbsehen schwarzer Dinge war nicht die Rede, wenn sich auch zu der Zeit die Art der Farbenverwechslung verändert hatte. Diese Veränderung bestand aber nur darin, dass das Violetsehen dunklerer Sachen verschwunden war, und kein Punkt der blaurothen Mischungslinie mehr grau erschien. Hieraus folgt, dass die graue Farbenlinie diese Linie nicht mehr schnitt, der schwarze Punkt den Raum R Bl verlassen hat. Da nun Gleichung 14 und 15 dicht hintereinander bestimmt wurden, ohne dass sich überhaupt am Nachmittag eine wesentliche Umgestaltung der Verhältnisse zeigte, und zum Wechseln der Scheiben überhaupt damals nur die Be trachtung führte, dass möglicherweise auch schon durch einfache Verrückung der Lage von 3 auf die Linie R Gr eine Gleichung von der Form  $aR + bGr = c\bar{G}b + dS$  zu Stande kommen würde, so dass das Ende der Farbenverwechslung dann entginge, so kann

es nicht sehr ungenau sein, wenn wir beide Gleichungen combiniren, und uns daraus berechnen, wohin das reine Gelb gefallen, das doch auch bei der allgemeinen Abplattung des Farbenkörpers zu einer Tafel in derselben zu suchen ist. Es ist demnach aus Gleichung 14 die Lage des reinen Strohgelb in Gb (100 Gb), das sonst ausserhalb der Tafel liegt, berechnet, und aus seinem Ort ohne weitere Correction die schwarzen Punkte der Gleichungen 7 — 13.

Verfolgen wir den Verlauf der strohgelben Farbenlinien, so zeigt sich, dass sie zwar im Allgemeinen den früheren Ort des Durchschnitts mit der Farbentafel (3) beibehalten haben, dass sich jedoch jetzt eine grössere Stärke an demselben befindet, der eigne Coëfficient ist von 3 auf 2 ungefähr gesunken.

Beachten wir nun die einem Auge zukommenden schwarzen Punkte, so sehen wir in diesem Falle, wo keine Veränderung in der Beleuchtung stattfand, überzeugend das Wandern des schwarzen Punktes bestätigt, was besonders zu Anfang und Ende schnell geschieht, während er auf der Höhe einen kleinern Raum durchwandert. Wir sehen ferner, dass nur dort der schwarze Punkt ausserhalb des Dreiecks jenseits R Bl liegt, während er hier diese rothblaue Mischungslinie überschreitend, der grauen Region sich nähert. Dies erkennen wir schon aus der Zeichnung; wären ihre einzelnen Theile genau mit einander zu vergleichen, so würde es sich noch stärker zeigen. Denn je mehr sich  $\alpha$  (das abgewichene fundamentale Grau) dem Gelb, desto mehr nähern sich der Berechnung nach die schwarzen Punkte der Mitte. Da nun aber  $\alpha$  beim Rückgang der Narkose bestimmt ist, wie sich nach allen Methoden zeigt, so wird es in der That auf der Höhe noch mehr abgewichen gewesen sein; es werden also die schwarzen Punkte der grauen Region noch näher gelegen haben, so dass wir oben mit Recht sagen konnten, der Punkt 24 sei der von der Mitte fernste Punkt gewesen.

Ausserdem, dass dieser Fall klar die Unruhe und Wanderschaft des schwarzen Punktes beweist, bietet er sonst noch viel Bemerkenswertes dar.

Wir haben hier die unerwartete Thatsache, dass das eine Auge, welches schon natürlich eine geringe Abweichung zeigt, in-

dem beide Pupillen verschieden gross sind, aus der Narkose insfern früher kommt, als ihm die Farbenverwechslung zu einer Zeit aufhörte, wo sie auf dem andern Auge noch auf der Höhe war, wenngleich der Augenschein, so wie die andern Methoden es noch keineswegs als normal zeigten. Ist der Farbenkörper eben geworden, so muss die graue Linie mindestens eine Dreiecksseite schneiden. Lässt sich bei gutem Farbenurtheil durchaus keine Gleichung zwischen W + S einerseits, und R + Bl oder Bl + Gr oder Gr + R andererseits darstellen, so folgt nothwendig, dass kein Punkt der grauen Linie identisch ist mit einem Punkt einer Dreiecksseite, dass die graue Linie nicht in der Ebene des Dreiecks liegt und dass ein räumlicher Farbenkörper existirt. Dies war also am Nachmittag für das linke Auge allein der Fall. Mithin existirt ein einseitiger Daltonismus.

Man sieht ferner aus der Zeichnung, dass gegen Abend bei Feststellung der Gleichung 23 eine entschiedene Exacerbation der Farbenverwechslung eintrat, indem vor- wie nachher der schwarze Punkt des rechten Auges bedeutend mehr peripherisch lag, als zur Zeit der Gleichung 23. Noch viel auffallender macht sich dies am andern Auge geltend. Nachdem dasselbe, wie oben erwiesen, stundenlang insoweit aus der Narkose war, dass eben nur noch geringe Gelbsichtigkeit stattfand ohne Farbenverwechslung, begann es zu der Zeit wiederum Farben zu verwechseln, z. B. Grau mit Chamois nach Gleichung 27, und einen blauen Schimmer an dunklen Sachen wahrzunehmen. Wir haben somit hier die Freiwilligkeit der Exacerbation der Wirkung dieses Arzneimittels, die uns ja so oft in den Abendstunden begegnet, hier auch für die Wirkung auf das Auge im Besonderen direct erwiesen. Denn da wir uns, nachdem der Beweis, dass das linke Auge nicht mehr die Farben verwechselte, geführt, stets in demselben lichtdichten gleich hellen Zimmer fern von allen sonstigen Einflüssen befanden, so kann hier die Zunahme der Täuschung nicht mehr allein auf die Lichtveränderung in der Dämmerung geschoben werden (wenngleich sich ihre Beteiligung danach, als man ins Freie hinaustrat, deutlich und überraschend an der viel stärkeren Färbung des Himmels zeigte); sondern muss auf das Etwas zurückgeführt werden, das so manche

andere physiologische und pathologische Zeichen Abends verstärkt. Dafür spricht auch das Erbrechen, welches sich in jenem Falle oben gegen Abend freiwillig wiederholte. (Man sehe den Anfang im vorigen Band.)

So interessant nun das einseitige Farbenverwechseln im Allgemeinen ist, so werthvoll war es uns zur Prüfung des Werthes der andern Methoden und ihrer Resultate. Wir können die dazumal erlangten Resultate der Prüfung am Gitterspektrum vergleichen mit denen ausserhalb oder auf der Höhe des Santonrausches, oder mit den gleichzeitig am andern Auge erlangten. Was zunächst den Vergleich mit dem Anblick im gesunden Zustande betrifft, so wurde eine vorläufige Prüfung einige Tage darauf (12. Aug. 1860). nachdem die obigen Verhältnisse genau hergestellt, nochmals bestätigt. Es ergab sich folgendes:

$$\begin{aligned} 32) \quad & l. 39 \text{ R} + 37\frac{2}{3} \text{ Gr} + 23\frac{1}{3} \text{ Bl} = 29\frac{1}{2} \text{ W} + 70\frac{1}{2} \text{ S} \\ 33) \quad & r. 42\frac{2}{3} \text{ R} + 38\frac{1}{3} \text{ Gr} + 18\frac{2}{3} \text{ Bl} = 32 \text{ W} + 68 \text{ S} \\ 34) \quad & l. 36\frac{2}{3} \text{ Gb} + 1\frac{1}{3} \text{ Gr} + 62 \text{ Bl} = 43 \text{ W} + 57 \text{ S} \\ 35) \quad & r. 33\frac{1}{3} \text{ Gb} + 1\frac{1}{3} \text{ Gr} + 65\frac{1}{3} \text{ Bl} = 40 \text{ W} + 60 \text{ S}. \end{aligned}$$

Am meisten näherte sich noch  $51\frac{1}{3} \text{ R} + 48\frac{2}{3} \text{ Gr}$  dem  $40 \text{ Gb} + 60 \text{ S}$ ; doch blieb jenes zu grau, dieses zu gelb.

In einem (dritten) Gitterspectrum sah er mit dem rechten Auge deutlich 2 Zwischenräume und weniger Blau, als mit dem linken Auge, das die 2 Zwischenräume von einem blauen Dunst ausgefüllt sah.

Danach bestimmten sich die grauen Punkte 32 und 33, die gelben 34 und 35 in Figur 4.

Man sieht hierbei, dass beide Augen nur wenig von einander abweichende Farbenkörper haben; dass keins von beiden natürliche Farben verwechselt oder für Gelb im Ausnahmefall ist, wo die gelbe Farbenlinie die rothgrüne Mischungslinie schneidet. Für unsern Zweck aber ergiebt sich, dass im Santonrausch, als keine Farben mehr verwechselt wurden, sondern nur noch eine Gelbsichtigkeit bestand durch Abweichen des grauen Fundamentalpunktes nach Gelb, 3 Zwischenräume, ohne denselben dagegen nicht zwei mehr deutlich gesehen wurden, indem diese zweiten sonst vom ultravioletten Licht ausgefüllten Zwischenräume ihm schon bläulich gefärbt erschienen. Es fällt damit der Einwand, den man hätte machen können, dass die Verkürzung des Spektrums durch San-

tonsäuregenuss etwa nur eine vorgetäuschte sei, indem, so gut wie im Violetsehen, Dunkles für Violet gehalten wird, wohl auch das Violet mit Schwarz hätte können verwechselt sein. Abgesehen davon, dass diese Umkehrung nie bemerkt, wird hier dieser Einwand schlagend widerlegt. Die Farbenverwechslung bestand erwiesener Maassen nicht mehr, und doch wurde, wenn auch etwas Violet sichtbar, nicht das ganze violette Ende des Spektrums wahrgenommen. Denn der Anfang des 3ten Farbenbandes hatte das Ende des zweiten noch nicht erreicht.

Dann zeigt sich auch hier die Verschiedenheit des Zustandes beider Augen. Das farbenverwechselnde sah deutlich 4, das gelbsichtige 3 Räume; dieses ein schmales Violet, jenes keine Spur vom Blau, was man, wie die gleichzeitige Lage des schwarzen Punktes zeigt, auch nicht etwa einer Verwechslung von Blau und Grün zuschreiben darf, da Blau seitab von der grünen Farbenlinie lag.

Endlich zeigt sich als Hauptunterschied zwischen dem Höhestadium des Farbenverwechselns und der reinen Gelbsichtigkeit der Umstand, der den Dr. Zöllner so sehr überraschte, dass alle Farben im Spektrum viel heller und „saftiger“ erschienen. Im Höhestadium befand sich dabei das linke Auge so, wie zur Zeit noch das rechte. Die Verkürzung war noch grösser gewesen, und das Blau hatte gefehlt. Die Methoden beurtheilen sich so selbst.

Nächtem haben wir noch jene merkwürdige Thatsache zu constatiren, dass die Farbenverwechslung in geringem Grade sich in ihrer Art ändert durch das Offenstehen oder Schliessen der Lider, entsprechend der schönen Entdeckung des Hrn. Dr. Zöllner, dass uns jede Farbe verschieden erscheint je nach dem Contractionszustand der Pupille.

Zum Schluss wäre noch auf die starke Beteiligung der andern Sinnesnerven in diesem Falle, die Gefühle, den Geruch, Geschmack und auf die subjectiven Erscheinungen im dunklen Gesichtsfeld in der ersten Viertelstunde aufmerksam zu machen.

LI. 8. August 1860. Morgens 9 Uhr, eine Stunde nach einem reichlichen Frühstück mit Thee, dem Genuss einer bedeutenden Menge von Wasser und einer Cigarre, nahm Hr. F. die gewöhnliche Dosis. Nach 7 Minuten bemerkte er die

Farbentäuschung, nach 8 Minuten passte schon eine Gleichung zwischen Blau mit einem wenig Roth und Schwarz mit einem wenig Grün, bei deren Bestimmung sich Schwankungen in den Angaben zeigten, bis endlich

$$58) \quad 9 \text{ Uhr } 12 \text{ Min.: } 14 \text{ R} + 86 \text{ Bl} = 4\frac{1}{2} \text{ Gr} + 95\frac{1}{2} \text{ S.}$$

Wendete er sich mit geschlossenen Lidern und ohne Druck auszuüben vorgehaltenen Händen vom Licht ab, so erschien nach einiger Zeit ein hellrother Fleck in der Mitte des dunklen Gesichtsfeldes, um den es sich nach einigem Warten blauviolet färbte, und gefärbt blieb mit einer Bewegung, „wie an einem Haufen Würmer“. Stetes Aufstossen, „wie nach einer starken Cigarre“, war und blieb das unangenehmste Symptom, dazu Mattigkeit. Um 9 Uhr 36 Min. stellte sich ein Gefühl von Druck im Bauch, Erblassen, Schweissausbruch (P. 80) nebst geringer Uebelkeit ein, ohne dass es jedoch zum Brechen kam. Um 9 Uhr 39 Min. befand er sich besser, der Druck fort (P. 76), die Haut trocknete. Lassheit hielt noch einige Zeit an, das Aufstossen kam noch ab und an bis Mittag. Der Geruch, der anfangs nach Patchouli beim Schnüffeln da sein sollte, verstärkte sich nicht. Verschiedene riechende Substanzen wurden bei geschlossenen Augen richtig erkannt. Kein subjectiver Geschmack. Um 10 Uhr passte keine Gleichung zwischen obigen 4 Farben mehr. Im Gitterspectrum war der 4te Raum undeutlich. Jedes Farbenband bestände aus Blau und Roth, dazwischen sei ein Uebergang, den er erst übersah, dann Grün und Rosa, endlich Violet nannte. „Eigentlich sei er aber bloss hell; Violet sei entschieden nicht darin.“ Ein weisses Tuch schien im Licht gelb, im Schatten weiss. Um 10 Uhr 24 Min. war das subjective Gelbsehen nicht mehr deutlich; auch sah er nicht mehr blau (P. 60).

$$10 \text{ Uhr } 44 \text{ Min.: } 27 \text{ Gb} + 73 \text{ Bl} = 25\frac{1}{2} \text{ W} + 74\frac{1}{2} \text{ S}$$

$$11 - 2 - 24\frac{2}{3} \text{ Gb} + 75\frac{1}{3} \text{ Bl} = 23 \text{ W} + 77 \text{ S.}$$

11 Uhr 20 Min. Eine Gleichung zwischen Grün und Roth und auf der anderen Seite Weiss und Schwarz bestand, konnte aber bei ihrer Helligkeit und dem schlechten Farbenurteil nicht fixirt werden. Die schon oben benutzte Leseprobe, die vor dem Einnehmen rechts von  $6\frac{1}{2} - 10\frac{1}{2}$ , links von  $5\frac{3}{4} - 7\frac{3}{4}$  Zoll gelesen wurde, war jetzt rechts von  $4\frac{3}{4} - 9$ , links von  $5\frac{1}{2} - 9\frac{1}{4}$  Zoll lesbar; dies zeigt also wenigstens, dass die Accommodation nicht leidet. Geruch und subjectives Violetsehen waren jetzt verschwunden.

$$11 \text{ Uhr } 40 \text{ Min.: } 54\frac{2}{3} \text{ R} + 45\frac{1}{3} \text{ Gr} = 22 \text{ W} + 78 \text{ S}$$

$$12 - 47 - 26\frac{2}{3} \text{ Gb} + 73\frac{1}{3} \text{ Bl} = 27\frac{1}{2} \text{ W} + 72\frac{1}{2} \text{ S.}$$

Eine Gleichung zwischen R + Bl oder R + Gr oder Bl + Gr und W + S gelang mir nicht zu ermitteln, obgleich das angeblich bestehende geringe Blau- und Gelbsehen eine Gleichung von der Form  $a \text{ R} + b \text{ Bl} = c \text{ S} + d \text{ W}$  erwarten (1 Uhr) liess. Im Gitterspectrum war der vorher weissliche Uebergang zwischen Blau und Roth jetzt am blauen Ende grün und am rothen Ende violet. Die Flamme schien gelb, das Licht besonders unten violet. Beim Oeffnen der Fenster erstaunte Hr. F. über sein Gelbsehen. Um  $1\frac{1}{2}$  Uhr und um 2 Uhr galt die letzte Gleichung noch. Das Wohlsein war vollkommen. Beim Essen erschien die Brühe rosa, ein Blau und Grün sehr ähnlich.

$$\begin{aligned}3 \text{ Uhr } 15 \text{ Min.: } & 26\frac{2}{3} \text{ Gb} + 73\frac{1}{3} \text{ Bl} = 26 \text{ W} + 74 \text{ S} \\ \text{und: } & 55 \text{ R} + 45 \text{ Gr} = 27 \text{ W} + 73 \text{ S.}\end{aligned}$$

Letztere Gleichung wurde bestimmt, indem der Kreuzungspunkt der grauen Linie mit der Linie R Gr nach der vorletzten Gleichung aus einer Zeichnung berechnet und die Helligkeit auf dem Kreisel dann angepasst wurde. Die Farbe stimmte auch; das Farbenurtheil allein reichte zu ihrer Bestimmung nicht aus. Eine Gleichung zwischen W + S und R + Bl oder Bl + Gr zu erlangen, gelang weder so, noch mit Hilfe der Berechnung.

$$59) \quad 7 \text{ Uhr } 45 \text{ Min.: } 65\frac{1}{3} \text{ R} + 34\frac{2}{3} \text{ Gr} = 28 \text{ Gb} + 72 \text{ S.}$$

Diese Gleichung passte wenigstens, wenn er 4 Minuten die Augen verdeckt hatte; war jedoch an einem anderen Orte im Zimmer bestimmt, wegen des Beginns der Dämmerung, die sie auch sehr schnell ungleich werden liess. Soviel zeigt sie jedoch sicher, dass die Farbenverwechslung wenigstens momentan bestand. Kurz zuvor war eine Cigarre, wenn auch mit Widerwillen geraucht worden, wonach vorübergehend dieselben Beschwerden, wie am Morgen (Schwitzen, Druck im Leibe, Aufstossen, leichte Uebelkeit) und vielleicht verstärktes Gelbssehen eintraten. Der Himmel hatte noch immer ein befremdliches Colorit, was sich auch noch um 10 Uhr an den Gasflammen bemerklich machte. Beiläufig bemerkt, ist dies der einzige Raucher unter den Personen, die sich zu diesen Versuchen bereit gefunden haben.

Dieser Fall zeichnet sich durch die subjective Licht und Farbenerscheinung im Beginne des Santonrausches, durch den subjectiven Geruch und das zweimalige Auftreten der Prodrome des Brechakts so aus, dass es zu bedauern war, durch das ungemein schlechte Farbenurtheil so behindert zu werden. Soviel lassen jedoch die vorhandenen Gleichungen erkennen, dass anfangs so gleich ein schwarzer Punkt im Raum R Bl (58) austrat und dass um 10 Uhr derselbe die Linie R Bl überschritten hatte; dass ferner von 12—3 Uhr die graue (g—r) Linie fast genau dieselbe Richtung beibehalten hat und der schwarze Punkt im Dreieck dem Blau nahe lag, Resultate, die den früheren Erfahrungen entsprechen (vgl. Fig. 1).

Weitere Versuche anzustellen, gebrach es an geeigneten, dazu erbötigen Personen. Auch würden sie bei dem aufreibenden Kräfteverbrauch, den diese Versuche erfordern, nach einer leichtern Methode angestellt werden. Im Folgenden will ich, was die bisherigen lehren, zusammenstellen.

## Der sprechende Versuch.

Mehrmals wurde jener merkwürdige Versuch bestätigt, dass man zeitweis im Santonrausch — blind für Blau und Violet (d. h. für das sonst so aussehende Licht) — rein gelbes Licht gelb sieht, dagegen nach Einschalten gelber Gläser, die weder Blau noch Violet durchlassen, — violet.

Ein ähnlicher Uebergang der Empfindung von Gelb in die von Blau wurde früher auch schon auf anderem Wege erreicht, z. B. durch Einschalten der farblosen Gitter (V. 43), durch Anwendung lichtschwächerer Flammen, ja durch einfaches Zurücktreten (V. 42); in anderen Fällen ging Weiss in heller Beleuchtung in Gelb, bei Beschattung in Violet über.

## Vergleichbarkeit der Gleichungen.

Die Methode der Prüfung des Farbensinns mittelst des Maxwell'schen doppelten Farbenkreisels hat, so bewunderungswürdig scharfe Resultate sie bei Bestimmung einzelner Farbengleichungen giebt, sich nicht ganz so genau zum Vergleich verschiedener Gleichungen erwiesen, weil durch den Wechsel des natürlichen Lichtes einige Schwankung eintritt. Ein und dieselbe Photogenbeleuchtung unter ganz denselben Umständen an 2 aufeinanderfolgenden Tagen zur Untersuchung eines und desselben Daltonisten benutzt, ergab durch einfache Verkohlung des Dochtes (die bei Oellampen noch stärker) Schwankungen, die nicht minder gross, als bei dieser Untersuchung mit Sonnenlicht. Erst ein Versuch bei constantem Licht (V. 50) lehrte, dass diese Schwankungen theils nicht sehr erheblich, theils physiologisch, und die Uebereinstimmung ebenso wie die Verschiedenheiten in allen Fällen nicht zufällig seien.

## Die Farbentäuschung im Santonrausch.

Wollen wir nun nochmal die Veränderungen der Gesichtswahrnehmungen an uns vorübergehen lassen, so müssen wir da die Abnahme der Empfänglichkeit für gewisse Aetherschwingungen scheiden vom Leiden des Farbensinns. Betrachten wir zuerst dieses, weil es in der Regel früher als jenes deutlich wird und kürzer

dauert, so treten uns darin 3 Stadien entgegen, die sich auf den ersten Blick durch das Vorhandensein oder Fehlen des Violetsehens unterscheiden. Gehen wir sie durch.

Erstes Stadium: Leichtgradiger Farbenwechsel (Daltonie).

Gerade wie sonst nur angeboren (bei den Daltonisten), findet sich jedesmal in den Farbentafeln ein schwarzer Punkt, finden sich viergliedrige Gleichungen (und zwar nicht für die Ausnahmefälle).

Doch was ist Daltonie? Was bedeutet es, wenn sich Daltonisten durch viergliedrige Farbengleichungen und schwarze Punkte in der Farbentafel charakterisiren? Man entsinne sich des Farbenkegels. Jede Farbengleichung bestimmt den Durchschnittspunkt ihrer 2 Glieder in der Farbentafel. Ist das Glied zweifarbig, so bestimmt es durch Variation der Coëfficienten alle Punkte einer Linie (und zwar einer Farbenlinie, wenn die eine Farbe Schwarz; eines Farbenstrahls, wenn eine Farbe Weiss; sonst einer Mischungslinie). Ist dagegen das Glied dreifarbig, so ergeben sich mit der Variation der Coëfficienten alle Punkte einer durch den Farbenkörper gelegten Ebene. So wie nun für ein Auge in einer viergliedrigen Gleichung irgend eine Farbe, modifizirt in ihrer Stärke durch Hinzunahme von Schwarz, hervorgebracht werden kann durch irgend 2 Farben (auf deren Mischungslinie sie jedoch nicht liegen darf, in welchem Ausnahmefall auch bei normalem Auge die Gleichungen viergliedrig), müssen wir in unserer Vorstellung irgend einen Punkt einer Farbenlinie identisch sein lassen mit einem Punkt einer Mischungslinie. Da beide sonst weder parallel noch in einer Ebene, so folgt, dass in der Daltonie beide Linien in eine Ebene rücken. Der Farbenkörper des Daltonisten ist kein Kegel mehr, sondern eine Ebene, wie man sie ehedem allen Menschen zuschrieb; und diese enthält in Folge des Einsturzes des Farbenkegels den schwarzen Punkt, während er anderen Menschen über der Farbentafel schwiebt. Daher die durch den schwarzen Punkt characterisierte graphische Darstellung des Daltonismus.

Indem so nun die weisse Farbenlinie in 2 complementäre Farbenstrahlen, die anderen Farbenlinien entsprechend auf Mischungslinien schlagen, unterscheidet sich dort die Reinheit, hier die Mischung

nicht mehr von der Stärke. Dies ist das Wesen der ebenen Daltonie; gerade die Perversion der 3 Grundempfindungen der Farbenempfindung, welche uns im ersten Abschnitt dieses Aufsatzes beim Santoninrausch so sehr auffiel und aus obigem Versuch spricht.

Alle Verwechslungen bedingen sich.

Wie solchen Daltonisten, die an der Austrittsstelle der weissen Linie aus dem fundamentalen Dreieck gelegene Farbe durch Hinzunahme von Schwarz in Weiss und die entgegengesetzte übergeht, so geht in diesen Versuchen durch Abschwächen der Stärke Gelb in Violet über, so ist man anfangs im Santoninrausch an grellbeleuchteten grauen Gegenständen — gelbsichtig, — an schwachbeleuchteten, fast schwarzen — violetsichtig. Dass es so sein muss, folgt unmittelbar aus der Thatsache, dass im Beginn des Santoninrausches sich stets ein schwarzer Punkt zwischen Purpur und Ultramarin findet, von wo aus die weisse Linie zwischen Gelbgrün und Gelb sich erstreckt.

Die Lage des schwarzen Punktes verdeutlicht ferner, warum auch andere Farben, wenn sie nur eine bestimmte Lichtschwäche haben, die Empfindung von Violet erregten. Nähern wir uns sonst auf einer Farbenlinie immer mehr der Kegel spitze, d. h. schwächen wir eine unsern Sehnerv erregende Aetherbewegung stark, so kehrt schon die Farbenempfindung vermittelnde Nervenbewegung zur Gleichförmigkeit ihres Ruhezustandes zurück, den wir als Schwarz empfinden. Hier dagegen, wo die schwarze Kegel spitze zwischen lauter violette Farbennüancen fällt, werden alle Farben, je mehr ihre Stärke abnimmt, diesen violetten Farbenarten um so ähnlicher, ehe sie verschwinden; werden als violet angesehen.

Aus der Lage des schwarzen Punktes und der davon abhängigen der Farbenlinien folgen nun auch alle übrigen Farbenverwechslungen. Ich will davon nur die durchgehen, welche am meisten auffielen.

Bouillon wurde mehrmals mit Weinsuppe, Pflaumenbrühe verwechselt, Weisswein dem Kirschkuchen im Farbenton gleich, nur heller erachtet. Dass dies so sein muss, erkennt man beim Ver-

folgen der gelben Farbenlinien \*), die uns über „Weingelb“ durch das „Rosenroth“ des rothen Farbenstrahls und das „Kirschroth“ nebst dem nachbarlichen „Pflaumenblau“ der rothblauen Mischungslinie zum Schwarz führen.

Mahagonistühle sahen oft lila aus, weil Lila auf der Farbenlinie des „Holzbraun“ \*\*), einer unreinen gelbrothen Farbe lag. Violetgraue Mauern wurden citronenfarben genannt \*\*\*), Dunkelgrün mit Schmutzigblau verwechselt, weil die Farbenlinien von Kraus und Grasgrün durch Violet und Lawendelblau führten.

In der Art lassen sich alle Verwechslungen in der Zeit des Gelb- und Violetsehens vorherbestimmen und erklären, weil sie alle wie das Gelb- und Violetsehen bedingt werden durch die Lage eines schwarzen Punktes in der Gegend der violetten Farbenarten.

#### Das Ueberwiegen des Violetsehens.

Die Erfahrung zeigt, dass anfangs das Blausehen überwiegt und sich viel bemerklicher macht. Dies folgt aus der Convergenz der Farbenlinien zum Violet. Sämmtliche Farben erscheinen, wenn ihre Stärke abnimmt, in blauen Tönen; in gelben dagegen nur die Farben der complementären Strahlen, in die die weisse Linie schlägt; und auch das nur bei grosser Stärke, bei geringerer sahen auch sie blau aus.

#### Schwankungen.

Während sich so im Allgemeinen der Beginn und das erste Stadium des Santoninrausches beschreiben lässt, sieht man doch sowohl bei der Betrachtung des einzelnen Verlaufs wie beim Vergleich der verschiedenen, dass der schwarze Punkt zwar im Allgemeinen im Violet (zwischen dem lilanen und berlinerblauen Farbenstrahl) liegt, jedoch nie ganz an derselben Stelle. Es folgt daraus, dass im Ganzen alle Fälle übereinstimmen, dass aber innerhalb einer gewissen Breite Schwankungen vorkommen. Die Grenzen

\*) Man vergleiche z. B. die Linien gb 28 a (28) und ba (25) in Fig. 2.

\*\*) Ueber die Farbenbestimmungen vergleiche man Werner's Kennzeichenlehre in Hoffmann's Handbuch der Mineralogie. Freiburg 1811. Bd. I. S. 79.

\*\*\*) Vgl. Virchow's Archiv Bd. XVIII. S. 20, 33.

bilden der 37ste Fall, wo Schwarz berlinerblau erschien, und das Lilasehen des Dr. Eggel in Fall 47, wo der schwarze Punkt anfangs zwischen Roth und Blau in der Mitte lag.

#### Die Wanderung des schwarzen Punktes.

Man sieht ferner, dass der schwarze Punkt sich mit der Zunahme der Narkose im violetten Sector dem Grau nähert, dass er also wandert.

Dies ist von Wichtigkeit für die Theorie der Farben. Maxwell's Beweis der Young'schen Farbentheorie schlägt damit zu seinen Ungunsten aus.

Die dem Aufbau des Farbenkegels zu Grunde liegende That-sache, dass man aus Roth, Grün und Blau wenigstens alle unreinen Farben mischen kann, hat Thomas Young zu der Ansicht geführt, der Sehnerv bestände aus rothempfindenden Fasern, aus solchen, die vorwiegend nur blau und nur grün empfänden, entsprechend drei einfachen Farbenempfindungen, während Weiss gleicher und alle andern Farben ungleicher Erregung aller 3 Fasersysteme entsprächen. Die entgegengesetzte Ansicht ist, dass jede Farbe jedes nervöse Element des Sehorgans erregt, aber nach ihrer Art verschieden; dass die die Farbenempfindung vermittelnde Nervenbewegung, von Strahlen verschiedener Wellenlänge erregt, sich danach immer etwas anders modifizirt, und zwar für complementäre Farben entgegengesetzt.

Uebertragen wir nun die Frage, ob es 3 oder unendlich viele Grundfarben giebt, auf unser Bild eines Farbenkegels, so lautet sie: Wie viel Ecken haben die Querschnitte und wo liegen sie? Denn selbstverständlich und am Doppelkreisel sichtlich ist, dass wir mit beliebigen 3 Farben nur die unreineren Farben mischen können, welche auf dem Querschnitt zwischen ihnen liegen, weil die Mischfarbe von dem Verhältniss der angewendeten 3 Farben abhängt, und ihr Ort sich bestimmt, wenn man die Verhältniszahlen als Gewichte in den Punkten der 3 Farben angebracht denkt, durch den Schwerpunkt, der natürlich nicht ausserhalb liegen kann. So giebt die oben benutzte scharlachne Scheibe mit der ultramariinen alle möglichen unreinen rothblauen Farben, kein Purpur;

ebenso wenig diese mit der smaragdgrünen Berlinerblau, die rothe mit der smaragdgrünen Gelb, sonder nhöchstens Chamois; und die gelbe mit der rothen sehr viele braune Töne, nie reines Orange, weil Purpur, Berlinerblau und Orange so reine Farben sind, wie die angewendeten Scheiben und jenseits des fundamentalen Farbenvierecks liegen. Nach der Young'schen Farbentheorie wäre nun der Querschnitt dreieckig (natürlich grösser als unser fundamentaler), nach der entgegengesetzten krumm. Maxwell's Beweis ist folgender:

Die Farbe, an deren Ort der schwarze Punkt der Daltonisten liegt, ist ihnen unsichtbar. Giebt es also 3 einfache Farbenempfindungen im Farbensinn, so kann der schwarze Punkt aller Daltonisten nur in einem der 3 bestimmten Punkte des Farbenschnittes liegen, wo die 3 Farbenempfindungen rein vertreten sind. Dass dem nun wirklich so sei, hält sich Maxwell überzeugt, weil die 2 Daltonisten, die er untersucht, merkwürdiger Weise ihren schwarzen Punkt vollkommen an derselben Stelle in der Nähe seines rothen Fundamentalpunktes hatten. Ungefähr eben dort fand Hr. Prof. Helmholtz \*) den blinden Punkt bei einem dritten Farbenblindem, was, wie sich zeigen wird, nicht so auffallend ist. Es blieben dannach also nur noch die 2 andern Punkte aufzufinden, um die drei Grundfarben zu haben.

Bei dem Bestreben dieser Aufforderung zu genügen, zeigte sich diese Annahme ebenso unzureichend bei der Daltonie wie hier beim Santonrausch, wo nicht bloss der blinde Punkt bei den verschiedenen Beobachtern an verschiedenen Orten, sondern auch bei einem Beobachter für jedes der 2 Augen wo anders liegt, ja sogar für jedes Auge seinen besondern Marsch macht, und noch dazu das alles im violetten Farbenausschnitt.

Maxwell's Beweis würde somit die Young'sche Farbentheorie widerlegen, indem er zeigt, dass jede Farbe eine gleich einfache Empfindung ist.

\*) Vgl. Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg, Bd. II, S. 1—3: Vortrag des Herrn Prof. Helmholtz „über Farbenblindheit“.

## Höhestadium.

Bisher ist nur der auffallendste Theil im Santonrausch geschildert, das 1te Stadium, wo sich Gelb- mit Blausehen paart, mit welchem Zustand er oft sein Bewenden hat. Schreitet er dagegen fort, so verschwindet das Blausehen; der Zustand nimmt eine andere Gestalt an.

Dies Verschwinden erklärt sich durch die unaufhaltsame Wanderschaft des schwarzen Punktes. Je ferner er liegt, desto ausgesprochener ist die ebene Daltonie, in desto reineren Tönen erscheint schwarz. Rückt er dagegen dem Grau immer näher wie hier, so erscheinen annähernd schwarze Gegenstände immer mehr im grauen Colorit; an dem man bei genauem Achten vielleicht anfangs noch einen leichten Stich ins Lawendelblau bemerken wird.

Im 2ten Stadium rückt also der schwarze Punkt aus dem violetten Sector in die graue Centralregion.

Es hört damit die ebene Daltonie, die Perversion der 3 Grundempfindungen, wie sie oben geschildert, (bis auf das Gelbsehen) mehr oder weniger auf; an ihre Stelle tritt eine neue.

Das Gelbsehen bleibt, weil die Verkürzung des Spectrums anhält und in allen Farben der blaue Anteil fehlt, der gelbe also überwiegt.

Wie äussert sich nun die neue Perversion, die grade so vorzüglich deprimirend auf Manche einwirkt? Im Fall 12 drückte ich mich aus, alle Farben seien dabei so verschwommen; andere verglichen den Ton, den alle Farben annehmen, mit der Beleuchtung zur Zeit der Sonnenfinsterniss. Hr. Dr. Zöllner staunte, als er von diesem Banne befreit, wie „saftig“ ihm jetzt alle Farben im Gitterspectrum vorkämen. Wieder andere schalten alle Farben tott. Das Wesentliche, was sich aus diesen Aeusserungen kaum entnehmen lässt, lehren die Zeichnungen. Die Farbenstrahlen fallen mit den Farbenlinien zusammen. Nur ungemein starke Farben, wie sie das Auge kaum erträgt, würden noch rein und gesättigt erscheinen, alle lichtschwachen (selbst die prismatischen) bringen denselben Eindruck hervor, wie die graulichen Farben desselben Farbenstrahls. Daher das allgemeine Leichencolorit, was schon im

ersten Versuch so auffiel \*); das fahle Aussehen der sonst lebhaften Farben. Die Empfindung der Reinheit ist fast erloschen, alle Farben erscheinen unrein.

Drittes Stadium: Abnahme des Farbenwechsels.

Ob der Santonrausch noch weiter gehen kann, ist nicht constatirt. Bei der grössten angewandten Dosis von einem Scrupel santonsauren Natrons habe ich (ohne Messungen freilich) nicht mehr bemerkt. Was nun den Nachlass betrifft, so scheint er meist in das erste Stadium zurückzugehen, wo dann nochmals Blausehen auftritt, oft nur sehr vorübergehend. Oft aber scheint sich der schwarze Punkt gerade zu aus Grau zu erheben, wenigstens lässt sich der Rückgang nicht stets nachweisen. Freilich wird ja auch das erste Stadium oft ungemein schnell durchlaufen. Meist fällt hierbei das Blausehen weniger auf als im Anfang, theils weil sonst kein Blau empfunden wird, theils weil das Bekannte bei der Abspannung des Körpers wie der Aufmerksamkeit nicht mehr beachtet wird. Will man ungefähr die Zeitdauer der einzelnen Stadien wissen, so erinnere man sich des 49sten und 51sten Falles. In jenem trat die Farbentäuschung 6 Minuten nach dem Einnehmen eines halben Scrupels santonsauren Natrons ein, blieb  $2\frac{1}{2}$  Stunden im 1ten und 2 Stunden im 2ten Stadium, ohne dass von einem dritten etwas constatirt. In diesem dagegen trat sie auch schon nach 7 Minuten ein, blieb dagegen nur 53 Minuten im ersten und war noch nach 10 Stunden im 2ten Stadium. Man sieht, dass in der Zeitdauer bei den einzelnen Individuen ein ziemlich grosser Spielraum. Als Grenze des 1ten und 2ten Stadium ist dabei der Uebergang des schwarzen Punktes über die rothblaue Mischungslinie angenommen.

Viertes Stadium des reinen Gelbsehens.

Hiermit haben wir den Verlauf geschildert, den das Leiden des Farbensinns im Santoninrausch nimmt. Es bliebe nun noch die Verminderung der Reizempfänglichkeit der Retina und ihr Anteil

\*) Vgl. dieses Archiv Bd. XVI. S. 237.

an den Farbentäuschungen zu erörtern, der unter den auffallenden Erscheinungen des Farbenwechsels sich verbergend erst nach seinem Aufhören deutlich hervortritt.

Dass sich im Santonrausch die Länge des Spectrums verkürzt, fiel mir schon auf, so wie dabei zuerst ein prismatisches Spectrum betrachtet wurde (Versuch 12. Vgl. dieses Archiv Band 18, S. 20). Ein leichtes Mittel, die Verkürzung zu controlliren, fand sich dann im Gitterspectrum, wo die sich deckenden Farbenbänder mit der Verkürzung mehr auseinanderrücken und durch die Zunahme der Zwischenräume sich die Zunahme der Verkürzung messen lässt. Freilich bleibt dabei unentschieden, welches Ende sich verkürzt. Allein die Verkürzung am rothen Ende ist, wo sie bemerkt wurde, stets sehr unbedeutend, während die am andern Ende zumeist alle blauen Farbentöne ergreift. Im Versuch 50 ist nachträglich noch nachgewiesen, dass diese Verkürzung nicht etwa eine scheinbare, durch das Farbenverwechseln vorgetäuschte ist, da sie dort nachgewiesen wurde, ohne dass es erwiesener Maassen bestand. Die Folge nun dieser Verkürzung ist, dass in allen Gruppen von Aetherschwingungen die brechbarsten fortfallen. Je mehr sie davon enthalten, desto veränderter erscheint die Farbe. Weiss bekommt einen Stich ins Gelbgrün oder Gelb, je nachdem die Verkürzung vorrückt. Auch dies ist mit Hülfe des Maxwell'schen Doppelkreisels controllirt. So sahen wir in Figur 1 solch abgewichene graue Punkte in 46, 48, 49, 56; in Fig. 3 in  $\alpha$  und 29. Diese Abweichung ist in all diesen Fällen nicht bedeutend, indem sie sich nur bis zur Grenze der grauen Centralregion erstreckt; allein man muss dabei bedenken, dass sie schon beim Rückgang der Narkose, wenn der Farbenwechsel verschwunden und die Verkürzung sichtlich abnahm, bestimmt sind. Und es ist zu vermuthen, dass die Verkürzung bald nach dem Farbenwechsel beginnt. Sicher ist zwar, dass im Beginn die fundamentale Gleichung für Grau bestehen bleibt (Versuch 48) bei voller Daltonie, allein nicht lange darauf lässt sich schon die Verkürzung im Gitterspectrum messen, so unbedeutend die Länge der einzelnen Spectra darin auch ist.

Wie lange im Ganzen die Farbentäuschung währt, ist nicht genau constatirt. Allein nie bestand sie dem Eindruck nach, noch

nach 24 Stunden, selbst wenn ein Scrupel santonsauren Natrons war genommen worden.

#### Exacerbationen.

Während das im Allgemeinen der Verlauf, bemerken wir mehrfach erneute Zunahme der Erscheinungen.

Vor Allem interessant ist, dass die Narkose die Neigung hat Abends von selbst stärker zu werden. Dasselbe zeigt sich in der Farbentäuschung, die aus dem 3ten und 4ten Stadium in das 2te, als dann bei Ausschluss aller sonstigen Einflüsse zurückging (Vers. 50).

Nimmt dagegen in der Dämmerung das Gelbsehen allein zu, so ist diese Exacerbation zum grössten Theil nur scheinbar durch die Veränderung der Beleuchtung.

Was die übrigen schon früher \*) bemerkten kleinen Exacerbationen, „wenn man aus dem Finstern kommt oder beim Erwachen“ betrifft, so haben sichtlich 3 Momente darauf Einfluss, die Ueberraschung bei der erneuten Wahrnehmung neben schneller Gewöhnung an diesen Zustand, das selbst auf der Höhe der Narkose nachgewiesene geringe Schwanken der Gesichtstäuschung und endlich der Zustand der Pupille nach der merkwürdigen Entdeckung des Hrn. Dr. Zöllner, deren Einfluss jedoch kaum eine Minute (Vers. 50) dauert beim Austritt aus der Finsterniss. Ist sie dagegen bleibend vergrössert, so kann dauernd ein Auge sich in einem andern Stadium des Rausches finden als das andere.

Endlich seien mir noch 2 Bemerkungen über die sonstigen Wirkungen auf das Auge und das Hirn den früheren \*\*) hinzuzufügen gestattet.

Wie schon ehedem bemerkt, leidet die Accommodation nicht im Geringsten, wenigstens nicht bei den hier beim Menschen angewandten Dosen. Trotz der Verkürzung des Spectrums existirt keine Amblyopie, soweit es sich nach einfachen Leseproben beurtheilen lässt. Der Grund ist nicht allein in der natürlichen Lichtschwäche

\*) Cf. Diss. de Santonico p. 40. Virchow's Archiv Bd. XVI. S. 248.

\*\*) Cf. Virchow's Arch. Bd. XVIII. S. 24.

des Violet, sondern besonders in der verminderter Chromasie des Auges zu suchen.

Im Beginn wurde in 3 Fällen eine ganz subjective Farbenerscheinung bemerkt; einmal als lilaner Strahlenkranz um die Flamme eines Lichtes, das zweite Mal als violette Färbung des dunklen Gesichtsfeldes, das dritte Mal war das violette Feld bewegt und innen rothgelb. Ebenso erwies sich der Geschmack nach dem Einnehmen als ein subjectiver. Mehrere (bes. V. 37, 50, 51) deutliche Fälle von subjectivem Geruch (nach Patchouli oder Veilchenwurzeln) fanden sich. Die eigenthümlichen unangenehmen Gefühle zu benennen, ist bis jetzt ebensowenig gelungen. Im Santonrausch leiden also mit Ausnahme des Gehörs alle Sinne, constant nur das Gesicht.

Die Verstandeskräfte waren in keinem Falle getrübt, wie denn in jedem die Feststellung der Farbengleichungen mit gleicher Schärfe des Urheils ausserhalb und innerhalb der Narkose gelang, eine Sache, zu der sonst nicht Jedermann hinreichend Aufmerksamkeit und Urtheil aufbieten kann. Wenn früher von Benommenheit des Kopfes gesprochen wurde, so soll damit niemals eine Beteiligung der geistigen Fähigkeiten, sondern jenes eigne Gefühl bezeichnet sein, welches manchmal entschieden ganz peripher (Zähne, Extremitäten) erschien und den Kopf nicht freilässt, während das Auftreten wirklicher Leib- und Kopfschmerzen nicht dem Bilde des Santonrausches angehört und bei genügender Vorsicht im Essen selbst da fehlt, wo es zu dem eigenthümlichen Erbrechen kommt.

Eher leidet, aber wohl nur indirect, die Energie des Willens und die Sphäre des Gemüthes, indem Manche von der wunderbar drastischen Unzuverlässigkeit unserer Sinne in einen beginnender Trunkenheit ähnlichen Zustand von Aufregung des Gemüthes versetzt werden, danach aber wieder von den unangenehmen Gefühlen, der dauernden Lassheit, so mitgenommen werden, dass sie schwer zu körperlichen Bewegungen sich entschliessen.

#### Bemerkung zu den Figuren.

Um die Figuren übersichtlicher zu machen, liegt allen ein gleiches Dreieck zum Grunde. Ferner ist in ihnen jeder durch

eine Gleichung bestimmte Farbenort mit derselben Ziffer bezeichnet, den die Gleichung, die dazu gehört, trägt; und zwar steht die Ziffer einfach da, wenn der Ort ein Grau, unterstrichen, wenn er ein Gelb, und eingeklammert, wenn er ein Schwarz vorstellt. Ausserdem sind die schwarzen Punkte mit stärkeren Sternen bezeichnet und durch die Convergenz der Farbenlinien kenntlich, die je nach ihrer Farbe verschieden gezeichnet sind. Die ausgezogene krumme Linie zeigt die Marschroute des schwarzen Punktes an. Fig. 3 gehört zum Versuch 50; Fig. 2 zu Versuch 47; Fig. 1 zu den übrigen Gleichungen.

---

Zum Schluss sei es mir gestattet, dem Hrn. Prof. Poggendorff, der mir so lange seine Rotationsmaschine zur Disposition gestellt hat, und Hrn. Prof. Dove, der mir sein schönes Gitterspectrum trotz eignen Gebrauchs immer wieder zu leihen die grosse Güte hatte, meinen wärmsten Dank auszusprechen. Das Gitterspectrum, 50 Linien auf 1 Millimeter Breite in Glas gezogen, hat mir erst nach 40 vergeblichen Versuchen wieder hergestellt werden können, in solcher Reinheit und Gleichmässigkeit der verschiedenen Farbenbänder, und in solcher Ausbildung des violetten Endes in den einzelnen, von dessen Vorwiegen der Umfang der Zunahme der Zwischenräume im horizontalen Gitterspectrum während der Narkose abhängt. Dass normal vom Licht aus höchstens 2 Zwischenräume gesehen werden, erkennt man durch Einschalten eines Kobaltglases, wodann bei vielen Gittern das dritte Violet sich schon zwischen dem zweiten Violet und dem zweiten Roth zeigt, oder sich damit zu einem Purpur mischt.

---

Endlich seien mir noch einige Rathschläge erlaubt für diejenigen verehrten Leser, welche sich selbst mit diesem „dämonischen“ Stoffe und seiner interessanten Wirkung und seinen noch zahlreichen Räthseln bekannt machen wollen.

Wer sicher jede heftigere Wirkung vermeiden will, nehme reines Santonin, das sich wegen seiner Unlöslichkeit zum santoninsauren Natron verhält, wie Eisenfeilspähne zum Eisenvitriol, indem

er jede Beimischung von santonsaurem Natron durch Aussüsse mit Wasser entfernt.

Wer möglichst kurze Zeit santonisirt sein will, meide umgekehrt die reine Santonsäure, die man im santonsauren Natron selbst bei geringen Beimischungen durch die gelbe Farbe, die das Gemisch im Tageslicht annimmt, erkennt, und stelle den Versuch Abends an, wo er sich dann jederzeit dem Schlaf hingeben kann, wenn er genug hat; da der Schlaf nie verhindert, eher befördert wird.

Kopfschmerzen lassen sich vollständig (selbst bei Disposition dazu waren sie nur unbedeutend in dem einen derartigen Falle) vermeiden, wenn man das Salz ganz nüchtern einnimmt oder nach mässigem Essen.

Tritt dagegen, besonders wenn es auf den nüchternen Magen um so schneller wirkt, Uebelkeit ein oder wird das eigene Gefühl zu stark, so esse man etwas Festes, auch bei Abneigung, was meist radical wirkt, oder gehe an die frische Luft, wie bei der Seekrankheit.

#### U e b e r s i c h t.

- Der doppelte Farbenkreisel und die graphische Methode von Maxwell S. 245.
- Der Farbenkegel S. 247.
- Genauigkeit der Gleichungen S. 249.
- Anwendbarkeit des Kreisels im Santonrausch S. 249.
- Fehlerquellen S. 250.
- Grundgleichungen S. 252.
- Versuche S. 256.
- Resultate S. 278.
- Der sprechende Versuch S. 278.
- Die Vergleichbarkeit der Gleichungen S. 278.
- Die Farbentäuschung im Santonrausch S. 278.
- Erstes Stadium (Das Wesen der Daltonie) S. 279.
- Alle Verwechslungen bedingen sich S. 280.
- Ueberwiegen des Violetsehens S. 281.
- Schwankungen S. 281.
- Wanderung des schwarzen Punkts (Widerlegung der Young'schen Farbentheorie) S. 282.
- Höhestadium S. 284.
- Drittes Stadium S. 285.
- Viertes Stadium, Gelbsehen S. 285.
- Exacerbationen S. 287.
- Rückblick auf die angebliche Amblyopie und sonstigen Nervenleiden S. 287.
- Bemerkung zu den Figuren S. 288.
- Schluss S. 289.