MISCELLANEA DELLA R. BIBLIOTECA MEDICA

Ueber die

Wirkung des constanten Stromes

auf das

normale Auge

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer h. medizinischen Fakultät in Bern vorgelegt

von

Barbara Tscherbatscheff

von Poltawa (Rußland)

R. BIBLIOTECA MEDICA DI ROMA

ACCADEMIA MEDICA

Von der medizinischen Fakultät zum Druck genehmigt
auf Antrag von Prof. Pflüger

Bern, 30. Januar 1880

Prof. Dr. **Langhans**
d. Z. Dekan

Ueber die

Wirkung des constanten Stromes

auf das

normale Auge

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer h. medizinischen Fakultät in Bern vorgelegt

von

Barbara Tscherbatscheff

von Poltawa (Rußland)

Von der medizinischen Fakultät zum Druck genehmigt
auf Antrag von Prof. Pflüger

Bern, 30. Januar 1880

Prof. Dr. **Langhans**
d. Z. Dekan

Druck von Jent & Reinert in Bern.

Wirkung des galvanischen Stromes auf das normale Auge.

Seit der ersten Anwendung des konstanten Stromes zu Heilzwecken in 1856 von Remak haben sich viele vorzügliche Aerzte mit den Studien über die therapeutischen Wirkungen desselben beschäftigt. In der Augenheilkunde, welche den konstanten Strom auch viel in Anwendung bringt, sind die therapeutischen Ergebnisse noch heut zu Tage so ermuthigend, daß ein genaueres Studium über dessen physiologische Wirkung immer mehr nothwendig wird.

Sich stützend auf die Untersuchungen von Volta, Ritter, Purkinje, Joh. Müller und in neuerer Zeit Brunner, Funke, Helmholtz, Brenner und vieler Anderer, welche sich mit den galvanisch-optischen Phänomenen, den subjektiven Licht- und Farbenerscheinungen eingehend beschäftigten und das Auge als ein vorzüglich gut leitendes und leicht reizbares Objekt für den konstanten Strom annahmen, wendete man ihn überall da an, wo auch Strychnin angezeigt war. So sehen wir Græfe, Pagenstecher, Landsberg, Nagel, Althaus, Hudson, Hodges, Dor, Pflüger und so viele Andere die Atrophien des Sehnerven, Amblyopien der verschiedensten Natur, Anästhesien der Netzhaut, Insufficienzen und Paresen von Augenmuskeln, Leiden des Trigeminus (Herpes Corneæ) etc. mit Elektrizität, vorzüglich mit dem konstanten Strom erfolgreich behandeln.

Die Arbeit von v. Hippel: «Ueber die Wirkung des Strychnins auf das normale und kranke Auge», Berlin 1873, namentlich sein mit Zuversicht ausgesprochener Schlußsatz, «daß Strychnin wohl berufen ist, in Bezug auf den Optikus «die Stelle einzunehmen, welche wir gegenüber den übrigen «Nerven dem konstanten Strome einräumen. Seine glänzendste

« Wirksamkeit entfaltet es bei Zuständen, die sonst unserer « Therapie absolut unzugänglich waren: bei Atrophie des « Optikus aus den verschiedensten Ursachen, und ich bin « überzeugt, daß, je länger man es gerade nach dieser Rich- « tung hin anwendet, um so mehr die Erkenntniß sich Bahn « brechen wird, daß es durch kein anderes bis jetzt bekanntes « Mittel, den konstanten Strom eingeschlossen, sich ersetzen « läßt;» ferner die skeptische Stellung, welche viele der hervorragendsten Kliniker in der Ophthalmologie lange Zeit dem konstanten Strome gegenüber einnahmen, veranlaßten meinen verehrten Lehrer, Hrn. Prof. Pflüger, eine parallele Untersuchung über die Einwirkung des konstanten Stromes auf das Auge von mir ausführen zu lassen.

Ich unternahm deßhalb eine Prüfung meiner Augen unter normalen Verhältnissen nach allen Richtungen, welche für unsere Frage von Belang sein könnten.

Das Resultat im Allgemeinen ergab, daß meine Augen, beide gesund, sich vollständig gleich verhielten. Der Refraktionszustand zeigte eine manifeste Hypermetropie von 0,5. Für die Arbeit benutzte ich Convexbrillen 1,75. Es bestand eine kleine Störung im Gleichgewicht der Recti, eine latente Divergenz von 4° für die Ferne und eine Insufficienz von 5° für die Nähe. Um vergleichbare Resultate zu erlangen, unternahm ich alle meine Untersuchungen bei hellem Sonnenschein. Die Instrumente, die galvanische Batterie, die farbigen Heidelberger Papiere und die Literatur wurden mir von Hrn. Prof. Pflüger in seiner Klinik zur Verfügung gestellt, wofür er mich zum innigsten Dank verpflichtet hat. Zugleich spreche ich hier auch dem Hrn. Dr. G. Burckhardt, zweiter Arzt der Waldau in Bern, meinen Dank aus für seine werthen Rathschläge und die Bereitwilligkeit, mit welcher er mir seine Bücher anbot.

Nach einer genauen und mehrmaligen Prüfung meiner Augen unter normalen Verhältnissen, wobei ich mich an die Methoden von Aubert, Landolt, Chodin, Hippel hielt, leitete ich während einer Woche jeden Morgen den konstanten Strom durch mein rechtes Auge; gleich nachher stellte ich Versuche an und arbeitete so lange Sonnenlicht dauerte. Diejenigen Resultate, welche sich von Anfang als positiv erzeigten, unterwarf ich einer mehrmaligen sorgfältigen Prüfung. Dabei muß ich erwähnen, daß ich eine Batterie von Daniell-Siemens benutzte. Von den Elektroden war die eine, die größere, auf

den Nacken aufgelegt und die kleinere, kegelförmig zugespitzte, auf dem geschlossenen oberen Augenlid angebracht. Ich wählte diese Art der Ansetzung, weil sie, wie Hitzig hervorgehoben, den geringsten Grad von Schwindel verursacht — der Grad des Schwindels ist proportional mit dem Winkel, den die Stromrichtung mit der sagitallen Axe einschließt —, weil ferner bei dieser Polanordnung der Optikus in seiner Längsrichtung vom Strom durchflossen wird.

Bis jetzt hat weder die Physiologie noch die Therapie exakte Reizungsformeln für den Optikus ergeben, wie dieß für den Acusticus der Fall ist. Mit Rücksicht auf eine mögliche Analogie mit letzterem wurde die Kathode auf das Lid gesetzt, in der Absicht, eine stärkere Reizwirkung hervorzubringen. Dieselbe Polanordnung wird in der Berner Klinik zu therapeutischen Zwecken gewählt in allen Fällen, wo der Optikus oder andere Theile des Auges gereizt werden sollen.

Mit den subjektiven Licht- und Farbenerscheinungen beim Schließen und Oeffnen des Stromes beschäftigte ich mich nur vorübergehend, da dieses nicht meine Aufgabe war und sich vor mir schon bedeutendere Kräfte darüber ausgesprochen haben. Hierbei muß ich erwähnen, daß ich nur mit einem Strom von 4 Elementen zu irgend einer Empfindung gelangte. Ströme unter dieser Zahl hatten keine Wirkung auf mein Auge. Ich empfand dabei stärkere und schwächere Nadelstiche und fühlte deutlich, wie der Strom tief in die Augenhöhle drang, nicht etwa verbreitet (diffus), sondern in gerader Linie. Funken, Blitze, Farbenempfindungen traten ein während ununterbrochener Stromesdauer bei Dichtigkeitsschwankungen eines Stromes von 4 E. 500 S. E. (Rheostat in Nebenschließung) bis 5 ja 6 Elementen, zeigten sich aber nicht jeden Tag deutlich bei derselben Stromstärke. Ich wollte nicht zu mehr Elementen steigen, weil der Schmerz am Auge und an der rechten Schläfe zu heftig wurde. Die Blitze wurden stoßweise wahrnehmbar und zeigten sich als dunkelrothbläuliche Streifen, kleine Ringe, Zickzacklinien auf schwarzem Grunde. Bei Verstärkung des Stromes fühlte ich denselben in der Wange und empfand einen metallischen Geschmack im Munde. Wenn 6 Elemente gebraucht und die Blitze stärker wurden, zeigte sich zuweilen ein runder hellglänzender Körper.

Der Strom wurde im Anfang 5 Minuten, nach und nach länger bis zu 10 Minuten durchgeleitet. Wenn ich nur 4 Elemente brauchte, zeigte mein Auge während der Untersuchung

und nach derselben gar keine Ermüdung, wie dieß bei den normalen Prüfungen ohne vorhergegangene Galvanisation der Fall war. Ich empfand im Gegentheil ein Gefühl von Frische, von Stärke im Auge, besonders bemerkbar beim Vergleich mit dem linken nicht elektrisirten Auge. Die Anwendung von 6 Elementen ermüdete aber mein Auge, brachte ein starkes Zwicken hervor und verursachte mir für einige Stunden starken Kopfschmerz auf der rechten Seite. Eine leichte Verengerung der Pupille machte sich bemerkbar.

Ausführung der Prüfungen.

Der Gesichtssinn wurde nach dreierlei Richtungen hin geprüft:

1) Als Raumsinn;
2) als Farbensinn;
3) als Lichtsinn.

I. Untersuchung des Raumsinnes.

1. Prüfung der Sehschärfe bei diffusem Tageslichte.

Für die Bestimmung des kleinsten Gesichtswinkels, unter welchem Objekte eben noch sichtbar sind, im direkten Sehen, bediente ich mich der in der ophthalmologischen Praxis gebräuchlichsten Art der Prüfung der Sehschärfe. Die mit den Snellen'schen Probetafeln angestellte Prüfung ergab $^6/_5$ Sehschärfe bei diffusem Sonnenlicht.

Nach der Einwirkung des konstanten Stromes konnte ich keine Veränderung derselben, weder im positiven noch im negativen Sinne, konstatiren.

2. Prüfung der Sehschärfe unter dem Einfluss der Beleuchtung.

a. Mit einer genau bestimmten Beleuchtung.

Ich befestigte eine Tafel mit Probebuchstaben an die Wand, verdunkelte vollständig das Zimmer und stellte, einen

Meter von den Buchstaben entfernt, eine Normalkerze auf einen Tisch.

Ich näherte mich einem Metermaße entlang, das ich auf dem Boden angebracht hatte, und bestimmte meine Sehschärfe. Dabei bekam ich folgende Tabelle:

Tabelle I.

Entfernung in Metern.	Konstante Beleuchtung von 1 Normalkerze in 1 Meter Entfernung von den Buchstaben.	Nr. der Buchstaben.	Sehschärfen.
6		9	$^6/_9$
5		6	$^5/_6$
4		5	$^4/_5$
3		4	$^3/_4$
2		3	$^2/_3$

Der konstante Strom veranlaßte keine Veränderung. Die Tabelle blieb sich gleich.

b. Mit dem Minimum der mir nothwendigen Beleuchtung, um noch lesen zu können.

Dazu benutzte ich den Förster'schen Photometer mit einer Kerzenflamme. Schweigger'sche Probebuchstaben wurden in denselben gestellt, und ich bestimmte die Größe des Quadrats der Beleuchtung, die ich zum Lesen bedurfte. Buchstaben Nr. 0,6 konnte ich nur dann lesen, wenn das Quadrat bis zur größten Ausdehnung geöffnet wurde, somit bis zu 52 Mm.

Hier, zu meinem Erstaunen, wurde es mir unmöglich, die Schweigger'sche Nr. 0,6 zu unterscheiden; ich brauchte Nr. 0,9 für das größte Quadrat Licht des Photometers. Erklären kann ich mir diesen Befund gar nicht, weil er nicht mit den übrigen Resultaten übereinstimmt.

c. Dieselbe Untersuchung wurde auch von mir mit dem Förster'schen Photometer, statt mit Kerzenlicht, bei Sonnenlicht angestellt.

Ich stellte das Photometer vor das Fenster, ließ das helle Sonnenlicht in die Oeffnung einfallen und das Quadrat beleuchten, aber mich selbst sammt dem Kasten bedeckte

ich mit einem dichten, schwarzen Tuche, damit andere Lichtquellen, wie Spalten im Kasten oder die Oeffnung für die Augen, mich nicht stören sollten. Die Buchstaben Nr. 0,6 unterschied ich bei 7½ Mm., Nr. 0,5 bei 9 Mm., Nr. 0,4 bei 10½ Mm. Größe des Lichtquadrats. Dieselbe Untersuchung nach elektrischer Reizung zeigt uns nur ganz minimale Differenzen, wie aus Folgendem zu ersehen ist:

Buchstaben Nr. 0,4 unterschied ich bei 10 Mm.; Nr. 0,5 bei 8 Mm., Nr. 0,6 bei 7 Mm. Lichtquadrat. Eine Einwirkung der Elektrizität ist schwer anzunehmen in diesem Fall, wenngleich das Minimum der Beleuchtung sich für zwei Nummern um ½ Mm., für Nr. 0,5 um 1 Mm. reduzirte.

3. Wahrnehmung distinkter Punkte beim indirekten Sehen.

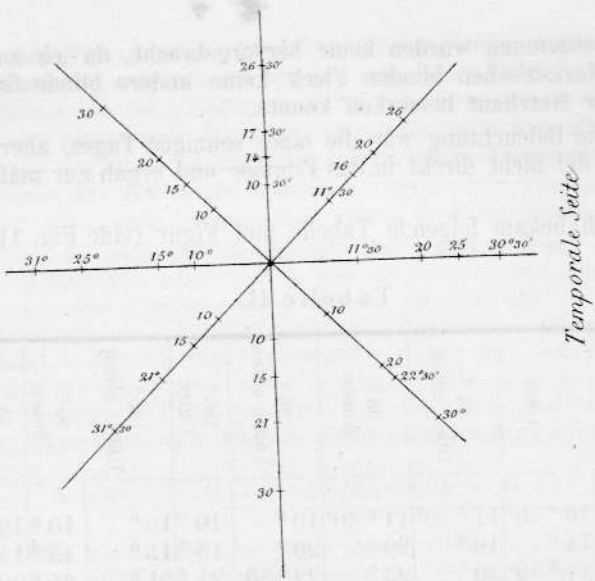
Man verfährt bei diesen Bestimmungen so, daß man am Perimeter einen Punkt fixirt und das zu beobachtende Objekt an dem Gradbogen so weit nach der Peripherie von dem fixirten Punkte fortschiebt, bis es undeutlich wird, bezw. in umgekehrter Richtung bis es deutlich wird (Aubert, Phys. Optik). Diesen Versuch stellte ich in der von Landolt und Ito angegebenen Weise an und nahm auch dieselbe Größe der Untersuchungsobjekte, die jene Forscher angenommen hatten.

Zwei kleine Quadrate wurden in schwarzer Farbe auf weiße Täfelchen gezeichnet und ihre gegenseitige Entfernung war gleich der Größe ihrer Seiten. Ich nahm vier Nummern von Quadraten an:

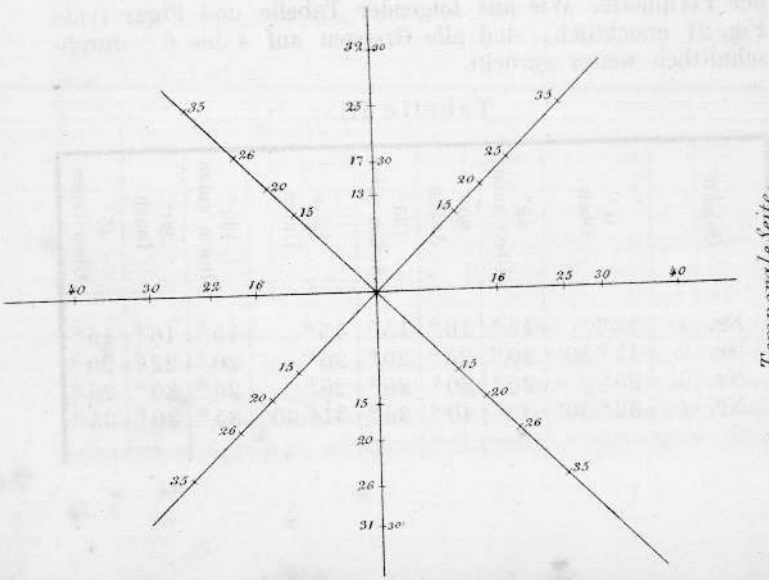
Nr. 1 hatte Quadrate von 1,9 Mm. Größe.
» 2 » » » 2,8 » »
» 3 » » » 4,7 » »
» 4 » » » 6,6 » »

Ich benutzte den Campimeter von Wecker, indem ich meine Täfelchen von der Peripherie gegen den Fixationspunkt (im Centrum) bewegte und notirte, auf welchem Grad ich zwei Punkte, als von einander getrennt, unterscheiden konnte. Ein gewisses Grenzgebiet, wo nach Landolt und Ito man im Zweifel ist, ob man einen Punkt oder zwei Punkte sieht, suchte ich zu eliminiren, indem ich die Unterscheidbarkeit der Punkte nur dann notirte, wo dieselben wirklich von einander distinkt wurden. Störungen in der Genauigkeit

Figur I.



Figur II.



der Bestimmung wurden keine hervorgebracht, da ich außer dem Mariott'schen blinden Fleck keine andere blinde Stelle auf der Netzhaut bemerken konnte.

Die Beleuchtung war die eines sonnigen Tages, aber die Sonne fiel nicht direkt in das Zimmer und ergab nur mäßige Helle.

Ich bekam folgende Tabelle und Figur (vide Fig. 1):

Tabelle II.

Objekt	0° Oben	45° Oben außen	90° Außen	135° Außen unten	180° Unten	135° Unten innen	90° Innen	45° Oben innen
Nr. 1	10° 30′	11° 30′	11° 30′	10°	10°	10°	10°	10°
Nr. 2	14°	16°	20°	20°	15°	15°	15°	15°
Nr. 3	17° 30′	20°	25°	22° 30′	21°	21°	25°	20°
Nr. 4	26° 30′	26°	30° 30′	30°	30°	31° 30′	31°	30°

Die Untersuchung, unmittelbar nach der elektrischen Reizung vorgenommen, ergab eine erhebliche Erweiterung der Grenzen für das Erkennen zweier distinkter Punkte an der Peripherie. Wie aus folgender Tabelle und Figur (vide Fig. 2) ersichtlich, sind alle Grenzen auf 4 bis 6° durchschnittlich weiter gerückt.

Tabelle III.

Objekte	0° Oben	45° Oben außen	90° Außen	135° Außen unten	180° Unten	135° Innen unten	90° Innen	45° Oben innen
Nr. 1	13°	15°	16°	15°	15°	15°	16°	15°
Nr. 2	17° 30′	20°	25°	20°	20°	20°	22°	20°
Nr. 3	25°	25°	30°	26°	26°	26°	30°	26°
Nr. 4	32° 30′	35°	40°	35°	31° 30′	35°	40°	35°

Acht Tage nach der letzten Elektrisirung unternahm ich eine Kontrolprüfung, welche seit der letzten Aufnahme keine Veränderung ergab.

16 Tage nach derselben zeigte mir eine neue Prüfung, daß die Grenzen sich ganz bis auf die ursprünglichen physiologischen zurückgezogen hatten.

4. Form und Ausdehnung des Gesichtsfeldes.

Die Bestimmung der Grenzen des Gesichtsfeldes, das von Aubert als derjenige Theil der Netzhaut bezeichnet ist, welcher Lichtempfindung vermittelt, wurde von mir mit dem Perimeter von Scherk gemacht. Ich fixirte die im Centrum sich befindende Elfenbeinkugel und ließ von der Peripherie weiße Quadrate von 20 Mm. Seite gegen den Fixationspunkt gleiten. Der Perimeter von Scherk ist in Meridiane eingetheilt, welche in einer Entfernung von 30 ° von einander stehen.

Um die Verengerung des Gesichtsfeldes durch die dem Auge benachbarten Theile (Nase etc.) zu eliminiren, drehte ich den Kopf leicht nach links, nach rechts, nach oben und unten, je nachdem ich mein Gesichtsfeld in diesen Richtungen bestimmte.

Die Untersuchung ergab für den vertikalen Meridian des rechten Auges durchschnittlich . . . . . 135 ° 36'
für den horizontalen . . . . . 173 ° 24'

Der horizontale und vertikale Meridian stimmt bei mir ziemlich überein mit dem Maximum, welches von Landolt und Uschakoff für die Meridiane bei Hypermetropie angegeben ist.

Die Resultate von Uschakoff sind:

Maximum der Meridian-Größe	horizont.	für Emmetr.	= 142 °
	vertikal	» »	= 120 °
	horizont.	» Myopie	= 140 °
	vertikal	» »	= 120 °
	horizont.	» Hypermetr.	= 174 °
	vertikal	» »	= 146 °

(Landolt und Wecker 5,614)

Die Form und Ausdehnung des Gesichtsfeldes erlitten durch den konstanten Strom eine erhebliche Erweiterung. Unmittelbar nach der ersten Anwendung desselben mit vier Elementen bei nur schwacher Reizung zeigte sich keine

Erweiterung und die Grenzen blieben den in der normalen Untersuchung gefundenen Durchschnittszahlen gleich. Am zweiten Tage trat, nach stärkerer Reizung, eine auffällige Erweiterung ein, die während den acht Tagen, in welchen ich den galvanischen Strom anwandte, nicht zurückging. Jedesmal vor der Anwendung desselben prüfte ich die vorherige Aufnahme und fand kein einziges Mal eine Verengerung des Gesichtsfeldes; ebenso waren am zweiten, vierten, sechsten und achten Tage nach der letzten Anwendung des konstanten Stromes die Grenzen noch nicht zurückgegangen.

Aus der folgenden Tabelle, auf welcher der physiologische Befund, wie auch derselbe nach der Elektrisirung angegeben ist, können wir sehen, daß die Erweiterung sich hauptsächlich in dem horizontalen Meridiane bemerkbar machte; der horizontale Meridian zeigte mit dem normalen eine Differenz von 22 °; der vertikale Meridian nur eine kleine Differenz von 8 °.

	Normal	Nach Anwendung der konst. Ström.	Differenz
Vertikaler Meridian .	135 °	143 °	8 °
Horizontaler Meridian	173 °	195 °	22 °

Tabelle IV.

Grade		Normale Untersuchung	Untersuchung nach Anwendung der konst. Ström.	Differenzen Zahlen
Temporalwärts	0 °	68 °	68 °	0 °
	30 °	82 °	95 °	13 °
	60 °	100 °	106 °	6 °
	90 °	100 °	112 °	12 °
	120 °	95 °	104 °	9 °
	150 °	84 °	94 °	10 °
	180 °	67 °	75 °	8 °
Nasalwärts	150 °	69 °	70 °	1 °
	120 °	71 °	78 °	7 °
	90 °	73 °	83 °	10 °
	60 °	74 °	83 °	9 °
	30 °	71 °	74 °	3 °

Alle die angegebenen Zahlen sind Durchschnittszahlen von mehrmaligen Untersuchungen.

Erst 16 Tage nach der letzten Elektrisirung hatte das Gesichtsfeld seine normalen Grenzen wieder angenommen.

II. Untersuchung des Farbensinnes.

1. Bestimmung des kleinsten Gesichtswinkels, unter welchem eine Farbe erkannt wird im direkten Sehen.

Die Untersuchung über die Wahrnehmbarkeit der Farben unter dem kleinsten Gesichtswinkel oder in der größten Entfernung, bei welcher man sie unterscheiden kann, wurde von mir nach den von Aubert, Landolt, Hippel und Andern angegebenen Methoden gemacht.

Ich befestigte an eine Wand schwarze und weiße Tafeln von 100 Mm. Höhe und 80 Mm. Breite und klebte darauf farbige Quadrate von 2 Mm. Seite.

Die Beleuchtung war die eines sonnigen Tages. Ich ging längs einem an der Wand gezeichneten Metermaße vorwärts und notirte die Entfernung, in welcher die Farbe sich meinem Auge in ihrer richtigen Qualität zeigte.

Der Versuch ergab folgende Tabelle, worin die Größe der Gesichtswinkel aus der Entfernung und Größe der Quadrate berechnet ist:

Tabelle V.

Farben.	Schwarzer Grund.			Weißer Grund.		
	Gesichtswinkel.	Seite des Quadrat	Entfernung.	Gesichtswinkel.	Seite des Quadrat	Entfernung.
		Mm.			Mm.	
Gelb	1′ 9″	2	6 Meter	1′ 23″	2	5 Meter
Orange	1′ 9″	2	6 „	1′ 23″	2	5 „
Roth	1′ 23″	2	5 „	1′ 43″	2	4 „
Grün	1′ 9″	2	6 „	1′ 23″	2	5 „
Blau	3′ 26″	2	2 „	3′ 26″	2	2 „
Violet	3′ 26″	2	2 „	6′ 52″	2	1 „

Demgemäß stimmen meine Befunde mit denen von Landolt und Hippel gar nicht überein, denn sie haben viel klei-

nere, fast zur Hälfte kleinere Gesichtswinkel als ich gefunden. Was die Erkennung der Farben auf schwarzem Grunde betrifft, stimmt mein Befund am nächsten mit Wittich überein. Auf weißem Grunde dagegen habe ich kleinere Gesichtswinkel als er erlangt, daher auch keinen so großen Unterschied zwischen schwarzem und weißem Grunde für die Erkennung der Farben.

Ich benutzte auch die Tafeln von Dor und die Farbenscala von Ad. Weber für dieselbe Bestimmung. Wegen Mangel an Platz konnte ich nur diejenige Tafel von Dor benutzen, welche für eine Entfernung von 5 Meter berechnet ist und fand, daß ich die Farben erkannte:

Gelb in einer Entfernung von 6 Meter.
Orange „ „ „ „ 6 „
Roth „ „ „ „ 6 „
Grün „ „ „ „ 6 „
Blau „ „ „ „ 6 „
Violet „ „ „ „ 5 „

BIBLIOTECA VECCHIA ROMA

Die Scala von Weber prüfte ich nach seiner Angabe auf folgende Weise:

Ich verdunkelte das Zimmer, bis ich die Sehschärfe = 1 hatte oder die Snellen'schen Probetafeln Nr. 6 in einer Entfernung von 6 Meter noch lesen konnte. Bei dieser Beleuchtung konnte ich nur mit großer Anstrengung alle Farben in der von Weber angegebenen Entfernung unterscheiden.

Nach Einwirkung des konstanten Stromes bekam ich folgende Tabelle, aus welcher ersichtlich ist, daß der Gesichtswinkel für die Erkennung der Farben keine Veränderung außer für Blau und Roth erfahren hatte. Anstatt wie normal das blaue Quadrat unter einem Gesichtswinkel von 3′ 26″ oder 2 Meter Distanz erkannt wird, konnte ich es auf schwarzem Grunde schon in einer Entfernung von 3 Meter = 2′ 18″ Gesichtswinkel, also unter einem kleineren Gesichtswinkel deutlich bemerken. Das rothe Quadrat auf schwarzem Grunde wurde auch unter einem Gesichtswinkel von 1′ 9″ = 6 Meter Distanz erkannt, statt unter einem Gesichtswinkel von 1′ 23″ gesehen zu werden; auch auf weißem Grunde wurde der Gesichtswinkel kleiner — also 1′ 9″ anstatt 1′ 43″.

Tabelle VI.

Farben.	Schwarzer Grund.			Weißer Grund.		
	Gesichts-winkel.	Seite des Quadrat	Entfer-nung.	Gesichts-winkel.	Seite des Quadrat	Entfer-nung.
		Mm.			Mm.	
Gelb	1′ 9″	2	6 Meter	1′ 43″	2	4 Meter
Orange	1′ 9″	2	6 „	1′ 9″	2	6 „
Roth	1′ 9″	2	6 „	1′ 9″	2	6 „
Grün	1′ 9″	2	6 „	1′ 9″	2	6 „
Blau	2′ 18″	2	3 „	3′ 26″	2	2 „
Violet	3′ 26″	2	2 „	6′ 52″	2	1 „

Mit den Tafeln von Dor und der Scala von Weber konnte ich keinen Unterschied finden.

2. Prüfung der Farbenwahrnehmung unter dem Einfluss der Beleuchtung oder die Bestimmung der Lichtmenge, die nöthig ist, um die Farbe zu unterscheiden.

Dazu benutzte ich das Förster'sche Photometer mit Sonnenlicht. Diese Untersuchung wurde gleich derjenigen auf Seite 7—8 angegebenen ausgeführt.

Im Kasten wurden auf schwarzem Grunde farbige Quadrate von zwei verschiedenen Größen einer nach dem andern eingestellt und die Oeffnung des quadratischen Diaphragma so weit geöffnet, bis ich die Farbe erkannte. Die Prüfung mit Quadraten von 2 Mm. Seite und von 20 Mm. Seite ergab folgende Tabelle, in welcher die Zahlen das Quadrat der Beleuchtung angeben:

Tabelle VII.

Objekte	Gelb	Orange	Roth	Grün	Blau	Violet
von 2 Mm. S.	3 Mm.	3½ Mm.	4½ Mm.	4½ Mm.	10 Mm.	7 Mm.
von 20 Mm. S.	3 Mm.	2½ Mm.	3½ Mm.	4½ Mm.	5 Mm.	5 Mm.

Nach der Galvanisation erhielt ich, wie aus folgender Tabelle ersichtlich, im Allgemeinen so geringe Differenzen, daß derselben kaum ein Einfluß zugeschrieben werden darf.

Das Verhalten des Blau allein bleibt auffallend; Quadrate von 2 Mm. Seite wurden schon bei einer Oeffnung von 6 Mm. erkannt, während ich, vor der Anwendung des Stromes, 10 Mm. dazu brauchte, — es resultirt somit eine Differenz von 4 Mm.; — für ein blaues Objekt von 20 Mm. Seite genügten mir 3 Mm. anstatt 5 Mm. — also eine Differenz von 2 Millimeter.

Tabelle VIII.

Objekte	Gelb	Orange	Roth	Grün	Blau	Violet
von 2 Mm. S.	3 Mm.	4 Mm.	4 Mm.	4 Mm.	6 Mm.	7 Mm.
von 20 Mm. S.	2½ Mm.	3 Mm.	3 Mm.	4 Mm.	3 Mm.	7 Mm.

3. Die Farbenempfindung bei indirektem Sehen.

Für diese Untersuchung benutzte ich den Perimeter von Scherk und farbige Quadrate von 20 Mm. Seite. Die einen wurden direkt auf dem schwarzen Grunde des Perimeters von der Peripherie gegen das Centrum bewegt, die andern auf weiße Tafeln von 60 Mm. Seite angeklebt, zur Untersuchung der Farben auf weißem Grunde.

Ich arbeitete hier auch nur bei hellem Sonnenlicht, um vergleichbare Resultate zu erreichen.

Orange gebe ich gar nicht an, denn es fiel immer mit dem Roth zusammen.

Blau wurde immer zuerst als schwarz gesehen, dann dunkelblau und zuletzt in seiner wirklichen Farbe.

Roth erschien mir zuerst grau, gelb, zuletzt erst roth.

Gelb wurde zuerst als weiß gesehen, dann gelb.

Grün zuerst weiß, dann gelb, zuletzt grün.

Violet erschien blau und die Erkennung desselben fiel immer mit Grün zusammen.

Ich notirte die Grenze der farbigen Empfindung an dem Punkte, wo ich die Farbe in ihrem richtigen Ton erkannte.

Auf schwarzem Grunde erkannte ich am wenigsten weit vom Fixationspunkt Violet und Grün zusammen, dann Gelb, Roth und am weitesten Blau.

Auf weißem Grunde wurden die Farben weniger peripher gesehen, besonders das Blau. Gelb verglichen mit den andern Farben rückte mehr nach der Peripherie hinaus;

aber alle Farben, außer Grün und Violet, welche sich gleich wie auf schwarzem Grunde verhielten, kreuzten sich und gaben keine so regelmäßigen Grenzen.

Wenn ich nur den horizontalen und vertikalen Durchmesser von jeder Farbe auf schwarzem und weißem Grunde nehme, so bekomme ich folgende Zahlen im Durchschnitt:

		Schwarzer Grund:	Weißer Grund:
Blau	horizontaler Meridian	= 148°	111°
	vertikaler „	= 110°	93°
Roth	horizontaler „	= 136°	103°
	vertikaler „	= 99°	85°
Gelb	horizontaler „	= 134°	117°
	vertikaler „	= 93°	97°
Grün	horizontaler „	= 64° 30′	62°
	vertikaler „	= 52°	54°

Die Farbenempfindung bei indirektem Sehen zeigte unter der Einwirkung der Elektrizität eine auffallende Veränderung. Schon nach der ersten Elektrisirung bewies eine Prüfung der Farben am Perimeter, daß ein Vorwärtsrücken ihrer Grenzen stattgefunden hatte. Ich gebe hier die horizontalen und vertikalen Meridiane und die Differenz von der oben angeführten Norm.

Auf schwarzem Grunde:

Blau	horizontaler M.	= 165°	Differenz	von	Norm	17°
	vertikaler M.	= 125°	»	»	»	15°
Roth	horizontaler M.	= 137°	»	»	»	1°
	vertikaler M.	= 108°	»	»	»	9°
Gelb	horizontaler M.	= 134°	»	»	»	0°
	vertikaler M.	= 101°	»	»	»	8°
Grün	horizontaler M.	= 80°	»	»	»	15° 30′
	vertikaler M.	= 62°	»	»	»	10°

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß alle Farben, besonders aber Blau und Grün, eine Erweiterung ihrer Grenzen erlitten; bei stärkerer Reizung behielt das Grün dieselben Grenzen; Blau aber erweiterte sich noch mehr.

Den nächsten Morgen, vor der Wiederholung der Elektrisirung, prüfte ich abermals das Gesichtsfeld für Farben und überzeugte mich, daß seit der gestrigen Aufnahme keine Veränderung stattgefunden hatte. Eine stärkere elektrische Erregung am zweiten Tage erweiterte die Grenzen für die

Farbenwahrnehmung noch mehr, grün ausgenommen; dann aber blieben diese Grenzen konstant, ob ich das Auge elektrisch reizte, oder gar keine Elektrizität anwandte.

Acht Tage nach der letzten Galvanisirung war noch keine Veränderung der Grenzen bemerkbar. Ich gebe hier eine ausführliche Tabelle als das Resultat meiner perimetrischen Messungen. Zum besseren Vergleich sind die der Farbengesichtsfelder, vor wie nach der Anwendung des konstanten Stromes, sowie die Differenz beider, neben einander gestellt.

Meine Zahlen sind Durchschnittszahlen vieler Untersuchungen. Besonders verdienen diejenigen auf schwarzem Grunde als zuverlässig berücksichtigt zu werden; was die auf weißem Grunde betrifft, so sind sie nicht so befriedigend, weil die Schwankungen größer sind. Die Ursache davon liegt wahrscheinlich in der Blendung, die je nach geringerer oder größerer Ermüdung des Auges nicht immer gleich wirkt. Dennoch ist die Erweiterung der Grenzen der Farben auf weißem Grunde merklich vorgeschritten.

Tabelle IX.

Blau.

Grad		Schwarzer Grund			Weißer Grund		
		Normal	Elektr.	Differenz	Normal	Elektr.	Differenz
Temporal	0°	52°	58°	6°	44°	48°	4°
	30°	65° 45′	82° 30′	16° 45′	49°	65°	16°
	60°	82° 15′	100°	17° 45′	59°	84°	25°
	90°	89° 30′	101°	11° 30′	59°	84°	25°
	120°	90°	101°	11°	58°	82°	24°
	150°	78°	87°	9°	55°	74°	19°
	180°	58°	69°	11°	49°	58°	9°
Nasal	150°	58°	63°	5°	51°	57°	6°
	120°	58°	65°	7°	53°	57°	4°
	90°	58° 30′	67°	8° 30′	52°	56°	4°
	60°	57°	69°	12°	52°	54°	2°
	30°	54°	62°	8°	49°	52°	3°

Roth.

	Grad	Schwarzer Grund			Weißer Grund		
		Normal	Elektr.	Differenz	Normal	Elektr.	Differenz
Temporal	0°	47°	53°	6°	39°	45°	6°
	30°	62°	75°	13°	46°	80°	34°
	60°	81°	94°	13°	58°	94°	36°
	90°	88° 30′	96°	7° 30′	61°	96°	35°
	120°	87°	96°	9°	59°	88°	29°
	150°	71°	80°	9°	55°	70°	15°
	180°	52°	63°	11°	46°	55°	9°
Nasal	150°	47°	56°	9°	43°	52°	9°
	120°	47°	56°	9°	43°	52°	9°
	90°	47° 30′	56°	8° 30′	42°	54°	12°
	60°	47°	55°	8°	42°	52°	10°
	30°	45° 30′	51°	5° 30′	36°	49°	13°

Gelb.

	Grad	Schwarzer Grund			Weißer Grund		
		Normal	Elektr.	Differenz	Normal	Elektr.	Differenz
Temporal	0°	44°	50°	6°	46°	44°	—2°
	30°	55°	72°	17°	55°	60°	5°
	60°	72°	92°	20°	65°	70°	5°
	90°	87°	93°	6°	68°	89°	21°
	120°	86°	90°	4°	70°	80°	10°
	150°	67°	72°	5°	64°	64°	0°
	180°	49°	57°	8°	51°	52°	1°
Nasal	150°	44°	52°	8°	47°	48°	1°
	120°	45°	52°	7°	49°	50°	1°
	90°	47°	52°	5°	49°	50°	1°
	60°	46°	52°	6°	42°	50°	8°
	30°	43°	49°	6°	47°	46°	—1°

Grün.

Grad		Schwarzer Grund			Weißer Grund		
		Normal	Elektr.	Differenz	Normal	Elektr.	Differenz
Temporal	0°	27°	32°	5°	26°	32°	6°
	30°	30° 30′	37°	6° 30′	27°	35°	8°
	60°	37°	49°	12°	33°	46°	13°
	90°	36° 30′	48°	11° 30′	36°	50°	14°
	120°	34°	44°	10°	34°	46°	12°
	150°	28° 30′	36°	7° 30′	30°	35°	5°
	180°	25°	31°	6°	28°	30°	2°
Nasal	150°	25°	31°	6°	26°	30°	4°
	120°	26°	30°	4°	27°	30°	3°
	90°	28°	30°	2°	26°	30°	4°
	60°	27°	30°	3°	26°	30°	4°
	30°	26° 30′	30°	3° 30′	25°	30°	5°

Wenn wir nur die horizontalen und vertikalen Meridiane berücksichtigen, so bekommen wir folgende Tabelle:

Tabelle X.

Meridiane		Schwarzer Grund			Weißer Grund		
		Normal	Elektr.	Differenz	Normal	Elektr.	Differenz
Blau	horizontaler	148°	168°	20°	111°	140°	29°
	vertikaler	110°	127°	17°	93°	106°	13°
Roth	horizontaler	136°	152°	16°	103°	150°	47°
	vertikaler	99°	116°	17°	85°	100°	15°
Gelb	horizontaler	134°	145°	11°	117°	139°	22°
	vertikaler	93°	107°	14°	97°	96°	—1°
Grün	horizontaler	64° 30′	78°	13° 30′	62°	80°	18°
	vertikaler	52°	63°	11°	54°	62°	8°

Eine gleichmäßige Erweiterung der Grenzen ist jedoch nicht vorhanden. Die größte fällt bei allen Farben auf die obere Temporalseite und auf den horizontalen Meridian.

Nachdem ich acht Tage lang mein rechtes Auge mit dem galvanischen Strom gereizt hatte, setzte ich damit aus und wiederholte die perimetrischen Messungen am zweiten, vierten und sechsten Tage. Am achten Tage waren die Grenzen noch immer die gleichen, die ich unter der Einwirkung der Elektrisirung erhalten hatte. Am sechszehnten Tage aber fand ich eine Verengerung; die Grenzen wurden beinahe denjenigen gleich, die ich nach der ersten Galvanisirung gefunden hatte.

Zum Beweis dienen die folgenden Zahlen:

Blau { horizontal M. = 158°, Differenz von Norm + 10°, Abnahme seit der letzten Elektrisirung 10°;
vertical M. = 119°, Differenz von Norm + 9°, Abnahme seit der letzten Elektrisirung 8°;

Roth { horizontal M. = 146°, Differenz von Norm + 10°, Abnahme seit der letzten Elektrisirung 6°;
vertical M. = 106°, Differenz von Norm + 7°, Abnahme seit der letzten Elektrisirung 10°;

Gelb { horizontal M. = 138°, Differenz von Norm + 4°, Abnahme seit der letzten Elektrisirung 7°;
vertical M. = 100°, Differenz von Norm + 7°, Abnahme seit der letzten Elektrisirung 7°;

Grün { horizontal M. = 68°, Differenz von Norm + 3½°, Abnahme seit der letzten Elektrisirung 10°;
vertical M. = 57°, Differenz von Norm + 5°, Abnahme seit der letzten Elektrisirung 6°.

4. Empfindlichkeit für Farbennuancen.

Ich stellte meine Versuche nach den Angaben von Chodin an und fand mich im Allgemeinen in Uebereinstimmung mit seinem Befunde. Ich benutzte den Masson-Maxwell'schen Drehapparat, an welchem farbige Sektoren auf einer schwarzen oder weißen Scheibe sich befanden; die Scheibe mit dem farbigen Sektor befand sich wieder auf schwarzem oder weißem Grunde; die Farbe des Grundes bedeckte auch von Vorn den zentralen Theil der Scheibe, so daß von der Scheibe mit dem Sektor nur ein Kranz von 30 Mm. Breite übrig blieb. Es wurden für jede Farbe 4 Bestimmungen gemacht:

1) Mit farbigem Sektor auf schwarzem Kranze:
   a. auf schwarzem,
   b. auf weißem Grunde.
2) Mit farbigem Sektor auf weißem Kranze:
   a. auf schwarzem,
   b. auf weißem Grunde.

Die Untersuchung Nr. 1 gab die Empfindlichkeit der Farben bei dem Minimum der Intensität (Minimum des intensités, von Landolt) der Farben auf schwarzem und weißem Grunde, und die Untersuchung Nr. 2 gab die Empfindlichkeit der Farben bei dem Minimum ihrer Sättigung (La saturation) ebenfalls auf schwarzem und weißem Grunde.

Ich saß in 50 Mm. Entfernung von der rotirenden Scheibe und arbeitete bei hellem sonnigem Tageslichte.

Bei der Bestimmung nahm ich zwei Grenzen an: 1) da wo der Kranz anfing, sich in einem veränderten Tone zu zeigen und 2) wo die Färbung so deutlich erkennbar wurde, daß ich mir sagen konnte: 1) die Scheibe ist nicht mehr weiß oder nicht mehr schwarz und 2) ich erkenne die blaue, rothe und andere Färbungen des Kranzes.

Tabelle XI.

Minimum der Intensität der Farben, farbige Sektoren auf schwarzem Kranze.

Grund	Gelb	Orange	Roth	Grün	Blau	Violet	Weiß
Schwarz	$^1/_2{}^0$—1°	$^1/_2{}^0$—1°	$^1/_2{}^0$—3°	1°— 2°	2°— 7°	5°—10°	1°
Weiß	2°—5°	3°—5°	3°—8°	2°—10°	8°—13°	10°—25°	3°

Minimum der Sättigung der Farben, farbige Sektoren auf weißem Kranze.

Grund	Gelb	Orange	Roth	Grün	Blau	Violet	Weiß
Schwarz	10°—25°	3°—10°	10°—20°	20°—30°	15°—(?)	15°—(?)	10°
Weiß	5°—10°	1°— 7°	3°—10°	5°—15°	10°—(?)	5°—(?)	2°

Die Zahlen in Graden angegeben bedeuten die Größe des farbigen Sektors, die erste Zahl ist die erste Grenze, die zweite danebenstehende ist die zweite Grenze.

Zu bemerken habe ich, daß bei der Mischung des farbigen Sektors mit dem weißen oder schwarzen Kranze sich nicht nur die Intensität und Sättigung der Farbe, sondern zuweilen auch der Farbenton ändert. So erscheint Blau auf weißem Kranze und schwarzem Grunde nicht blau, sondern rosa, dann violet. Wenn ich mehr als 15° Sektore nahm, so bekam ich blaue Sektore zu sehen; aber eine Mischung konnte ich nicht mehr erzielen.

So gab mir auch violet mit einem Sektor von 5° auf schwarzem Kranze und schwarzem Grunde einen bläulichen Schein; mit 10° erst wurde die Farbe deutlich violet. Auf weißem Kranze und schwarzem Grunde wurde für violet erst mit 15° eine Veränderung des Kranzes erzielt, aber eine deutliche farbige Mischung konnte ich nicht bekommen, denn Sektoren von 25° und mehr wurden immer als solche gesehen. Auf weißem Kranze und weißem Grunde gab ein Sektor von 5° violet eine gräuliche Färbung des Kranzes; größere Sektoren gaben eine grau-bläuliche ungleichmäßige Färbung; 20° Sektor keine Mischung mehr.

Orange wurde von mir nicht von roth unterschieden, nur brauchte ich kleinere Sektoren, um dieselbe Nuance zu erlangen. Wie Chodin finde auch ich, daß die minimale Größe des farbigen Sektors, welche noch im Stande ist, einen chromatischen Eindruck hervorzurufen, je nach dem Verhalten des Grundes und dem des Kranzes verschieden ist.

Die größte Empfindlichkeit der Farben zeigte sich bei mir für Orange, Gelb, Roth, Grün, dann für Blau und Violet.

So ist auf schwarzem Kranze und schwarzem Grunde (d. h. bei dem Minimum der Intensität der Farben auf schwarzem Grunde) für Orange ein Sektor von weniger als 1° nöthig, um eine Veränderung des Tones des Kranzes (erste Grenze) zu erzeugen; also weniger als $^1/_{360}$; für Gelb dasselbe; für Roth auch, für Grün ein Sektor von 1° = $^1/_{360}$; für Blau ein Sektor von 2° = $^1/_{180}$; für Violet ein Sektor von 5° = $^1/_{72}$ Empfindlichkeit. Für die deutliche Erkennung der Farbe (zweite Grenze) ist für Orange 1° = $^1/_{360}$ Empfindlichkeit; für Roth 3° = $^1/_{120}$; für Grün 2° = $^1/_{180}$ und Violet 10° = $^1/_{36}$.

Bei Vergleichung der Farben bei minimaler Sättigung auf weißem Grunde mit farbigem Sektor auf weißem Kranze nahm die Empfindlichkeit, wie es auch Chodin herausfand, bedeutend ab, obgleich die Reihenfolge dieselbe bleibt. (Das Roth ausgenommen, welches vor das Gelbe tritt.) Für Orange ist sie $1^0 = {}^1/_{360}$; für Gelb $5^0 = {}^1/_{72}$; für Roth $3^0 = {}^1/_{120}$; für Grün $5^0 = {}^1/_{72}$; für Blau $10^0 = {}^1/_{36}$ und Violet $5^0 = {}^1/_{72}$ Empfindlichkeit, um eine Veränderung des Tones des Kranzes zu bekommen. Um die Farben deutlich zu erkennen, beträgt die Empfindlichkeit für Orange $7^0 = {}^1/_{51}$; Gelb $10^0 = {}^1/_{36}$; Roth $10^0 = {}^1/_{36}$; Grün $15^0 = {}^1/_{24}$; Blau und Violet mischten sich nicht mehr gut. Wenn der Grund eine große Helligkeitsdifferenz gegenüber dem Kranze aufwies, so nahm die Empfindlichkeit für Farben noch mehr ab, besonders wenn der Grund schwarz und der Kranz weiß war. So wurde um eine Veränderung des Tones des Kranzes zu erzeugen (weißer Kranz auf schwarzem Grunde) für Orange $3^0 = {}^1/_{120}$; Gelb $10^0 = {}^1/_{36}$; Roth $10^0 = {}^1/_{36}$; Grün $20^0 = {}^1/_{18}$; Blau $15^0 = {}^1/_{24}$ und Violet $15^0 = {}^1/_{24}$ nöthig.

Für die deutliche Erkennung der Farben war für Orange $10^0 = {}^1/_{36}$; für Gelb $25^0 = {}^1/_{14}$; für Roth $20^0 = {}^1/_{18}$; für Grün $30^0 = {}^1/_{12}$ nöthig; für Blau und Violet bekam ich keine Mischung mehr.

Wenn der Grund weiß ist und der Kranz schwarz, so wird die Größe der Sektoren kleiner, dadurch auch die Empfindlichkeit größer. Erste Grenze: Für Grün und Gelb ${}^1/_{180}$; für Roth und Orange ${}^1/_{120}$; für Blau ${}^1/_{45}$ und Violet ${}^1/_{36}$. Zweite Grenze: Für die deutliche Erkennung der Farben brauchte ich für Orange und Gelb ${}^1/_{72}$; Roth ${}^1/_{45}$; Grün ${}^1/_{36}$; Blau ${}^1/_{27}$ und Violet ${}^1/_{14}$.

Meine Bestimmungen auf schwarzem Grunde und schwarzem Kranze stimmen ziemlich mit denen von Chodin überein, nur kommt bei mir die Empfindlichkeit für Roth vor dem Grün und bedarf ich für Violet eines viel größeren Sektors. Auf schwarzem Kranze mit weißem Grunde stimmen Chodin's Bestimmungen mit den meinigen noch besser überein, wie auch die Bestimmung des Minimums der Sättigung der Farbe, mit Ausnahme von Violet und Blau, dessen vollständige Mischung mir nicht gelungen ist. In der Mischung der Farben auf weißem Kranze und weißem Grunde fand ich keine Uebereinstimmung mit Chodin, meine Sektoren mußten stets größer sein als die seinigen.

Die Zahlen in Graden, welche Chodin angibt, stehen beinahe alle zwischen den zwei von mir angegebenen Grenzen: der Veränderung des Tones des Kranzes und der Wahrnehmung der Farbe selbst.

Die Prüfung der Empfindlichkeit der Farben, bei dem Minimum der Intensität unter Einwirkung der Elektrizität, ergab auch einige positive Resultate.

Ersichtlich ist aus folgender Tabelle, daß auf schwarzem Kranze und schwarzem Grunde Gelb, Orange und Grün keine Veränderung des Winkels zeigten.

Die Erkennung von Roth wurde schon mit einem Sektor von 2° anstatt 3° wie Normal erzielt, also $^1/_{180}$ anstatt $^1/_{120}$ Empfindlichkeit. Für Blau genügten statt 7° schon 4°, also hatte sich meine Empfindlichkeit von $^1/_{58}$ auf $^1/_{90}$ gesteigert. Die Mischung war für mein Auge viel gleichmäßiger, als bei der normalen Untersuchung. Violet wurde auch mit einem kleineren Sektor unterschieden; ich brauchte 8° statt 10°, also $^1/_{45}$ statt $^1/_{36}$ Empfindlichkeit.

Auf schwarzem Kranze und weißem Grunde wurde noch eine größere Empfindlichkeit für Farbennuancen bemerklich, Blau ausgenommen, das sich vollständig gleich verhielt. Gelb wurde mit 4° statt 5° erkannt, also $^1/_{90}$ statt $^1/_{72}$ Empfindlichkeit; Orange mit 3° statt 5°, also $^1/_{120}$ statt $^1/_{72}$ Empfindlichkeit; Roth mit 7° statt 8°, also $^1/_{58}$ statt $^1/_{45}$ Empfindlichkeit; Grün mit 7° statt 10°, = $^1/_{58}$ statt $^1/_{36}$ Empfindlichkeit; Violet mit 20° statt 25°, = $^1/_{18}$ statt $^1/_{14}$ Empfindlichkeit.

Die Prüfung der Empfindlichkeit für Farben bei dem Minmum ihrer Sättigung auf weißem Kranze und schwarzem Grunde zeigte auch eine Zunahme der Empfindlichkeit, Orange, Grün und Violet ausgenommen; zur Erkennung von Gelb brauchte ich 23° statt 25°, = $^1/_{15}$ statt $^1/_{14}$ Empfindlichkeit; für Roth 12° statt 20°, = $^1/_{30}$ statt $^1/_{18}$; für Blau 10°, = $^1/_{36}$ Empfindlichkeit — wenn auch die Mischung keine gleichmäßige war. Auf weißem Kranze und weißem Grunde war eine Zunahme der Empfindlichkeit vorhanden nur für Orange, wobei 6° statt 7° genügten, also $^1/_{60}$ statt $^1/_{51}$ und für Roth, wo 7° statt 10° = $^1/_{51}$ statt $^1/_{36}$ — die Nuance hervorbrachten.

Tabelle XII.

Minimum der Intensität der Farben, farbigen Sektoren auf schwarzem Kranze.

Grund	Gelb	Orange	Roth	Grün	Blau	Violet
Schwarz	1°	1°	2°	2°	4°	8°
Weiß	4°	3°	7°	7°	13°	20°

Minimum der Sättigung der Farben, farbigen Sektoren auf weißem Kranze.

Grund	Gelb	Orange	Roth	Grün	Blau	Violet
Schwarz	23°	10°	12°	30°	10°	
Weiß	10°	6°	7°	15°	13°	

Für diese Tabelle habe ich nur die zweite Grenze angegeben — Wahrnehmung der Farbe selbst.

III. Untersuchung des Lichtsinnes.

1) Ich hielt mich für diese Bestimmung an den Förster'schen Photometer, in dessen Kasten ich ein weißes Papier mit schwarzen Streifen stellte. Ich bediente mich des Kerzenlichtes im dunkeln Zimmer, auch des Sonnenlichtes gleich wie bei der Bestimmung der Beleuchtung für die Farben- und Buchstaben-Wahrnehmung.

Beim Kerzenlicht fand ich, daß die Größe des nöthigen Lichtquadrats = 1 Mm. war, mit Sonnenlicht = 1/4 bis 1/2 Mm.

2) Für dieselbe Prüfung bediente ich mich auch der Masson'schen Scheiben.

Für Unterschiede der bloßen Helligkeit erhielt ich auf weißer Scheibe mit schwarzem Sektor die Empfindlichkeit = 2° = 1/180. Die Grenze der Leistungsfähigkeit meiner Augen bei abnehmender Helligkeit der Scheiben (nach Aubert) wurde mit schwarzen Scheiben und weißen Sektoren gemacht und ergab eine Empfindlichkeit von 1° = 1/360. Beide Prüfungen zeigten nach elektrischer Reizung keine +Resultate — keinen Unterschied vom physiologischen Verhalten.

Schluss.

Wenn ich jetzt die Ergebnisse meiner Untersuchungen in Kürze zusammenfasse, so erweist sich, daß die Anwendung des konstanten Stromes folgende Wirkungen auf das Auge ausübt:

Die Untersuchung des Raumsinns: 1) Die Prüfung der Sehschärfe

a. bei Sonnenlicht,

b. unter dem Einfluß der Beleuchtung,

oder in andern Worten die Prüfung des centralen Sehens fiel negativ aus.

Dagegen ergaben die zwei Prüfungen des indirekten Sehens: 1) Die Wahrnehmung zweier distinkter Punkte, und 2) die Ausdehnung des Gesichtsfeldes positive Resultate. Beide erfuhren eine ziemlich starke Erweiterung ihrer Grenzen, die erst nach zwei Wochen zu ihrer Norm zurückkehrten.

Die Untersuchung des Farbensinns im direkten Sehen: 1) Die Bestimmung des kleinsten Gesichtswinkels, unter welchem eine Farbe erkannt wird, gab positive Resultate nur für blau und roth, die unter einem kleineren Gesichtswinkel gesehen wurden; die andern Farben erlitten keine Veränderung. Zweitens, dieselbe Untersuchung unter dem Einfluß der Beleuchtung gab ein positives Resultat für blau allein, das mit einer kleineren Lichtmenge als physiologisch erkannt wurde. 3) Die Untersuchung der Empfindung für Farbennuancen zeigte auch unter dem Einfluß der Elektrisirung nur für blau und roth eine erhöhte Empfindlichkeit.

Auf das indirekte Sehen dagegen hatte der elektrische Strom eine auffallende Wirkung. Alle Farben erlitten eine starke Erweiterung ihrer Grenzen, dieselbe veränderte sich gar nicht während acht Tagen nach der Elektrisirung; eine Woche später, erst in 16 Tagen, bemerkte ich eine Verengerung, welche die Mitte hielt zwischen dem physiologischen Zustande und dem elektrisch gereizten. Die Erweiterung der Farbengrenzen zeigte sich am stärksten für Blau und Roth, welche durchschnittlich um 15°, und für Gelb und Grün, welche um 10° vorgerückt waren.

Der Lichtsinn ergab ein negatives Resultat.

Wenn wir die oben besprochenen Resultate mit denjenigen von v. Hippel unter der Wirkung des Strychnins vergleichen, so wird uns klar, daß sie sich auffallend ähnlich verhalten. Die Wirkung beider zeigt sich hauptsächlich in den peripheren Regionen der Retina. Nur hat sich der konstante Strom dem Strychnin gegenüber als ein bedeutend energischer wirkendes Mittel gezeigt, obgleich ich denselben mit sehr minimaler Stärke angewandt hatte. Die Reizung der Farben percipirenden Elemente erstreckte sich nicht nur auf eine Farbe, das Blau, sondern auf alle Farben und die Wirkung des konstanten Stromes hielt viel länger aus. Die längste Wirkung des Strychnins hielt 2, 3 und nur ein einziges Mal 8 Tage an (siehe S. 16: Ueber die Wirkung des Strychnins von v. Hippel,) währenddem die Wirkung des konstanten Stromes eine Dauer von 16 Tagen und länger erwies. Es folgt daraus, daß wir im konstanten Strom ein Mittel besitzen 1) das vorzugsweise bei allen Krankheiten anzuwenden ist, die eine Beschränkung des Gesichtsfeldes verursachen; 2) das man dem Strychnin vorziehen muß, da es eben so stark, wenn nicht noch energischer, dauernder wirkt und keine unangenehme Nebenwirkungen eines Giftes zur Folge hat, 3) das unschädlich ist, weil seine Stärke sich nach dem subjektiven Gefühl des Patienten selbst reguliren läßt.

Ich bedaure, daß Mangel an Zeit mir nicht erlaubte, dieselbe Untersuchung auf mehrere normale Augen auszudehnen und auch auf kranke Augen, wie v. Hippel es mit dem Strychnin that, hoffe aber, daß diese Arbeit Andere anregen wird, Nachforschungen über die genaueren Wirkungen eines so werthen therapeutischen Mittels weiter zu verfolgen.

14187

Druck von Jent & Reinert in Bern.

6403 / M