Ueber einige neue subjective Gesichterscheinungen.

Von

Sigmund Exner, studios. med.

Aus dem physiolog. Laborat. des Herrn Geheimrath H. Helmholtz
zu Heidelberg.

Im Verlauf einer eben im Druck begriffenen Arbeit »Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit«¹⁾ fielen mir einige subjective Erscheinungen auf, deren Beschreibung den Inhalt der vorliegenden Abhandlung bilden soll.

Es ist in der genannten Arbeit auf ein eigenthümliches Verhalten der fovea centralis bei Einwirkung von Zitterlicht aufmerksam gemacht, das aller Wahrscheinlichkeit nach in der auf experimentellem Wege nachgewiesenen Trägheit der Empfindung in der fovea seinen Grund hat; jetzt will ich auf einige subjective Erscheinungen etwas näher eingehen, die durch Einwirkung des Zitterlichtes auf die übrigen Netzhauttheile hervorgerufen werden.

Was zunächst den gelben Fleck anbelangt, so erscheint mir derselbe bei Lichtreizung der genannten Art, die ich entweder durch sehr rasch wiederholtes Blinzeln, oder durch schnelles Hin- und Herbewegen der ausgespreizten Finger vor dem Auge hervorzurufen pflege, je nach Intensität des Lichtes in verschiedener Art. Da die Erscheinung bei blauem Lichte bei weitem am deutlichsten ist, will ich sie beschreiben, wie sie sich beim Sehen durch ein Glas von dieser Farbe zeigt. Eine weiter unten zu beschreibende Figur, die in der fovea centralis unter diesen Umständen auch sichtbar wird, tritt zwar bei Anwendung dieses Glases zur Erscheinung hinzu, bewirkt aber keine wesentliche Störung der Beobachtung.

1) Berichte der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien.

Bei gewisser Intensität hat schon Maxwell und Helmholtz ¹⁾ den gelben Fleck sich dunkler auf hellem Grunde abheben gesehen. Er ist bei hinlänglich niedriger Intensität auch ohne blaues Glas auf jeder gleichförmig hellen Fläche sichtbar, hebt sich mir, wenn ich z. B. des Abends eine Sandfläche betrachte und Zitterlicht erzeuge, sehr dunkel, fast schwarz von der Umgebung ab. Ihn umgiebt der helle Löwische Ring ²⁾.

Bei gesteigerter Intensität, etwa jener einer weissen Wand bei diffusem Tageslicht, wird der Helligkeits-Unterschied zwischen macula lutea und ihrer Umgebung sehr gering, während der Löwische Ring als ziemlich helle (gewöhnlich rhombische) Zeichnung noch bestehen bleibt. Bei weiterer Intensitätszunahme verschwindet die macula als dunkler Fleck vollständig und zeigt sich heller als ihre Umgebung.

Ruft man bei dieser Intensität — indem man etwa den mit hellen weissen Wolken bedeckten Himmel benutzt — das Zitterlicht ohne Gebrauch des blauen Glases hervor, so tritt ausser dem auch unter diesen Bedingungen noch sichtbaren hellen Bild der macula noch auffallend grell die fovea centralis als glänzende Kreisscheibe hervor. Es kann diese Erregung der fovea durch möglichst rasch wechselndes Zitterlicht, und anhaltende Einwirkung desselben so gesteigert werden, dass es den Anschein hat, als wollte an der fixirten Stelle die Sonne durch die Wolken brechen. Bei Benutzung gelber Gläser tritt diese Erscheinung der fovea ebenfalls sehr deutlich auf ³⁾.

Ob und wie dieses Verhalten der centralen Netzhautstellen bei verschiedenen Reizungsintensitäten aus der Pigmentirung und dem Bau des gelben Fleckes, der fovea centralis, sowie der Umgebung derselben zu erklären ist, darüber wage ich nicht Vermuthungen auszusprechen.

1) Physiologische Optik S. 420.

2) Helmholtz: Physiologische Optik S. 419.

3) Wenn ich die Augen gegen den hellen Himmel hin schliesse, und sie dann noch abwechselnd mit der Hand bedecke, so tritt im rothen Gesichtsfeld, so lange die Licht-Schatten-Figur (Purkinje) noch nicht erschienen ist, ebenfalls die macula hell hervor; auf beiden Seiten von ihr erscheinen dann die Eintrittsstellen des Sehnerven, als dunkle etwas in senkrechter Richtung in die Länge gezogenen Kreise, die von einem hellen Hof umgeben sind.

Unter der zuletzt auseinandergesetzten Bedingung (schnell aufeinander folgende Unterbrechung des intensiven Lichtes) zeigt sich auch in den peripherischen Netzhauttheilen eine höchst räthselhafte Erscheinung.

Es lässt nämlich bei einer gewissen Schnelligkeit der Bewegung der gespreitzten Finger vor einem Auge jeder derselben bei seinem Vorbeigehen auf den betreffenden Netzhautstellen scheinbar eine Spur zurück, so dass seine Grenze an mehreren Stellen zugleich zu sein scheint, ähnlich wie ein Gegenstand durch eine schlecht geschliffene Glasplatte gesehen, mehrere Contouren zeigt. Diese zurückgelassene Spur, gleichsam sein verdoppelter Contour, ist aber an verschiedenen Stellen ungleich deutlich, so dass er getheilt, oder, da der Finger vor dem hellen Hintergrund dunkel erscheint, schachbrettartig aus weissen und schwarzen Theilen zusammengesetzt zu sein scheint. Bei längerer Fortsetzung der Handbewegungen stellen sich die dunklen Flecken in Reihen die wie Radian von der fovea centralis ausgehen. Bei noch grösserer Beschleunigung der Bewegung vereinigen sich die schachbrettartigen Theile und bilden nun dunkle, nach der Peripherie hin an Dicke zunehmende, von der fovea ausgehende Strahlen. Die ganze Erscheinung macht den Eindruck, als würden entsprechend diesen Radian Stellen von verschiedener Empfindungsfähigkeit über die Netzhaut verbreitet sein, ähnlich wie die fovea centralis träger ist in der Vermittlung eines Lichteindruckes als ihre Umgebung (siehe meine im Eingange citirte Abhandlung). Es kann so die Empfindung an einer Stelle vorhanden sein, während die nebenbefindliche Stelle nichts empfindet. Die Schachbrettfigur würde sich durch Schneidung des Fingercontour mit der Richtung jener Radian erklären ¹⁾.

Benützt man zu diesem Versuch nicht weisses sondern gefärbtes Licht, so complicirt sich die Erscheinung noch weiter. Sehe ich z. B. durch ein violettes Glas, und erzeuge die beschriebene Figur, so erscheinen nicht die dunklen Radian abwechselnd mit violetten, sondern statt der violetten Farbe zeigen sich Roth und Blau, die deutlich getrennt, auftreten, und wie es scheint auch in radiärer Anordnung vorhanden sind; nur sind diese Strahlen nicht so deutlich als continuirlich zu erkennen, sondern scheinen vielmehr aus

1) Es scheint nicht unwahrscheinlich, dass diese Figur mit dem ersten Stadium der Purkinjeschen Licht-Schatten-Figur in Beziehung steht.

verwaschenen in die Länge gezogenen Flecken zu bestehen. Die verschiedenen Abstufungen von Violett, so wie auch von Gelb werden in gleicher Weise in Blau und Roth, jene des Gelb in Roth und Grün zerlegt. Blau und Roth wahrscheinlich auch Grün — der Mangel von Gläsern, welche nur homogenes Grün durchliessen, machte die genaue Untersuchung unmöglich — werden nicht nach der beschriebenen Weise zerlegt; so dass es scheint, als ob diese Erscheinung mit der Young-Helmholtzschen Theorie in Zusammenhang stünde. (Es wird dabei aus später anzuführenden Gründen Blau statt Violett als dritte Grundfarbe angenommen.)

In anderer Weise kann man dieselbe Erscheinung hervorrufen, wenn man das Zitterlicht dadurch erzeugt, dass man durch das gefärbte Glas nach einer rotirenden mit schwarzen und weissen Sektoren versehenen Scheibe blickt, die durch direktes Sonnenlicht grell beleuchtet ist.

Es stellt sich hiebei heraus, dass jene Zerlegung der violetten Empfindung in die Empfindung von Roth und Blau dann statt hat, wenn in einer Sekunde auf einer Netzhautstelle Schwarz und Weiss ungefähr 16mal wechselt.

Erwähnen will ich noch, dass bei der gedachten Art des Zitterlichtes mittelst Handbewegung auch Theile der Aderfigur dunkel auf hellem Grunde sichtbar werden, am deutlichsten wenn die Augen geschlossen waren, und sie gleich bei ihrer Oeffnung durch Zitterlicht gereizt werden ¹⁾. Es werden durch Zitterlicht noch andere eigenthümliche subjective Zeichnungen und Figuren hervorgerufen, deren genauere Beobachtung und Verfolgung mir jedoch unmöglich war.

1) Ich will bei dieser Gelegenheit noch eine andere Art die Aderfigur sichtbar zu machen mittheilen. Ich gewahre dieselbe nämlich immer, wenn ich von einer hell beleuchteten Fläche plötzlich ins Dunkle blicke, silberglänzend aufblitzen. Da die Augenbewegung hiebei störend einwirkt, so wird die Erscheinung deutlicher, wenn ich die weisse Fläche durch eine dunkle verdecke, ohne die Richtung der Augen zu ändern; am schönsten ist sie jedoch, wenn man mit beiden Augen eine mässig erleuchtete Fläche (etwa Abends bei Beleuchtung einer Kerze einen weissen Plafond) betrachtet, und nun rasch mit der Hand ein Auge verdeckt. Man glaubt dann mit dem anderen die Aderfigur auf der weissen Fläche aufblitzen zu sehen. In ähnlicher Weise erscheint sie, wenn man beide Augen gegen eine Lichtquelle schliesst,

Ich wende mich nun zu der oben schon erwähnten subjectiven Erscheinung, welche sich in der fovea centralis bei Einwirkung von blauem Licht zeigt. Dieselbe rührt von der Struktur dieses Theiles der Netzhaut her, und lässt sich ihrem grössten Theile nach aus jenen Annahmen erklären, welche Helmholtz zur Erklärung der Polarisationsbüschel machte.

Wenn man blaues Spectrallicht, oder durch Kobaltglas blau gefärbtes Licht in das Auge fallen lässt — am besten bei einer Intensität, bei welcher der Löwische Ring noch deutlich hell, und die macula lutea noch deutlich dunkel sind — so erscheint im Centrum der letzteren eine im Wesentlichen aus mehreren concentrisch angeordneten, hellen und dunklen Ringen bestehende Figur (Fig. 1. Die Abbildung zeigt dieselbe umgeben von dem hellen Löwischen Ring); der äusserste derselben der dunkler als die umgebende macula lutea ist, hat einen Durchmesser dem ungefähr eine Länge von 0,3 — 0,4 Mm. auf der Netzhaut entspricht. Sowohl nach aussen wie nach innen wird er allmählig heller. Er stellt den von Maxwell zuerst beschriebenen, und von Helmholtz nach ihm benannten Fleck dar. Er ist aber nicht ein vollständiger Fleck, sondern nur der deutlichste der erwähnten Ringe. Indem er nämlich nach innen an Helligkeit zunimmt, bildet er einen hellen Ring, dessen Durchmesser auf der Netzhaut einer Länge von 0,2 Mm. entspricht, dessen Umfang also mit jenem der fovea centralis zusammenfällt. Er ist an seinen hellsten Stellen bedeutend heller als die macula lutea (natürlich bei der genannten Intensität des einfallenden Lichtes). Er umschliesst einen dritten etwas sternförmig ausgezogenen, intensiv dunkel und ziemlich scharf abgegrenzten Kreis, dessen Netzhautdurchmesser ungefähr 0,1 Mm. beträgt. In demselben ist wieder ein scharf begrenzter heller Fleck, und in diesem ein schwarzer, seiner Kleinheit wegen bereits an der Grenze des deutlichen Sehens liegender Punkt enthalten. Derselbe liegt nicht im Centrum des weissen Fleckes, sondern in jedem meiner Augen scheinbar nasenwärts. Der äusserste dunkle Kreis entspricht den eigentlichen Polarisationsbüscheln, welche gleichsam von ihm übrig bleiben, wenn man während der Betrachtung der beschriebenen Figur ein Nicol-

so dass das Gesichtsfeld roth erscheint, und man bedeckt dann rasch eines der Augen mit der Hand. Sie erscheint dann grünlich-glänzend auf dem rothen Grunde.

sches Prisma vor das Auge bringt. An der Stelle, wo beide Polarisationsbüschel zusammenstossen, sehe ich auch dann noch, so wie im unpolarisirten blauen Licht, jenen sternförmigen dunklen Fleck mit dem weissen in ihm sammt dem schwarzen Punkte.

Die ganze Erscheinung ist am deutlichsten im ersten Momente, in welchem das blaue Licht einfällt; sie verschwindet bei längerer gleichmässiger Einwirkung bald wieder. Wenn sie auf diese Weise, während des Sehens durch ein blaues Glas, verschwunden ist, taucht sie augenblicklich wieder auf, wenn man ein zweites blaues Glas zu dem ersten hinzufügt; ebenso bei jeder Aenderung der Qualität der Farbe. Am deutlichsten wird die Figur, wenn man abwechselnd vor das Auge blaue und gelbe Gläser bringt. Wie die vorherbeschriebenen subjectiven Erscheinungen kann auch sie durch Zitterlicht hervorgerufen werden. Bei Anwendung von diesem sehe ich sie des Abends, wenn auch nicht sehr deutlich, so doch vollständig, am blauen Himmel. Sie ist am deutlichsten im Blau; zeigt sich aber auch in allen anderen Farben, die eine Beimischung von Blau haben, also im Violett, im Wasserblau, und deren Abstufungen.

Helmholtz¹⁾ nahm zur Erklärung der Polarisationsbüschel an, dass die in der Netzhautgrube radiär verlaufenden Fasern, wie die meisten übrigen thierischen Fasern einaxig doppelbrechend wirken, und der extraordinär gebrochene Strahl von blauer Farbe stärker absorbirt werde, wie der ordinäre Strahl. Die Längerrichtung der Fasern entspricht der optischen Axe einaxiger Krystalle.

Dringt blaues Licht durch die Fasermasse der Netzhautgrube, so wird es doppelt gebrochen; der polarisirte Strahl wird dort stark absorbirt, wo er parallel der optischen Axe der Fasern, also in Richtung der Fasern selbst eindringt. Je mehr seine Richtung von jener der Fasern abweicht, desto geringer wird die Absorption sein. Ist die Faserrichtung an verschiedenen Stellen gleich geneigt zur Richtung des einfallenden Strahles, so wird die Absorption desto grösser sein, je dicker die Schichte der Fasern ist.

Nach den neuesten Abbildungen von Max Schultze verlaufen die Müllerschen Fasern in der nächsten Nähe der fovea centralis mit Ausnahme der Tiefe derselben selbst in ziemlich gleicher Neigung zur Sehaxe. Die Dicke dieser Faserschichte variirt aber bedeutend je nach der Entfernung von der Mitte der fovea centralis.

1) Physiologische Optik S 422.

Die Mächtigkeit dieser Schichte schräg verlaufender Fasern nimmt nämlich bis zu dem Rand der fovea zu; dieser Zunahme entspricht der äussere dunkle Ring der beschriebenen Figur. Gegen das Centrum der fovea nimmt nun diese Faserschichte, wie die übrigen Netzhautschichten, rasch an Dicke ab; dieser Abnahme entspricht der zweite helle Ring. Im Grunde der fovea richten sich die Fasern wieder auf, so dass ihre Richtung sich der Richtung der Sehaxe nähert. Die Folge davon ist, wie oben gesagt, dass der polarisirte Strahl nun wieder stärker absorbirt wird, und so der dunkle Fleck entsteht, der wohl wegen geringer Ungleichmässigkeiten etwas sternförmig erscheinen mag.

Auch für den von demselben eingeschlossenen hellen Fleck liesse sich vielleicht noch die Abwesenheit¹⁾ aller Müllerschen Fasern in der Mitte der Netzhautgrube als Ursache anführen; zur Erklärung des excentrisch gelegenen schwarzen Punktes jedoch fehlt bis jetzt jede Kenntniss einer anatomischen Anordnung.

Bemerken will ich noch, dass man von dieser Figur im weissen am besten aber im gelben Gesichtsfeld ein schönes negatives Nachbild sieht; nur die beiden innersten Theile, den hellen Fleck mit dem excentrischen Punkt kann ich im Nachbild nicht erkennen²⁾.

Ich lasse nun die Beschreibung von drei, wie mir scheint zusammengehörigen subjectiven Erscheinungen folgen, von denen ich es freilich noch unentschieden lassen muss, ob sie, wie die vorher betrachteten, auch durch Strukturverhältnisse der Netzhaut bedingt sind. Da mir diess aber, aus Gründen die ich bald anführen will, wahrscheinlich ist, so mögen sie hier ihren Platz finden.

1) So zeigt es die Abbildung Max Schultzes.

2) Der eigentliche Fixationspunkt muss innerhalb des zweiten dunklen (unregelmässigen) Kreises liegen, da die Figur in eine scheinbare Bewegung geräth, wenn ich mich bestrebe, einen ausserhalb des genannten Theiles liegenden Punkt derselben zu fixiren.

Es zeigen sich nämlich unter gewissen gleichen Umständen bei verschiedenen Farben verschiedene subjective Zeichnungen eigenthümlicher Art. Es sind deren drei, die in je einer Farbe am deutlichsten sind, in jenen Farben aber, welche durch Mischung von zweien derselben entstanden sein können, ebenfalls gemischt zu erkennen sind. Die drei Farben, welche sich auf diese Weise auszeichnen, sind Roth, Grün und Blau.

Ich will zunächst die Art angeben, wie man die genannten Farbenfiguren — so will ich jene Zeichnungen der Kürze wegen nennen — zur Anschauung bringen kann. Es ist das auf zweierlei Weise möglich: entweder durch das schon oft genannte Mittel des Zitterlichtes, oder durch rasches Wechseln der Farbe des in das Auge eindringenden Lichtes.

Die genaueren Beobachtungen wurden natürlich an Spectralfarben angestellt, und zwar diente mir hiezu der von Helmholtz construirte, Seite 304 der Physiologischen Optik beschriebene und Tafel IV Fig. 2 abgebildete Schirm. Auf ihm wurde mittels einer Sammellinse das Bild eines Spectrums entworfen, das ein vor der Linse aufgestelltes Prisma von einem Spalt im Fensterladen lieferte. Ein Theil des objectiv auf dem Schirm entworfenen Spectrums konnte durch einen Spalt desselben — der zweite Spalt war geschlossen — in das hinter dem Schirm befindliche Auge des Beobachters gelangen, und erzeugte in demselben, wenn die Aufstellung der Apparate eine genaue war, ein homogen gefärbtes vollkommenes Bild der dem Beobachter zugekehrten Prismafäche. Mittels Verschiebung des Schirmes, oder des Spaltes an demselben konnten verschiedene Theile des objectiven Spectrums durch den Spalt in das Auge des Beobachters gelenkt werden, so dass die besagte Prismafäche in allen Spectralfarben gesehen werden konnte.

Durch solche sehr geringe, an dem Farbenwechsel kaum kenntliche Verschiebungen des Schirmes, oder durch blosses Hin- und Her-Bewegen des Auges hinter dem Spalt treten die Farbenfiguren am deutlichsten hervor. Je intensiver das Licht, desto deutlicher ist die Erscheinung, insbesondere ist bei Grün direktes Sonnenlicht fast unumgänglich nöthig. Bei Blau und Roth sehe ich die Figuren ganz wohl bei einem Spectrum, das mittels Licht eines bedeckten Himmels entworfen ist; ebenso durch farbige Gläser bei Anwendung des Zitterlichtes.

Bei den Beobachtungen durch den Spalt muss man sich hüten,

eine andere subjective Erscheinung, mit den Farbenfiguren zu verwechseln. Man sieht nämlich bei Bewegung jedes schmalen hellen Spaltes vor dem Auge feine Streifen auftreten, die innerhalb und parallel den Grenzen des Spaltes verlaufen, und durch den irregulären Astigmatismus bedingt zu sein scheinen. Es ist diess jedoch eine viel zu grobe und leicht kenntliche Erscheinung, so dass die Störungen, die sie bei Beobachtung der Farbenfiguren für Blau und Grün — mit Roth kann sie nicht verwechselt werden, — hervorbringt, nach einiger Uebung überwältigt werden.

Die an Zeichnung auffallendste aber am schwersten sichtbare der drei Farbenfiguren ist jene für Roth. Ich habe sie, so gut es möglich war, in Fig. 2 abgebildet: im Momente des Aufschlagens der Augen gegen eine grell rothe Fläche, oder des Farbenwechsels vom spectralen Orange zu Roth, blitzt im Gesichtsfelde von genannter Farbe eine der Purkinjeschen Aderfigur nicht ganz unähnliche Medusen-artig verzweigte Zeichnung gesättigt und glänzend (was auf der Abbildung darzustellen nicht möglich war) auf ungesättigterem etwas dunklerem Grund auf. Das Centrum der Figur liegt in der macula lutea. Dasselbe bildet einen Ring der den Fixationspunkt umgiebt und der Schätzung nach — genaue Messung ist der Flüchtigkeit der Figur wegen nicht möglich — einen scheinbaren Durchmesser hat der kleiner ist als der der fovea centralis.

Von diesem hellrothen Ring gehen hauptsächlich nach den vier Richtungen oben, unten, rechts und links, dicke Stämme ab, die sich alsbald baumartig verästeln, so dass jenes Medusen-artig verschlungene Flechtwerk entsteht. Dasselbe wird nach aussen hin immer feiner, und dadurch schwerer sichtbar, doch gelang es mir, unter günstigen Umständen, es in ziemlich peripherischen Theilen der Netzhaut noch zu erkennen. Die Abbildung zeigt die Figur etwa vom Umfange der macula lutea.

Bemerken will ich, dass ich eine ähnliche Figur aber von unbestimmtem Colorit in dem Farbengewirre sehe, das sich bei Betrachtung von flimmernden Scheiben (schwarz und weiss) in der macula lutea zeigt. Es ist diess wohl die schon von Helmholtz¹⁾ beschriebene »sternförmige Figur«²⁾.

1) Physiologische Optik S. 418.

2) Ich sehe in einem gleichmässig rothen Gesichtsfeld noch eine andere Figur, die aber unter jenen Umständen, unter welchen die Farbenfiguren

Die Farbenfigur, die sich im grünen Lichte zeigt, ist zwar leichter zu sehen als jene für Roth, doch ist sie so flüchtig und fein gezeichnet, dass es schwer ist, sich von dem was man sieht, genaue Rechenschaft zu geben, obwohl der Totaleindruck der ganzen Zeichnung sich dem Gedächtnisse leicht einprägt. Sie besteht (Fig. 3) aus einer Menge sehr kleiner schwarzer Punkte, die in gleichmässigen geringen Abständen das grüne Feld bedecken. Ich kann kein besseres Bild von diesen Punkten geben, als wenn ich sie mit den Punkten eines Stahlstiches vergleiche. Jeder derselben steht für sich; nirgends stehen sie gedrängt, nirgends fehlen sie, und sind weit über die macula lutea hinaus noch erkennbar. Wenn das Bild nicht deutlich ist, z. B. wegen zu geringer Intensität, so scheinen sie sich in Reihen anzuordnen, die mir bald gerade bald in Wellenlinien zu verlaufen scheinen; es mag dies aber von Einwirkung anderer Umstände herühren.

Viel deutlicher und leichter zu erkennen ist die Farbenfigur für Blau; sie muss bei Beobachtung der beschriebenen Foveafigur in deren inneren Theilen alsbald auffallen. Auch durch die Beobachtung mittels blauer Gläser wird sie im Zitterlicht leicht kenntlich. Am deutlichsten ist sie natürlich wieder bei Benutzung der Spectralfarben nach der beschriebenen Weise.

Diese Farbenfigur besteht aus dunkelblauen — nicht wie

sichtbar werden, nie zum Vorschein kömmt, sondern gerade unter entgegengesetzten Bedingungen. Wenn ich nämlich lange durch ein rothes Glas gesehen habe, so heben sich hell auf dunklem Grunde bogenförmige Linien ab, welche auffallender Weise vollkommen denselben Verlauf haben, den Max Schultze für die Anordnung der Zapfen in der macula lutea beschreibt und abbildet. Sie reichen über einen grossen Theil des Gesichtsfeldes, sind aber in dem Netzhautcentrum selbst — wie die Bogenlinien von Max Schultze — nicht zu erkennen.

Diese bogenförmigen Linien sehe ich auch unter Umständen im Weiss; wenn ich z. B. den Blick auf den Boden geheftet über eine Schneefläche bei vorgeschrittener Dämmerung hingehe. Wenn in diesem Falle der Nebel des dunklen Gesichtsfeldes hervorzutreten beginnt, so bewegt sich derselbe in der nächsten Nähe der fovea centralis, nicht aber in ihr selbst, in derartigen Bogenlinien.

Auch das von Purkinje erwähnte, aus schmalen, im rechten Winkel gestellten Querbalken bestehende Kreuz, sehe ich hell auf dunklerem Grunde, beim starren Hinsehen auf eine weisse, rothe, gelbe oder blaue Fläche.

bei Grün schwarzen — Punkten, die aber weit grösser, weniger scharf und weniger regelmässig angeordnet sind, wie jene in Grün gesehenen Punkte; in und zwischen diesen Punkten sind andere hellere, anscheinend glänzende Fleckchen; ein weniger deutliches Netz in Wellenlinien gegen die fovea hin verlaufender dunkler feiner Streifen durchzieht dieses Bild. Mittels Spectralfarben nach beschriebener Methode gesehen ist diese Farbenfigur nur innerhalb der macula lutea deutlich. Wenn man sie aber mittels eines blauen Glases darstellt, indem man z. B. die Augen hinter demselben schnell gegen eine blendende Schneefläche öffnet, oder sie durch Blinzeln erzeugt, dann sieht man an den peripherischen Netzhautstellen grosse Flecken, die, wie es scheint, theilweise hell, theilweise dunkel sind und ganz dieselbe Art des Glanzes wie jene kleinen in der macula lutea besitzen. Wenn ich durch ein grünes Glas auf dieselbe Weise sehe, gewahre ich ganz ähnliche grosse Flecken, kann aber nicht entscheiden, ob sie auch der grünen Figur zukommen oder ob sie von der Beimischung des Blau herrühren, welches ebenfalls theilweise von diesem Glase durchgelassen wird. Ich versuchte wie bei den ersten Figuren auch bei dieser den allgemeinen Eindruck derselben in der Abbildung (Fig. 4) wiederzugeben; eine genaue Copie herzustellen, ist bei derartigen Dingen wohl eine Unmöglichkeit.

Ich habe schon oben erwähnt, dass jede dieser drei Farbenfiguren zwar in einem Farbenton am deutlichsten ist, doch bei verschiedenen gesehen werden kann. So kann ich die Figur für Roth noch bei Orange erkennen; in diesem ist schon die Farbenfigur für Grün sichtbar und lässt sich im Spectrum verfolgen bis in das Wasserblau, in welchem sie vereint mit der Farbenfigur für Blau eine undeutliche verworrene Zeichnung liefert. Letztere Farbenfigur, welche wie gesagt, im reinen Blau am deutlichsten ist, kann wieder bis gegen das Ende des Spectrums verfolgt werden, doch wird sie da, wegen der geringen Lichtintensität, bald undeutlich.

Es lag nahe, diesen Farbenfiguren oder wenigstens den beiden letztbeschriebenen eine analoge Ursache, wie der unter ähnlichen Umständen auftretenden Aderfigur zuzuschreiben. Insbesondere schien die ähnliche Art ihrer Darstellung auf eine solche Analogie hinzuweisen. Der Verlauf der Untersuchungen scheint diese Vermuthung nicht zu bestätigen. Die Gründe, welche mich bestimmen zu glauben,

dass die geschilderten Farbenfiguren nicht die Schatten irgend eines Gebildes im Auge sein können, sind folgende:

1. Es müssten derartige Schatten in allen Farben sichtbar und gleich sein.

2. Die Schatten müssten bei der beschriebenen Art die Farbenfiguren mittels des Spaltes sichtbar zu machen, eine Bewegung ausführen; wäre diese unmerklich klein, so müssten die Schattenwerfenden Elemente sehr nah der Stäbchenschicht der Netzhaut liegen. Derartige Elemente, welche solche Schatten werfen könnten, sind anatomisch nicht nachgewiesen.

3. Die Farbenfiguren erscheinen auch bei Wechsel von Gläsern der betreffenden Farbe mit anders gefärbten Gläsern¹⁾.

4. Die genannten Figuren (mit Ausnahme jener für Roth) erscheinen bei so geringer relativer Verschiebung von Auge und Spalt, dass nicht einmal die Aderfigur, die ihrer Grösse und Deutlichkeit wegen viel früher sichtbar werden sollte, zum Vorschein kommt.

Einestheils aus den angeführten Gründen, aus welchen hervorgeht, dass die Ursache dieser Erscheinungen in keinem anderen Theile des Auges als in der Netzhaut selbst liegen kann, und in dieser wieder, wie aus der Structur der fovea centralis zu schliessen, wohl nur in der Stäbchen- und Zapfenschichte, andererseits aus der auffallenden Uebereinstimmung, welche die Farben, bei denen die subjectiven Figuren am deutlichsten gesehen werden, mit jenen, welche nach der Young-Helmholtzschen Theorie als Grundfarben angenommen wurden (mit Ausnahme des Blau wovon gleich die Rede sein wird), zeigen, sowie aus der Analogie der Dreizahl und ihrem gemeinschaftlichen Auftreten in gewissen möglicher Weise durch Mischung entstandenen Farben, scheint mir mit einiger Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, dass diese Figuren in direkter Beziehung zu den verschiedenen empfindenden Netzhautelementen stehen.

Ich bin weit entfernt, diess zu behaupten, und führe es nur als eine Möglichkeit an, will jedoch um den gemachten Ausspruch

1) Ich konnte diess nur für Roth und Blau sehen, da es mir nicht möglich war ein Glas zu bekommen, welches reines monochromatisches Grün durchliess. Bei einer Zusammenstellung von farbigen Gläsern, welche ungefähr das spectrale Grün liefern sollte, glaube ich zwar die Farbenfigur für Grün gesehen zu haben, will es aber nicht behaupten.

zu rechtfertigen, einige hieher gehörende subjective Erscheinungen beschreiben, die mit den Farbenfiguren zusammenzuhängen und in der That auf eine eigenthümliche Vertheilung der die verschiedenen Farben empfindenden Netzhautelemente hinzudeuten scheinen.

Die beschriebenen Farbenfiguren zeigten sich, wenn — nach Young-Helmholtz'scher Theorie — eine der drei Nervenarten im Vergleich zu den zwei anderen überwiegend gereizt wurde. Wenn man zwei dieser Nervenarten auf gewisse Weise überwiegend in Erregung versetzt, so sieht man ebenfalls Figuren welche von einer bestimmten Anordnung der verschieden empfindenden Elemente her-zurühren, und mit den schon beschriebenen Farbenfiguren wenigstens theilweise in direktem Zusammenhang zu stehen scheinen.

Wenn nämlich eine jener drei Nervenarten durch intensive und andauernde Wirkung des betreffenden Lichtes ermüdet wird, und man bringt das Auge dann in vollkommenes Dunkel, so zeigt sich wie bekannt das Gesichtsfeld erfüllt von der Complementärfarbe des primären Lichtes. Nach einer gewissen Zeit verschwindet dieselbe wieder, trennt sich aber vorher in ihre einzelnen Bestandtheile, die nach der genannten Theorie in ihr enthalten sein sollten, in der Art dass Figuren oder Flecken von den betreffenden Farben im sonst dunklen Gesichtsfeld zerstreut erscheinen.

Am deutlichsten ist die Figur nach der Wirkung von Roth (je länger die inducirende Farbe wirkt, desto deutlicher wird die Erscheinung). Schützt man die Augen nach dessen Einwirkung sorgfältig vor äusserem Licht, so erscheint im complementären Nachbild von wasserblauer Farbe, im ersten Momente eine Zeichnung die mit der Purkinjeschen Licht-Schatten-Figur zusammenzuhängen scheint, dann wird das Nachbild gleichmässig hell, und nimmt allmählig an Deutlichkeit ab. Es löst sich hiebei in runde Flecken, wie es scheint von derselben Farbe, auf, welche im Centrum der Netzhaut sehr klein sind, nach aussen hin aber rasch an Grösse zunehmen, und in Radien-artig gestellten Reihen angeordnet sind. Indem diese Punkte deutlicher werden, lösen sie sich in zwei Arten auf, deren erste blau, deren zweite grün ist. Dabei behalten sie die beschriebene Stellung bei, indem peripheriewärts vor jedem blauen Punkt ein grüner zu stehen kömmt. In diesem Stadium suchte ich das Bild in der Zeichnung (Fig. 5) wiederzugeben. Indem die Erscheinung an Intensität abnimmt, verschwindet sie wieder.

Ich halte es nicht für unmöglich, dass jene oben erwähnten

grossen Flecken, die man in den Farbenfiguren von Blau und Grün an den peripherischen Netzhautstellen sieht, mit den ebenbeschriebenen radiär gestellten Flecken in Zusammenhang stehen.

Viel deutlicher wird der Zusammenhang der Farbenfiguren mit dieser Art von subjectiven Erscheinungen, wenn man die Nachwirkung von Roth in anderer Weise betrachtet. Habe ich nämlich das Auge für Roth ermüdet, und bringe dann plötzlich ein blaues Glas vor dasselbe, so sehe ich bei stierem Blicke regelmässig die Fig. 6 abgebildete Figur: Von dem Netzhautcentrum aus verbreitet sich wie in der Farbenfigur für Roth ein Astwerk von dieser Farbe, das aber in diesem Falle weit gegen die Peripherie hin deutlich wird. Die macula lutea erscheint ganz roth; zwischen dem Netzwerk, das die Zweige dieser Figur bilden, zeigt sich ein blau-grüner Grund (das complementäre Nachbild), der mit hellen Flecken übersät ist. Ich sehe übrigens diese Figur (nur undeutlicher), auch ohne Zuhilfenahme des blauen Glases im ersten Momente einer blossen Verdunkelung des Gesichtsfeldes, nach Ermüdung durch Roth.

Ohne mich auf die Beschreibung der übrigen Bilder einzulassen, welche man bei Auflösung eines farbigen Nachbildes bekommt, will ich nur im Allgemeinen bemerken, dass jede derartig inducirte Farbe im Gesichtsfelde sich in Punkte und Flecken auflöst, welche diejenigen Farben haben, aus welchen die inducirte Farbe nach der Young-Helmholtzschen Theorie zusammengesetzt war. Dabei scheinen die blauen und grünen Flecken immer in der beschriebenen Weise aufzutreten, während sich Roth, wo es hervorgerufen wird, immer in Form von sehr kleinen etwas länglichen aber verhältnissmässig hellen Punkten zeigt, welche zwischen den anderen gleichmässig eingestreut erscheinen. Einen Zusammenhang dieser Flecken mit der Farbenfigur für Roth konnte ich nicht mit Bestimmtheit erkennen¹⁾. Bemerken muss ich, dass ich diese drei Arten von Flecken immer im Nebel des dunklen Gesichtsfeldes sehe, insbeson-

1) Uebt man, wenn diese Punkte für Roth deutlich ausgeprägt sind, einen Druck auf das Auge aus, so entsteht allerdings eine röthlich gelbe, vom Centrum aus strahlenförmig sich verbreitende Figur. Diese scheint sich, so viel man beobachten kann, aus jenen rothen Punkten zusammensetzen, und hat wirklich eine grosse Aehnlichkeit mit der Farbenfigur für Roth. Es sind übrigens diese Punkte nicht immer deutlich roth, sie erscheinen vielmehr oft orange, besonders wenn sie sehr intensiv sind.

dere, wenn derselbe bereits im Abnehmen begriffen ist, also nach längerem Verweilen in der Dunkelheit.

Wie alle diese Dinge — von welchen es wünschenswerth wäre, dass durch Wiederholung der Versuche von Seiten anderer nachgewiesen würde, ob sie nicht etwa auf einer Eigenthümlichkeit meiner Augen beruhen, — auch zu deuten seien, so schienen sie mir doch in auffallender Weise für die Richtigkeit der Young-Helmholtz'schen Theorie zu sprechen.

Da aber nach meinen subjectiven Erscheinungen die drei Grundfarben Roth, Grün und Blau sein müssten und genannte Theorie statt des letzteren Violett annimmt, so suchte ich nach einem Mittel die Grundfarben auf anderem Wege zu bestimmen:

Ist die Richtigkeit des Principes der Young-Helmholtz'schen Theorie als bewiesen vorausgesetzt, und handelt es sich nur um eine Bestimmung der Qualität der drei Grundfarben, so ist folgendes Raisonnement begründet: da jede Farbe durch gleichzeitige Erregung aller drei Nervenarten wahrgenommen wird, so besteht der Unterschied des Farbentons zweier Farben nur in einer verschiedenen Vertheilung der Erregung auf die drei Nervenarten. Die drei Grundfarben sind diejenigen, welche von allen Farben eine der Nervenarten im Verhältniss zu den beiden übrigen am intensivsten erregen. Nun giebt es aber ein Mittel zu erkennen, in welchem Grade bei der Wahrnehmung einer bestimmten Farbe die drei Nervenarten theilhaftig sind. Wenn man nämlich beobachtet, wie gross die scheinbare Farbenveränderung ist, welche die zu untersuchende Farbe erleidet, wenn sie auf eine Netzhautstelle wirkt, die bereits durch eine andere Farbe ermüdet ist, so müssen diejenigen Farben, welche hiebei durchschnittlich die geringste Veränderung ihres Farbentons erleiden, die Grundfarben sein. Es ist diess in der That die Trias Roth, Grün u. Blau.

Die Versuche wurden folgender Maassen angestellt: Wie bei Erzeugung der Farbenfiguren wurde auf dem genannten Schirm das Bild eines Spectrums entworfen; die Spalten in dem Schirme wurden so gestellt, dass durch einen derselben die Farbe, dessen Nachbild ich erzeugen, durch den anderen die Farbe, auf welche ich dasselbe projiciren wollte, drang. Indem der erste Spalt von einiger Entfernung betrachtet wurde, ermüdete der von ihm durchgelassene farbige Lichtstrahl einen kleinen Theil der Netzhaut; dann wurde das Auge schnell an den zweiten Spalt sehr nahe herangebracht, wodurch der erleuchtete Theil der Netzhaut ein grösserer wurde;

in diesem zeigte sich nun das Nachbild des durch den ersten Spalt erzeugten Bildes. Selbstverständlich währte die Wirkung der ersten Farbe in jedem Falle gleich lang (etwa 10 Sekunden).

Die wichtigsten Resultate sind kurz in folgender Tabelle zusammengestellt.

Nachbild von	Projicirt auf	Farbe d. project. Nachbildes	Nachbild von	Projicirt auf	Farbe d. project. Nachbildes
Roth	Roth	ungesätt. Roth	Grün	Roth	gesättigt. Roth
»	Orange	Gelbgrün	»	Orange	Roth
»	Gelb	Grün	»	Gelb	unges. Orange
»	Grün	ungesätt. u. etw. bläuliches Grün	»	Grün	ungesättigtes Grün
»	Wasserblau	gesättigtes Wasserblau	»	Wasserblau	dunkelblau
»	Indigblau	gesätt. Indigbl.	»	Indigblau	gesätt. Indigbl.
»	Violett	Blau	»	Violett	gesätt. Violett
Violett	Roth	unges. Roth mit Beim. v. Orange	Blau	Roth	gesättigtes Roth
»	Orange	Orange	»	Orange	gesätt. Orange
»	Gelb	Gelb	»	Gelb	gesättigt. Gelb
»	Grün	gesättigt. Grün	»	Grün	gesätt. Gr. mit gelbl. Anflug
»	Wasserblau	grünlich-grau	»	Wasserblau	graugrün
»	Blau	ungesätt. bl. mit grünem Anflug	»	Blau	ungesättigtes Blau
»	Violett	ungesätt. Viol.	»	Violett	Roth

Da diese Versuche bei ziemlich grellen Farben ausgeführt sind, so können sie sehr genaue und feine Farbenunterschiede nicht liefern; um so deutlicher spricht aber die Erscheinung, dass, wenn das Auge für Roth ermüdet ist, Violett vollkommen blau erscheint, für eine direkte Betheiligung der rothempfindenden Elemente an der Empfindung von Violett; ebenso die Erscheinung, dass der für Blau ermüdeten Netzhautstelle Violett als Roth erscheint. Es sind diess so vollkommen ausgesprochene Farben, dass ich nicht zweifeln kann, dass Violett mit Orange und Wasserblau in dieselbe Reihe zu stellen und Blau in der That als Grundfarbe zu betrachten sei. So wesentliche Farbenveränderungen wie Gelb, Wasserblau und deren Abstufungen bei diesen Versuchen erlitten, waren nie bei Roth, Grün und Blau, wohl aber bei Violett zu erkennen.

Ich suchte ferner, mit einiger Genauigkeit den Ort im Spectrum aufzufinden, der den drei Grundfarben entspricht. Zu dem Zwecke wurden zwei Prismen aufgestellt, deren erstes ein Spectrum entwarf, welches direkt durch ein Fernrohr, das mit einem Fadenkreuz versehen war, beobachtet wurde; das zweite entwarf, wie in

den vorigen Versuchen, ein objectives Spectrum auf den erwähnten Schirm; durch den Spalt desselben konnten wieder beliebige Farben ins Auge gelassen werden. Auf diese Weise wurde zuerst z. B. bei der Bestimmung von Grün eine Stelle der Netzhaut für Roth ermüdet, und das so erhaltene Nachbild (das die Form eines senkrechten Streifens hatte) auf das ziemlich helle Spectrum im Fernrohr projectirt. Indem ich auf demselben das Nachbild von Roth durch Gelb gegen Grün hin wandern liess, konnte — natürlich nach häufiger Wiederholung des Vorganges — der Platz im Spectrum bestimmt werden, an welchem das Nachbild von Roth keine deutlich merkbare Veränderung des Farbentons mehr nach Grün in der Farbe des Spectrums hervorrief. Auf diesen Punkt wurde der senkrechte Arm des Fadenkreuzes eingestellt, und nun durch Verengung des Spaltes, der das Spectrum lieferte, das Auftreten der Fraunhoferschen Linien erzielt, nach welchen der Ort im Spectrum bestimmt wurde. Derselbe Vorgang wurde von der anderen Seite her mit Blau ausgeführt und so die Lage des Lichtes bestimmt, welches überwiegend mittels der grünempfindenden Fasern gesehen wird. Auf dieselbe Weise wurde der Ort der beiden anderen Farben bestimmt.

Die gefundenen Resultate sind für Roth, an dessen spectrumalem Ende ich keine Einwirkung durch die anderen Grundfarben wahrnehmen konnte, die auf eine Betheiligung einer anderen Nervenart an seiner Empfindung hindeuten würde, und für welches ich also nur von der grünen Seite des Spectrums her die beschriebene Bestimmung auszuführen vermöchte, der Anfang des Spectrums bis zu der Stelle, welche zwischen den Linien *C* und *D* etwa in der Mitte, vielleicht etwas *C*-wärts derselben liegt; für Grün die Stelle zwischen *E* und *b*; für Blau die nächste Umgebung der Linie *G*. Wenn auch die Methode dieser Bestimmungen an Genauigkeit viel zu wünschen übrig lässt, glaubte ich doch die Resultate derselben mittheilen zu sollen, einestheils weil die auf diesem Wege gefundenen Farben vollkommen dieselben sind, in welchen je eine der drei beschriebenen Farbenfiguren am deutlichsten ist, andererseits weil sie nahezu übereinstimmen mit den in jüngster Zeit von Maxwell¹⁾ benutzten drei Farben, welche er zur Construction von Farbensgleichungen am vortheilhaftesten fand.

1) Helmholtz Physiologische Optik S. 843.

Bei den geschilderten Beobachtungen mittels des Spaltcs im Schirm fiel mir eine weitere subjective Figur auf, die ebenfalls von der Structur der Netzhaut herrührt. Ich sah nämlich, wenn ich im möglichst verdunkelten Zimmer das grelle Licht durch den Spalt in mein Auge fallen liess, welches aber so weit von demselben entfernt sein musste, dass das Bild nur auf die macula lutea fiel, dasselbe von einem bläulichen Hof umgeben und von diesem zwei bogenförmige Streifen von gleicher Farbe gegen die Schläfenseite des betreffenden Auges hin verlaufen, die an ihrem Ende, undeutlicher werdend, sich einander nähern. Beide sind mit ihrer concaven Seite sich zugekehrt; sie liefern ein deutliches negatives Nachbild. Es musste auf den ersten Blick die Aehnlichkeit dieser Streifen mit dem bogenförmigen Verlauf der Opticusfasern der Netzhaut zwischen der papilla nervi optici und der macula lutea auffallen, und die Messung der scheinbaren Entfernung des auf der macula liegenden Bildes von dem Punkt, in welchen die Bogen sich bei ihrer Verlängerung schneiden würden, bestätigte diese Vermuthung. Ward das Bild auf dem schläfenwärts gelegenen Theil der macula entworfen, so wurden die Bogen grösser und stärker gekrümmt, nahmen aber wieder ihren Anfang an dem Bild selbst. Sie entsprachen dem Verlauf jener Opticusfasern, welche nur vom Sehnerveneintritt zur gereizten Stelle hingingen. Ward das Bild an einer Stelle der macula, welche dem Sehnerveneintritt näher lag, entworfen, so wurden die Bogen gestreckter und verschmolzen endlich ganz zu einem birnförmigen Streifen, der vom Bild zum Opticuseintritt, schwächer werdend, sich erstreckte; entsprechend dem Verlauf der Fasern, welche nun zur gereizten Stelle hinliefen. Es sind diese Bogen, wie ich mich nachträglich überzeuete, schon von Purkinje beobachtet doch nicht genauer untersucht worden ¹⁾.

Um diese Bogen in reinstcr Form zu erhalten, sah ich durch eine innen geschwärzte und mit einer spaltförmigen Blendung versehene Röhre nach einer Oeffnung im Fensterladen, durch welche ein greller Lichtstrahl in das verdunkelte Zimmer geworfen wurde.

1) Purkinje bildet dieselben auch in den »Beobachtungen und Versuchen zur Physiologie der Sinne« in den beschriebenen Formen ab, weiss dieselben aber, wie es nach dem damaligen Stande der Anatomie nicht anders möglich war, nicht mit Sicherheit zu deuten, denkt desshalb an eine Beziehung zur plica centralis.

Dabei zeigte sich weiter, dass wenn das Bild an der oberen Grenze der macula entworfen wurde, nur ein Bogen der von dieser Stelle zur Projection des Opticus-Eintrittes nach aussen verlief, sichtbar ward. Je weiter sich das Bild von der macula lutea entfernte, desto undeutlicher und gestreckter ward dieser Bogen. Ganz analog verhält es sich, wenn das Bild von der macula nach unten bewegt wurde.

Je intensiver das einwirkende Bild desto deutlicher sind im allgemeinen diese Bogen¹⁾.

Dabei blieb die Farbe derselben immer jenes lichte Wasserblau, das als Eigenlicht der Netzhaut bekannt ist. Um zu ermitteln, ob diese Farbe vielleicht nur scheinbar in Folge von zu geringer Intensität des einfallenden etwa auf irgend eine Weise derart zerstreuten objectiven Lichtes sei, oder ob hier wirklich subjectiv erzeugtes Licht vorliegt, ertheilte ich dem betrachteten Spalt, sowohl mittels Spectralfarben, als auch mittels gefärbter Gläser verschiedene Farben; die Bogen veränderten aber ihren Farbenton nicht. Ich machte den Spalt oben blau und unten roth; die beiden Bogen liessen keinen Unterschied erkennen. Um mich über die wirkliche Helligkeit dieser Bogen ins Klare zu setzen, entwarf ich neben einem derselben von der zweiten der Spalten des genannten Helmholtz'schen Schirmes ein Bild auf die Netzhaut, indem ich dieselbe im indirekten Sehen betrachtete, während das Bild der ersten auf der macula entworfen die Bogen erzeugte. Dabei zeigte sich, dass wenn ersteres auch ganz entschieden lichtschwächer war als jene Bogen, es doch seiner Farbe nach vollkommen gut erkannt wurde. Selbst wenn ich blos durch ein rothes Glas noch den Spalt im Fensterladen sah, so dass in Folge des durch die Augenmedien zerstreuten Lichtes das ganze Gesichtsfeld von einem rothen Nebel überzogen erschien, so erkannte ich in demselben doch noch die bläulichen, hier etwas violetten Bogen, so dass kein Zweifel sein kann, dass man es hier mit keinem zerstreuten objectiven, sondern mit einem subjectiven Licht der Netzhaut zu thun hat. Es zeichnet sich also der Verlauf der in Erregung versetzten Opticusfasern auf der Netzhaut, in ihrem subjectiven Lichte auf, oder mit anderen Worten, auf der Strecke auf welcher

1) Ich sehe jetzt, nach einiger Uebung, diese Bogen mit grosser Leichtigkeit an jedem hellen Object mit dunklem Hintergrund; so bei den Strassenlampen, bei jeder im Dunklen glimmenden Cigarre, an jedem Spalt, durch welchen Licht dringt, selbst bei heiterem Himmel am Monde.

die erregten Fasern vom Opticuseintritt zum Ort des Bildes hinverlaufen sind die empfindenden Netzhautelemente, oder die zu ihnen führenden Nervenfasern ebenfalls in Erregung. Diese secundäre Erregung ist nur abhängig von der Intensität der primären Reizung.

Es scheint mir, als würde diese Wechselwirkung, welche hier zwischen den direkt gereizten Nervenfasern und den in Ruhe befindlichen Netzhauttheilen unzweifelhaft vorliegt, in den Opticusfasern zu Stande kommen. Es zeigen sich nämlich alle jene Netzhautstellen in secundärer Erregung, deren Opticusfasern bis zu ihrem Eintritt in die papilla nervi optici in nächster Nähe der direkt erregten Opticusfasern verlaufen; so jene der Umgebung des reizenden Netzhautbildes, welche den genannten Hof bilden, und jene welche zu den empfindenden Elementen, die an Stelle der Bogen selbst liegen, hinziehen. Sie zeigen sich aber auch desto intensiver gereizt, je grösser die Strecke ist, durch welche sie neben den direkt gereizten Fasern verlaufen, da die Bogen dem Netzhautbild zunächst am hellsten sind, und gegen den Opticuseintritt an Helligkeit allmählich abnehmen.

Welcher Art aber diese Wechselwirkung ist, wage ich nicht zu entscheiden.

Bemerkung: Es freut mich, nachträglich zu ersehen, dass W. Preyer bei seiner in dem letzten Doppelheft (4 und 5) dieses Archives veröffentlichten Abhandlung »Ueber anormale Farbenempfindung und die physiologischen Grundfarben«, bezüglich der letzteren zu ähnlichen Resultaten gekommen ist, wie ich solche auf Grund meiner Arbeiten in einer vorläufigen Mittheilung (Centralblatt f. d. med. Wissenschaft 1868 No. 38) angeführt, und in vorstehender Abhandlung ausführlich besprochen habe.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Subjective Erscheinung in der fovea centralis des linken Auges, bei Einwirkung von blauem Licht, umgeben von dem hellen rhombischen Löweschens Ring. O = Oben; U = Unten; S. S. = Schläfenseite; N. S. = Nasenseite.

Fig. 2, 3, 4. Farbenfiguren der drei Grundfarben.

Fig. 5. Ein Stadium aus dem complementären Nachbild von Roth.

Fig. 6. Subjective Figur, hervorgerufen durch Einwirkung von blauem Licht auf die für Roth ermüdete Netzhaut.