

# **Untersuchungen über Sehtätigkeit der Netzhaut und des Gehirns / von Arnaldo Angelucci.**

## **Contributors**

Angelucci, Arnaldo, 1854-1933.  
University College, London. Library Services

## **Publication/Creation**

Giessen : Verlag von Emil Roth, 1890.

## **Persistent URL**

<https://wellcomecollection.org/works/qtm3cupk>

## **Provider**

University College London

## **License and attribution**

This material has been provided by This material has been provided by UCL Library Services. The original may be consulted at UCL (University College London) where the originals may be consulted.

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

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



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

1,

Untersuchungen

Über die

SEHTHÄTIGKEIT

der

NETZHAUT UND DES GEHIRNS.

VON

ARNALDO ANGELUCCI,

PROFESSOR,

DIRECTOR DES OPHTHALMOLOGISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT ZU PALERMO.

MIT ZWEI TAFELN.



GIESSEN.

VERLAG VON EMIL ROTH.

1890.

---

Separatabdruck aus: Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der  
Thiere. Herausgegeben von Jac. Moleschott.

---

1657060



## XVIII.

# Untersuchungen über die Sehthätigkeit der Netzhaut und des Gehirns.

Von Prof. Arnaldo Angelucci, Director des ophthalmologischen  
Instituts der Universität zu Palermo.

Mit 2 Tafeln.

- 
1. *Die Lebenserscheinungen der neuroepithelialen Netzhautschicht und eine neue Lehre des Sehens.* 2. *Bau- und Thätigkeitsmechanismus der leitenden Wege der Lichtempfindung.* 3. *Die lichtempfindenden Eigenschaften der Hirnrinde bei den höheren Wirbelthieren und dem Menschen.*

Der Sehakt geht aus einer Anzahl von Thätigkeiten hervor, die der Netzhaut und dem Gehirn eigen sind. Die Grundlagen hierfür sind: die specifische Energie des peripheren Sehgebildes, der Mechanismus der leitenden Bahnen und die Fähigkeit des Gehirns, den Reiz zum Bewußtsein zu bringen. Dies sind drei Räthsel, die zu lösen man seit lange schon sich vergeblich bemüht.

Neuerdings schrieb *Quaglino* ganz richtig mit Bezug auf das Wesen der Arbeitsleistung der Netzhautbestandtheilchen, aus welcher der Reiz hervorgeht, den das Centrum vom Außengebilde empfangen muß, wenn es empfinden soll: das Sehen der Netzhaut ist das Ergebniß von Gestalt- und Stoffveränderungen, welche die Schwingungen des Lichts hervorrufen. Auf welche Weise dieser Vorgang stattfindet, vermag unsere heutige Wissenschaft noch nicht zu erklären.

Die neuen Arbeiten *Michel's*, *Stilling's*, *Luciani's* und *Seppilli's* bringen wohl neue Beiträge zur Erkenntniß des Baus und der



Lebenseigenschaften der Licht empfindenden und leitenden Gebilde und der Sehganglien, erschüttern aber zugleich die Anschauungen über das Sehen, die in den letzten Zeiten die herrschenden waren. *Michel* setzt in einer neuen Arbeit die Halbkreuzung der Sehnervenfasern in dem Chiasma der höheren Wirbelthiere und des Menschen in Zweifel. Der Unterfucher und sein Untersuchungsverfahren bürgen für die Berechtigung dieses Zweifels. *Stilling* fand für den Sehnerven eine Wurzel beträchtlicher Stärke bis in das Rückenmark hineinreichen. *Schwalbe* zweifelt aber an ihrem Vorhandensein. *Luciani* und *Seppilli* verlegen die rohe Lichtempfindung beim Hund und Affen in die Mittelhirnganglien, während *Munk*, *Wilbrand* und mit ihnen die ganze neuere französische Schule auch die Lichtempfindung als solche in die Zellen der Hirnrinde verlegen.

Ueber das Wesen der Sehthätigkeit der Hirnrinde gehen die Ansichten vollends aus einander, hier ist die Auffassung und Deutung der Erscheinungen ganz dem Gutdünken des Beobachters überlassen, denn hier muß nothwendig die Deutung der Sehthätigkeit in seinem seelischen Wesen der Beobachtung thatsächlicher Befunde zu Hülfe kommen.

Einige Beobachter waren bemüht, sich ein Urtheil über die Vorgänge des Sehens zu verschaffen, indem sie die Lebenthätigkeit der einzelnen Rindenabschnitte zu zergliedern suchten. Sie gingen darin soweit, in eine Anzahl Zellen und ein bestimmtes Faserbündel eine bestimmte Thätigkeit zu verlegen; Zerstörung dieser sollte das Ausfallen eines bestimmten Sehvermögens zur Folge haben. Dem für den Menschen aufgestellten Schema ordneten sie sodann die Sehthätigkeit aller höheren Wirbelthiere unter. Aber diesen Lehren *Munk's* und *Wilbrand's* stehen die neueren Untersuchungen von *Goltz* und die früheren von *Cuvier* und *Rienzi* entgegen.

Ich habe meine Arbeit in drei Theile getheilt. Der erste handelt von den specifischen Energien der neuroepithelialen Schicht der Netzhaut. Die Gestalt- und Stoffveränderungen, die dieselbe auf Lichtreize zeigt, schienen mir eine neue Theorie des Sehens zu



begründen. Im zweiten Theil bespreche ich den Bau und den Thätigkeitsmechanismus der leitenden Bahnen der Sehempfindungen. Der letzte endlich behandelt den Antheil, welcher der Hirnrinde beim Sehen zukommt.

## ERSTER THEIL.

### Die Lebenserscheinungen der neuroepithelialen Netzhautschicht und eine neue Lehre des Sehens.

#### Erster Abschnitt.

*Bibliographisches über die Physiologie der Netzhaut. Das Verhalten der lichtempfindenden Netzhautbestandtheile gegen physikalische Einflüsse.*

Ehe ich auf das Verhalten der Netzhaut gegen physikalische Einflüsse und ihre Bedeutung für die Erweckung des Sehreizes an der Außengrenze sowie deren Wahrnehmung in den Centren eingehe, muß ich einige kurze geschichtliche Bemerkungen vorausschicken, um der Forscher zu gedenken, die bis zum heutigen Tag mit so großem Erfolge an der Erforschung der Lebenserscheinungen der Netzhaut gearbeitet haben.

*Boll*<sup>1)</sup> bezeichnete die Stäbchen, die Zapfen und die epithelialen Pigmentzellen der Netzhaut als die physiologische Einheit der Licht- und Farbenempfindung. Er war der erste, welcher mit der Entdeckung des Sehpurpurs einen gewichtigen Beweis für ihre Thätigkeit zu erbringen vermochte. Es ist dies ein in den gestreiften Außengliedern der Stäbchen befindlicher Farbstoff, der sich bei fast allen Wirbelthieren und dem Menschen nachweisen läßt. In der Netzhaut des Frosches fand *Boll* außerdem grüne Stäbchen, deren Bedeutung noch nicht bekannt ist. Im Auge eines Frosches fand er den Bereich der Netzhaut, der von einem ganz feinen Lichtstrahlenbündel getroffen worden war, entfärbt. Der Netzhautpurpur der umgebenden Theile war unverändert geblieben. So beobachtete er zum ersten Mal das «Optogramm», über welches uns dann *Kühne* so gründ-

<sup>1)</sup> *Boll*, Sull' anatomia e fisiologia della retina. Atti della R. Accademia dei Lincei, anno 1876—77. Ser. 3. Vol. 1.



lich zu belehren vermochte. Er erwähnte eine Bewegung des Farbstoffs der epithelialen Zellen. Unter dem Einfluß des Lichtes nämlich gelangt dieser, vom Ende der Stäbchen längs derselben vorrückend, bis zur äußeren Grenzschicht, um dann in der Dunkelheit wieder an seine alte Stelle zurückzukehren. Näher auf seine Entdeckung eingehend, fand *Boll*, daß in der lebenden Netzhaut unter dem Einfluß sehr greller Lichtstrahlen der Purpur in fünf Minuten blaß wird, nach zehn Minuten nur noch in Spuren vorhanden und nach fünfzehn Minuten vollkommen verschwunden ist. Erst nach einer Stunde des Ausruhens in völliger Dunkelheit zeigt die Netzhaut wieder die ersten Spuren der Erneuerung dieses Stoffes. Nach zwei Stunden hat sie den früheren Grad der Sättigung wieder erreicht.

Das farbige Licht bleicht das Sehroth nach dem Verhältniß der Stärke seiner Brechung. Unter rothem Licht wird der Purpur fähter, von gelb wird er nur wenig angegriffen, von den anderen Lichtstrahlen wird er rasch gebleicht.

Die gleiche Einwirkung des Lichts fand *Boll* auch für die von *Hannover* entdeckten gelben öligen Tröpfchen, doch werden diese niemals gänzlich entfärbt. *Boll* stellt als Ergebnis seiner Untersuchungen die Behauptung auf, daß das Sehroth im Leben unter der Einwirkung des Lichtes abnimmt und verzehrt wird, in der Dunkelheit sich erneuert, und daß in diesem wahrnehmbaren Wechsel wenigstens zum Theil der Vorgang des Sehens beruhe.

*Kühne*<sup>1)</sup> und seine Schüler brachten darnach manche wichtige Aufklärung über das Wesen dieses Stoffes, indem sie ihn genauer und erfolgreicher untersuchten als *Boll*. *Kühne* beschrieb ihn als purpurroth, nannte ihn darum «Sehpurpur» und zeigte, daß es ein in den Gallensalzen löslicher Stoff sei, der dann aus solcher Lösung wiederum darstellbar ist. In der Lösung ist der Sehpurpur auch lichtempfindlich, indem er unter Lichteinfluß sich in «Sehgelb» umwandelt. Der Sehpurpur und das Sehgelb

---

<sup>1)</sup> *Hermann*, Handbuch.



haben verschiedene Absorptionsstreifen im Spektrum. Dem Lichte ausgesetzt, geht die Netzhaut allmählig von purpurroth in einfach roth, orange, gelb, chamois über, um endlich sich ganz zu entfärben, oder sie geht sogleich aus einem blassen lilla in das reinste weiß über.

Die Schnelligkeit der Entfärbung hängt von der Art des Lichtes ab. Unter Gas- oder Kerzenlicht braucht die Netzhaut eine Stunde bis zur vollständigen Entfärbung. Elektrisches oder Magnesiumlicht bleicht sie viel rascher.

Das Roth des Sonnenspektrums entfärbt die Netzhaut in etwa zwei Stunden, starkes, gelbes Spektrallicht etwas rascher. Violett und Grün bleichen den Purpur in fünf bis zehn Minuten, am raschesten von allen aber blaues Licht.

Lösungen des Netzhautpurpurs werden in abnehmender Schnelligkeit von folgenden Lichtarten entfärbt: grün-gelb, grün, grün-blau, violett, orange, gelb, roth. Lösungen von Sehgelb werden vom blauen, violetten und grünen Licht schneller gebleicht als von gelbem und rothem.

Der Sehpurpur stammt aus dem pigmentirten Epithel der Netzhaut. Eine Frosch-Netzhaut, die aus dem Auge ausgelöst und am Licht gebleicht worden, nimmt ihre Farbe wieder an, wenn sie auf eine Schicht von Netzhautepithel aufgelegt wird.

Netzhäute von Fröschen, welche lange im Dunkeln verweilt, reagiren immer alkalisch. Je länger sie hingegen dem Licht ausgesetzt worden, um so stärker reagiren sie sauer. Auch Kühne erkennt in den Pigmentepithelien und den Stäbchen und Zapfen phototropische Epithelien, d. h. das spezifische Endgebilde des Sehnerven.

In meiner Untersuchung über das Netzhautepithel der Wirbelthiere (1878)<sup>1)</sup> fand ich, daß beim Frosch die Grenze des Pigments in der Dunkelheit im oberen Drittel des äußeren Gliedes der Stäbchen liegt, und daß bei farbigem Licht in gleichem Verhältniß mit der Wirksamkeit der Spektralfarbe auch der Farbstoff vorwärts rückt.

<sup>1)</sup> *Angelucci, Atti della R. Accademia dei Lincei, 1878.*



Indem ich dann näher auf die Untersuchung der Bewegungen des Pigments einging, bemühte ich mich zu ermitteln, ob nicht auch in den Zapfen und Stäbchen und in den Epithelzellen eine Veränderung unter dem Einfluß des Lichts vor sich gehe. (1882—84.)<sup>1)</sup> Ich vermochte denn auch eine gleichzeitige Einwirkung des Lichts auf diese drei Bestandtheile zu zeigen. Außer dem Vorrücken des Farbstoffs nimmt die Epithelzelle an Höhe ab, sowohl in ihrem äußeren protoplasmatischen Theil als auch in ihrem unteren pigmentirten Theil, der bis auf ein ganz geringes zusammenschrumpft. Außerdem zieht sich die Epithelzelle im Breitendurchmesser zusammen. Zu gleicher Zeit schrumpft das äußere Glied der Stäbchen im Längendurchmesser, indem es sich verdickt. Auch das äußere Glied der Zapfen verkürzt und verdickt sich. Die Berührung dieser beiden Zellenarten unter einander wird eine innigere. Unter dem Einfluß der Strahlen des Farbenspektrums ist dieser Vorgang ein um so stärkerer, je weiter die einwirkende Farbe im Spektrum nach rechts liegt. Zwischen dem Ruhezustand der drei Netzhautelemente in der Dunkelheit und ihrer höchsten Veränderung bei hellem Lichte stehen die Zwischenstufen, die den verschiedenen Lichtarten des Spektrums entsprechend eine aufsteigende Reihe von Veränderungszuständen bilden.

*Van Genderen Stort* (1884)<sup>2)</sup> wies beim Frosch eine Bewegung des inneren Gliedes der Zäpfchen nach. Es ist dies die lebhafteste unter den Bewegungserrscheinungen an den drei Netzhautgebilden. Das Ellipsoid des Zapfens löst sich in der Dunkelheit aus der Berührung mit der membrana limitans, in der es sich unter Einfluß des Lichts befindet, und kommt in die Höhe des oberen Drittels des äußeren Glieds der Stäbchen zu stehen. Die großen Zapfen mit gelben öligen Tropfen zeigen diese Bewegung jedoch nicht.

*Engelmann* erschloß (1885)<sup>3)</sup> das inhaltreiche Capitel der Re-

<sup>1)</sup> *Angelucci*, gazzetta medica di Roma, 1882—84.

<sup>2)</sup> *Van Genderen Stort*, Bericht des ophthalmolog. Congresses in Kopenhagen, 1884.

<sup>3)</sup> *Engelmann*, Pflüger's Archiv 1885.



flexwirkung zwischen Gehirn und Netzhaut. Er fand eine Bewegung im Netzhautpigment, die vollkommen der durch unmittelbare Lichteinwirkung hervorgerufenen entsprach, wenn er beim Frosch einfach den Rücken vom Licht beschienen ließ. Ebenso geräth das Pigment beim Frosch auch in Bewegung, wenn man das Thier von einem elektrischen Strom durchfließen läßt, oder wenn man ihm eine Strychninein-spritzung macht. Wird nur ein Auge dem Licht ausgesetzt, das andere aber vollkommen dunkel gehalten, so zeigt doch auch dieses ein Herabwandern des Farbstoffs, wie wenn es ebenfalls beschienen worden wäre. Es bleibt jedoch diese Erscheinung aus, sobald man das Rückenmark vom Gehirn trennt oder letzteres zerstört.

*Gradenigo*<sup>1)</sup> war der Erste, der Bewegungser-scheinungen in der äußeren Körnerschicht beobachtete. Die Körner werden in der Dunkelheit kugelig, im Lichte mehr länglich. Auch untersuchte er die Einwirkung der Temperatur auf diese Körner eingehender, als es schon *Kühne*<sup>2)</sup> gethan hatte. Bei Fröschen, die einer Wärme von 30°—40° ausgesetzt waren, stieg der Farbstoff beinahe bis zur äußeren Grenzschicht herab, auch wenn völlige Dunkelheit herrschte; dabei streckten sich auch die Körner in die Länge wie unter dem Einfluß des Lichts. Ich bestätigte sodann (1885)<sup>3)</sup> die von *van Genderen Stort* und *Engelmann* angeführten That-sachen und beschrieb die Zusammenziehung der inneren Glieder der Stäbchen unter dem Einfluß des Lichts. In der von *Gradenigo* zu gleicher Zeit veröffentlichten Mittheilung ist auch diese Erscheinung erwähnt. Wie die Wirkung des weißen Lichtes, welches nur in das eine Auge fällt, auch am zweiten Auge in ganz gleicher Weise zu Tage tritt, so auch bei farbigem Lichte. Unter diesen Verhältnissen, wenn die Veränderung im einen Auge sich auf das

<sup>1)</sup> *Gradenigo*, Intorno alla influenza della luce e del calore sulla retina della rana, Padova, 1885.

<sup>2)</sup> *Kühne*, 1878 loc. cit. erwähnt schon das Herabsteigen des Farbstoffs beim Frosch unter Einfluß der Kälte, der Wärme und des Curare.

<sup>3)</sup> *Angelucci*, gazzetta medica di Roma, 1885.



zweite überträgt und eine gleichzeitige Bewegung in den drei Netzhautbestandtheilen auftritt, bedarf es einer weit längeren Reizeinwirkung zur Erzielung dieser Erscheinung, als wenn beide Augen unmittelbar beschienen würden.

In der Folge habe ich sodann (1886)<sup>1)</sup> gefunden, daß auch der Schall eine Reflexwirkung auf die Netzhaut ausübt. Bei Fröschen, die zwei Stunden lang starker Gehörerschütterung ausgesetzt worden sind, findet man die Farbstoffkörner bis zur Grenzschicht hin vorgedrungen, und die Zapfen sind stark zusammengezogen. Ein zwanzig Minuten auf eine Stelle des Auges ausgeübter Druck hat an der dem Druck gegenüberliegenden Stelle in den drei Netzhautbestandtheilen Veränderungen zur Folge, welche den durch Lichteinwirkung hervorgerufenen durchaus gleichen. Daselbe gilt von dem Einfluß, den das Marasmus-Oedem bei Fröschen, die man lange in faulendem Wasser gehalten hat, auf die Netzhaut ausübt.

Letzteres hat nach mir Hess<sup>2)</sup> (1887 September) gelegentlich einer anderen Versuchsreihe ebenfalls erwähnt. Er sagt in seiner Arbeit über den Naphthalinkatarakt: «Das Pigment-Epithel der Netzhaut scheint mir hier zum erstenmal eine Bewegung der Farbstoffzellen unter mechanischer und chemischer Beeinflussung zu zeigen, welche mit der unter Lichteinwirkung beobachteten zu vergleichen ist». Zugleich beschreibt er starke Ernährungsstörungen der Netzhaut, welche er als Folgen der Veränderungen in der Chorioidea ansieht.

Denissenko<sup>3)</sup> beschreibt außer den schon angeführten Veränderungen in der Netzhaut auf Lichtreiz eine Verdickung derselben, die auf eine Vergrößerung des Raums, in welchem die äußere und die innere Körnerschicht sich befinden, zurückzuführen sei. Es entstehe in Folge dessen eine Druckverminderung in der Netzhaut, und die in dem subchorioidealen Raum befindliche Flüssigkeit diffundire leichter in

<sup>1)</sup> Angelucci, Una nuova teoria sulla visione, Cagliari, 1886.

<sup>2)</sup> Hess, Revue d'ophthalmologie 1887.

<sup>3)</sup> Denissenko, Revue d'ophthalmologie, 1887.



dieselbe hinein. Die Kerne der inneren Körnerschicht nehmen eine spindelförmige Gestalt an, in der feinkörnigen Schicht werden die kleinen Körperchen dicker, in der Ganglienzellschicht erscheinen die Räume, in denen die Nervenzellen lagern, beträchtlich erweitert, die Nervenfasern des Sehnerven trennen sich deutlicher eine von der andern und verdicken sich. Diese durchgehende Erweiterung der Zwischenräume zwischen den Bestandtheilen der Netzhaut wird vom Untersucher auf das Vorhandensein des Bedürfnisses lebhafteren Wechsels der Ernährungsflüssigkeit zurückgeführt, wodurch dann der durch das Licht verbrauchte Netzhautpurpur wieder ersetzt werden könne.

Auch ich beschrieb gleichzeitig mit *Denissenko*<sup>1)</sup> die Erweiterung der die Ganglienzellen enthaltenden Räume und die Verdickung der äußeren Körner unter dem Einfluß des Lichts.

Die letzte Arbeit *van Genderen Stort's* (1887)<sup>2)</sup> enthält wichtige Mittheilungen über den mikroskopischen Bau der Netzhaut der Wirbelthiere, hingegen keinerlei neue Beiträge zur Lebensthätigkeit derselben. Auch ist ihm, der als Erster die Zusammensetzung des inneren Gliedes der Zapfen beschrieben hatte, vollkommen entgangen, daß auch andere Bestandtheile der Netzhaut bei Lichtreiz die gleiche Bewegung zeigen. Es scheint, daß er die davon berichtenden Arbeiten nicht gekannt hat, sonst hätte er wohl Gelegenheit genommen, diese Mittheilungen zu bestätigen oder zu widerlegen.

Die auf mikroskopischem und chemischem Wege nachweisbaren Veränderungen, welche ein physikalischer Reiz in der Netzhaut zur Folge hat, gehen in der neuroepithelialen Schicht *Schwalbe's* vor sich, d. h. in jener Netzhautschicht, in welcher die epithelialen Zellen, die Stäbchen und Zapfen und die äußeren Körner liegen.

Die neuroepitheliale Schicht — mit Ausnahme der äußeren Körner — ist zwischen zwei häutigen Schichten gelegen (Fig. 21,

<sup>1)</sup> *Angelucci*, Atti del Congresso oftalmologico di Torino, Annali di oftalmologia, 1887.

<sup>2)</sup> *Van Genderen Stort*, Archiv. d'ophthälm., 1887.



22, 23, 24, 25 auf Tafel I) nämlich der limitans externa m l e und jener zarten Schicht m r, welche auf der Aderhaut aufliegend, fälschlicher Weise als membrana basilaris chorioideae bezeichnet wird, während sie doch ein Erzeugniß der epithelialen pigmentirten Zellen ist, zu welchen sie gehört. Beim Embryo hatte ich Gelegenheit zu sehen<sup>1)</sup>, daß ein Häutchen sowohl die vordere wie die hintere Fläche der secundären Augenblase deckt. Nachdem sich die einzelnen Theile von einander geschieden und der vordere Gefäßhauttractus sich ausgebildet hat, umgiebt dieses Häutchen die Bestandtheile der secundären Augenblase noch immer. Von dem vorderen Ende der Netzhaut breitet es sich über die Ciliarfortsätze aus, von hier aus überzieht es die hintere Fläche der Regenbogenhaut. An deren Rand schlägt es sich um und geht auf die hintere Fläche des Pigmentepithels der Regenbogenhaut über. Hier ist es aber nur sehr schwer nachweisbar. Deutlich tritt es erst jenseits der Ciliarfortsätze hervor, wo es Aderhaut und Netzhaut von einander scheidet. Es giebt demnach keine dem Glaskörper eigene membrana hyaloidea und keine der Aderhaut eigene membrana basilaris als solche.

Bei allen Wirbelthieren, insbesondere aber bei den Kaninchen und Fröschen, zeigt diese «Basalmembran» eine besondere Bildung. Sie deckt nämlich gleichsam den oberen Theil jeder Epithelzelle mit einer Kuppe (Fig. 34 m r), welche Kuppen unter einander in Zusammenhang stehen, indem die membrana basilaris dort, wo die Epithelzellen mit ihren oberen Enden etwas von einander abstehen, sich verdickt und in die Zwischenräume einsenkt. Dies ist der Grund, warum sie, von oben gesehen, jede Epithelzelle in einem schönen sechseckigen Rahmen aus durchscheinender amorpher Masse einschließt. Als solches heißt das Häutchen die membrana reticularis der Netzhaut.

Die Pigmentzellen allein unter den das Netzhautmosaik zusammensetzenden Gebilden nehmen den Zwischenraum zwischen

<sup>1)</sup> Angelucci, Sullo sviluppo e struttura del tratto uveale anteriore dei vertebrati. Atti della R. Accademia dei Lincei, 1880.



der limitans externa und der reticularis ganz ein. Die Stäbchen und Zapfen füllen ihn auch nur bis zu gewisser, unter verschiedenen Verhältnissen verschiedener, Höhe aus.

An der Epithelzelle hat man zu genauerer Unterscheidung drei Theile von einander getrennt zu halten. Die protoplasmatische Kuppe (Fig. 1, 2, c p), die in unmittelbarem Zusammenhang mit der membrana reticularis steht (m r); dieser Theil der Zelle ist frei von Farbstoff; er besteht aus einem feingekörnten Protoplasma, in dem man einen oder zwei Kerne findet (Fig. 1, 2, 15, 16, n); außerdem enthält er fettartige Tröpfchen (Fig. 1, g o), die der chemischen Zusammensetzung nach aus Lutein (*Capranica*) und Lipocerin (*Kühne*) bestehen; ferner eigenthümliche Körnchen, die ich nach ihrer Reaction als Aleuronoide bezeichnet habe (Fig. 1, 2, g a), die aber *Kühne* umtaufte und als myeloide Körnchen bezeichnet wissen will. Niemals fehlt den epithelialen Zellen der Wirbelthier-Netzhaut der Kern. Die anderen Bestandtheile, aleuronoide Körnchen und Fett-Tröpfchen, sind vorhanden oder fehlen je nach der Gattung des Thieres<sup>1)</sup>.

Unmittelbar auf die protoplasmatische Kuppe folgt eine sehr farbstoffreiche Schicht, die Farbstoffgrundschicht, in welcher das Protoplasma der Zelle vollkommen von angehäuften Farbstoffkörnermassen verdeckt wird. Von dieser Schicht bis zur äußeren Grenzschicht erstrecken sich Zellfortsätze, welche je nach den Umständen auf verschiedene Länge hin mit Farbstoff erfüllt sind (Fig. 3, 4, 14, 27, p r).

Diese Fortsätze sind ein Ergebnis des entwicklungsgeschichtlichen Entstehens der Stäbchen und Zapfen. Die Stäbchen und Zapfen sind ursprünglich nicht an Ort und Stelle vorgebildet, sondern dringen vom vorderen Blatt der Augenblase in den Körper der Farbstoffzelle ein, indem sie dabei sich allmählig zu ihrer späteren Gestalt ausbilden und von einander unterscheiden. In den Zwischenräumen, welche sie frei lassen, bleiben fadenförmige

<sup>1)</sup> *Angelucci*, Sulla struttura dell'epitelio retinico dei vertebrati. Atti della R. Accademia dei Lincei, 1888.



Protoplasamassen der epithelialen Zellen, welche innig mit der äußeren Grenzschicht zusammenhängen. Wenn dann die neuro-epitheliale Schicht sich von der Grenzschicht löst, reißen diese Fäden. So kommt es, daß dann diese Schicht an ihrer hinteren Fläche wie mit Zotten besetzt erscheint. Sie gehören eigentlich nicht zu ihr, wie *van Genderen Stort* annahm, sondern sind Trümmer von Fortsätzen der epithelialen Zellen.

In der Netzhaut des Frosches sind an den Stäbchen und Zapfen deutlich zwei Glieder zu unterscheiden, ein inneres und ein äußeres. Das äußere Glied der Stäbchen hat eine längliche, cylindrische Gestalt (Fig. 4, m c b); es ist ein cuticulares Gebilde und besteht aus einer Anzahl aneinander haftender Plättchen. Die Bildung des inneren Gliedes ist weniger einfach; man erkennt an ihm einen besonderen Körper von der Gestalt eines Kugelabschnitts; derselbe ist stark lichtbrechend und ist dem äußeren Glied des Stäbchens zugekehrt, er sitzt auf einem Cylinder von gleichmäßiger, durchscheinender, fein gekörnter Masse auf. Man bezeichnet ihn als Linse oder Ellipsoid (Fig. 4, 13, l b). Der Cylinder, den *Kühne* als myoïden Theil des inneren Glieds des Stäbchens bezeichnet hat (Fig. 4, m m b), erstreckt sich von der vorderen Fläche der «Linse» bis zur äußeren Grenzschicht m l e, wo er auf der Spitze des «äußeren Korns» etwas anschwillt. Jedoch endigt er nicht hier, sondern er dringt durch die äußere Grenzschicht durch und umspinnt das äußere Korn mit einer äußerst zarten Protoplasmaschicht (Fig. 4, g e b).

Der Bau des Stäbchens und des dazu gehörigen Korns muß in seinen Bestandtheilen so gedeutet werden: das Korn entspricht dem Kern einer Nervenzelle, das Protoplasma umhüllt ihn nur in ganz zarter Schicht, dringt dann aber als dicker cylindrischer Fortsatz durch die limitans hindurch (myoïder Theil des inneren Glieds des Stäbchens Fig. 4, m m b). Dann unterscheidet man noch zwei Bestandtheile, die Linse l b und das äußere Glied des Stäbchens. Erstere ist eine wenig vom Protoplasma des myoïden Cylinders abweichende Masse; das äußere Glied hingegen ist ein



cuticulares Gebilde (m e b). Die Zapfen sind ganz entsprechend zusammengesetzt, zeigen aber eine andere Gestaltung. Das Protoplasma, welches die limitans externa durchdringt, stellt bald einen dicken Cylinder (Fig. 4, m m e), bald einen sehr feinen fadenförmigen Fortsatz dar (Fig. 3, m m c), welcher mit seinem Ende einen vollkommen eiförmigen Körper, die Linse des Zapfens, umfaßt (Fig. 4, 3, l c). Von der der Epithelzelle zugewandten Seite der Linse geht ein glänzender, nadelförmiger Fortsatz aus (Fig. 3, 4, m e c), das äußere Glied des Zapfens. Er nimmt die Farbstoffe, mit denen sich die myoiden Theile färben lassen, nicht auf, und ist eine cuticulare Bildung. Zwischen dem oberen Theil der Linse und dem unteren des äußeren Gliedes findet sich meistens ein Fetttropfen (Fig. 4, 5, 6, 19, 20). In Hinsicht auf diesen Tropfen scheiden sich die Zapfen beim Frosch anatomisch in zwei Arten: in solche mit und solche ohne den Tropfen (Fig. 3, c i). Auch giebt es zweierlei Stäbchen, die einen mit sehr kurzem äußeren Glied und mit sehr langem, feinem inneren (Fig. 3, 4, b s), die anderen — und diese bilden die Mehrzahl — mit langem äußeren und kurzem, dickem inneren Glied. Erstere entsprechen den grün gefärbten Stäbchen, die anderen enthalten den eigentlichen Netzhautpurpur. Die Spitzen beider berühren in gleicher Höhe die Basis der Epithelialzelle.

**Dunkelheit.** Wenn man eine Froschnetzhaut, welche zwölf bis vierundzwanzig Stunden im Dunkeln gewesen war, gehärtet hat, so findet man in feinen Schnitten folgende Anordnung der Theile<sup>1)</sup>.

Von der Seite gesehen, ist die Epithelzelle (Fig. 1) hoch, mit gut entwickelt protoplasmatischer Kuppe (a p) und pigmenthaltigem Körper (b p). Die Räume (Fig. 1, a b), wo sich die freien Enden der Stäbchen in die Epithelialzelle einsenken, sind weit entfernt von

<sup>1)</sup> Ich habe mich bei meinen Versuchen einer Lösung von Osmiumsäure 0,5:100 zur Härtung bedient, nach 10–20 Minuten kommen die Augen dann in Alkohol. Oder ich härte sie in Müller'scher Flüssigkeit und bringe sie darauf in Alkohol. Am geeignetsten endlich fand ich folgenden Vorgang: erst 30 Minuten bis zu drei Stunden in einer 3:100 Salpetersäurelösung, dann 10 Tage Müller'sche Flüssigkeit und zum Schluß Alkohol.



ihrem Kern (Fig. 1, n). Die Fortsätze der Zelle sind dicht mit Farbstoff erfüllt (Fig. 3 pr) bis zur Höhe des oberen Dritttheils der Stäbchen. Diese selbst sind schmal, länglich sowohl in ihrem äußeren als im inneren Glied. Die Linse (l b) entspricht der Gestaltung des Stäbchens, sie ist hoch und etwas breiter als das Stäbchen. Der myoide Theil (m m b) endigt im äußeren Korn, welches letzteres ungefähr eiförmig ist; es steht in unmittelbarer Berührung mit der äußeren Grenzschicht, in welche es sich ein wenig mit seinem oberen Ende einfenkt. Das Korn der grünen Stäbchen (b s) liegt in der zweiten Reihe der äußeren Körner. Von der vorderen Fläche der äußeren Körner erstreckt sich ein feiner Raum (Fig. 3, 4, c l), der nach vorn von der äußeren molecularen Schicht begrenzt wird.

Die Zapfen sind länglich und berühren mit dem Ende des äußeren Glieds (m e c) den farbstoffhaltigen Körper der Epithelialzelle. In Fig. 3 sind eine Anzahl Zapfen genau wiedergegeben, um zu zeigen, wie stark sie in die Länge gezogen sind. Doch findet man zwischen solchen auch hin und wieder einige, welche nur eine mittlere Länge erreichen. Diese sind zart und enthalten meistens einen Fetttropfen. Alle Körner dieser Zapfen sind in zweiter Reihe hinter denen der rothen Stäbchen angeordnet. Hauptursache der großen Länge des Zapfens ist das starke Ausgezogensein des myoiden Theils (m m c); doch tragen auch die anderen Theile dazu bei, indem die Linse ein längliches eiförmiges Gebilde darstellt (l c) und auch das äußere Glied zart und gedehnt ist (m e c). An solchen Netzhäuten erkennt man immer eine bedeutende Anzahl von Zapfen, welche sich nicht aus der Nähe der limitans entfernen (Fig. 3, c i); sie sind etwas dicker als die beweglichen Zapfen und haben eine nicht vollkommen eiförmige Linse. Letztere ist vielmehr ein abgestutztes Ellipsoid. Das äußere Korn, das zu solch einem Zapfen gehört, steht in einer Reihe mit denen der rothen Stäbchen. Die Stäbchen mit mehr entwickeltem äußeren Glied sind purpurroth gefärbt, die anderen mit kurzem inneren Glied sind schön grün. Die Fett



tropfen der Zapfen sind satt-gelb; ebenso die, welche sich in dem Körper der farbstoffhaltigen Epithelzellen finden. Das Protoplasma der Epithelzelle ist ebenfalls rosa oder röthlichgelb gefärbt.

Licht. An Netzhäuten, welche dem Licht ausgesetzt waren, ist die Epithelzelle niedrig. Die Protoplasmakuppe sowie der farbstoffhaltige Körper derselben (Fig. 2) sind geschrumpft. Der letztere ist etwa ein Dritttheil schmaler als in der Dunkelheit. Der Kern (n) ist oft eiförmig. Die Spitze des Stäbchens ist von demselben nur durch einen ganz schmalen Protoplasmastreifen geschieden. Die Stäbchen sind dick und sowohl in ihrem äußeren Glied (Fig. 19, m e b) als in ihrem myoïden Theil (m m b) zusammengezogen. Die Linse der Stäbchen (l b) erscheint etwas abgeplattet, und das cuticulare Stäbchen übertrifft sie nun im Gegensatz zu vorhin im Breitendurchmesser. Auch die grünen *Schwalbe'schen* Stäbchen (Fig. 4, b s) sind sowohl in ihrem äußeren als in ihrem inneren Gliede zusammengezogen. Ihr oberes Ende geht nicht tiefer herab als bis zur Linie, die die rothen Stäbchen einhalten. Die Zapfen beider Art, sowohl die mit als die ohne Tropfen, bleiben alle auf einer Linie dicht bei der limitans, welche sie mit ihren elliptischen Körpern fast berühren. Ihr myoïdes Glied ist kurz und dick.

Die Körnchen des Netzhautpigments sind beinahe bis zur Grenzschicht hinabgestiegen, reichen jedoch nicht an sie heran. Die keulenförmigen Enden der Körner der Stäbchen stehen jetzt in fast unmittelbarer Berührung mit dem unteren Theil der Ellipsoide der Zapfen; was noch an Zwischenraum bleibt, wird vom myoïden Glied des Zapfens ausgefüllt (Fig. 19, 20). So scheint es, daß durch das unmittelbare Zusammenrücken der Theile kein Raum für ein weiteres Vordringen des Farbstoffs übrig bleibt und dieser darum nur bis zur halben Höhe des Ellipsoids des Zapfens kommt. Wahrscheinlich wird der geringe freie Raum, der zwischen den unteren Theilen der Stäbchen und Zapfen und den oberen Theilen der äußeren Körner noch übrig bleibt, von dem Protoplasma des im Dunkeln farbstofffreien Zellenfortsatzes erfüllt. Die Farbstoffkörnchen (Fig. 4, 19) verhalten sich folgendermaßen: sie sind im



Körper der Epithelzelle nicht sehr stark vertreten und steigen in feinen Fäden zum oberen Drittel des äußeren Glieds der Stäbchen herab. Hier sieht man in den meisten Fällen eine Anhäufung derselben, dann erstrecken sie sich in Strängen weiter, um am Ende flockig gehäuft zu liegen. Dies ist folgendermaßen zu deuten: der obere Theil der Linse des Zapfens und sein äußeres Glied stoßen nicht genau mit dem myoïden Theil des Stäbchens zusammen. In den so freibleibenden Raum dringt der Farbstoff ein. Hier, wo die Berührung zwischen Zapfen und Stäbchen keine sehr innige ist, findet sich eben eine besonders große Anhäufung des Farbstoffs.

Die äußeren Körner nehmen im Licht eine länglich eiförmige Gestalt an und stehen weniger dicht bei einander. Ihre. — in der Abbildung — untere Reihe ist von der molecularen Schicht durch einen weiten leeren Raum geschieden. Dieser entspricht sicher einem Lymphraum, der die äußeren Körner umgiebt. Er erweitert sich am stärksten im Sinne von vorn nach hinten dort, wo sich Stäbchen, Zapfen und Epithelzelle zusammengezogen finden (Fig. 4, 8, c l). Die äußeren Glieder der Stäbchen sind ganz entfärbt und die gelben Tröpfchen sowohl in den Zapfen als in den Epithelzellen gebleicht. Auch die Nervenzellenschicht ist von einem Lymphraum umgeben, der sich in der vom Licht beschienenen Netzhaut am meisten erweitert zeigt.

In einer früheren Untersuchung wollte ich mir über das Herabwandern der Farbstoffkörnchen und die Ursache dieser Erscheinung Klarheit verschaffen. Die Spitzen der Epithelzellenfortsätze sind unbeweglich und haften an der limitans fest. Unter der Einwirkung des Lichts jedoch verändern die Farbstoffkörnchen ihre Stellung, indem sie vermuthlich durch Wanderung des Protoplasmas der Epithelzelle mitgezogen werden. Im Licht nämlich nimmt das Protoplasma im Zellkörper ab, während die Fortsätze an Umfang und Größe zunehmen.

Doch scheinen die Körnchen an dieser auf- und absteigenden Bewegung auch selbstthätig Theil zu nehmen. Unter starker Vergrößerung sieht man, sowohl bei frischen Netzhäuten als bei solchen,



in welchen das Protoplasma der Zelle durch die Härtung zerstört worden, Anhäufungen von Farbstoffkörnchen frei in einer Flüssigkeit schwimmen, z. B. im humor aquæus. Dieselben zeigen amœboide Bewegungen, welche je nach der Stärke der Lichteinwirkung verschieden stark sind. Bei grellem Licht sind sie sehr lebhaft, in der Dunkelheit schwächer. Erhellte man unter dem Mikroskop eine Stelle stärker, so geht die schwingende Bewegung der Körnchen nach dieser Seite hin; es scheint demnach richtig zu sein, wenn man annimmt, die Farbstoffkörnchen des Netzhautepithels würden zwar hauptsächlich passiv von den Bewegungen des Zellprotoplasmas mitgerissen, könnten jedoch unter Einwirkung des Lichts auch selbstthätig in den Zellfortsätzen vorwärts wandern. Es ist wahrscheinlich, daß sie den Anstoß zur Bewegung im Zellprotoplasma geben oder dieselbe wenigstens anspornen.

Die Bestandtheile der neuroepithelialen Schicht zeigen ein verschiedenes Maß von Aneinanderhaften, je nachdem sie dem Licht ausgesetzt gewesen waren oder nicht. An Netzhäuten, welche im Dunkeln gehalten worden, trennen sich die Stäbchen, die Zapfen und die *Schwalbe'schen* Stäbchen von der Farbstoffepithelzelle ab, deren Fortsätze in ihrem oberen Drittel abreißen. Auch sieht man bei genauer Untersuchung, daß die Stäbchen nicht mehr dicht an einander stehen. Die Fortsätze der Epithelialzelle sind zart und füllen den Zwischenraum zwischen je zwei Stäbchen nicht mehr vollkommen aus. Diese Lösung des Zusammenhangs der Theile unter einander gestattet den Zapfen sich bis gegen den Körper der Epithelzelle vorzustrecken.

An den Netzhäuten, welche dem Lichte ausgesetzt gewesen, ist kein solcher freier Raum zwischen den äußeren Gliedern der Stäbchen und den Zellfortsätzen, und die Zapfen sind zusammengezogen und kurz. Alle diese Gebilde stellen ein zusammenhängendes Ganzes dar, so daß, wenn man die Netzhaut vom Augenhintergrund ablöst, die Stäbchen und Zapfenschicht und häufig auch die äußere Körnerschicht an der Epithelzellenschicht festhaften bleibt, welche ihrerseits an der Aderhaut festhält. Der durch



die Zusammenziehung der Zapfen entstehende Raum wird bei den vom Licht beschienenen Netzhäuten dadurch ausgefüllt, daß die körnigen Zellfortsätze an Masse zunehmen und die Stäbchen sich verdicken.

In der Dunkelheit bleibt der Farbstoff auf der Höhe des unteren Drittels der Stäbchen stehen, d. h. er erstreckt sich bis zur oberen Grenze der Linfen der Zapfen. Es ist klar, daß der Raum, der an der Netzhaut im Dunkeln zwischen dem myoïden Theil des Zapfens und dem Stäbchen bleibt, von einer Flüssigkeit erfüllt werden muß, welche bei Licht durch die Zusammenziehung der Stäbchen und der Epithelialzelle und durch die Dickenzunahme der Zellfortsätze, sowie der inneren und der äußeren Glieder der Stäbchen, verjagt werden muß und sich nun in die umgebenden Lymphräume ergießt, die dadurch erweitert werden. Dieses schöne Zusammenwirken, das die Bewegungen eines Bestandtheils der Netzhaut vollkommen abhängig von derjenigen des anderen macht, trägt den Stempel der Einfachheit und inneren Nothwendigkeit an sich.

Die Abbildung Nr. 4 zeigt ein Optogramm, welches erhalten wurde, indem man den Abschnitt A beschattet ließ, während die ganze übrige Netzhaut von zerstreutem Licht beschienen wurde. Innerhalb des Bereiches B sind die Stäbchen dicker, kürzer, zusammengezogen, sowohl in ihrem äußeren als in ihrem inneren Glied, auch die Linse ist dem entsprechend platter. Der Farbstoff ist so weit als möglich herabgewandert. Innerhalb des Bereiches A sind alle drei Theile der Stäbchen viel schlanker und länger; der Farbstoff reicht bis zum mittleren Drittel des äußeren Glieds des Stäbchens. Die Zapfen sind hingegen alle gleichmäßig zusammengezogen und liegen ganz auf einer Höhe. So zeigt sich, daß, wenn auch die Wirkung des Lichts eine gleichzeitige Zusammenziehung der Stäbchen und Zapfen und der Epithelialzelle und ein Herabsteigen des Farbstoffs ist, die Zusammenziehung der Zapfen doch nicht die drei anderen Bewegungserrscheinungen nothwendig nach sich zieht.

Die äußeren Körner sind in dem Gebiete A kugelig, im Be-



reiche B mehr länglich. Die Linie der äußeren molecularen Schicht ist in B mehr von dem unteren Theil der Körner geschieden als in A.

Daß die drei Netzhautbestandtheile unabhängig von einander sich zusammenziehen können, zeigt auch die Abbildung 6, welche die Netzhaut eines Frosches darstellt, der fünf Minuten lang dem Kerzenlichte ausgesetzt gewesen. Hier sind die Zapfen stark zusammengezogen, während die Stäbchen und der Farbstoff sich wie in der Dunkelheit verhalten. In dieser Netzhaut ist auch der Purpur noch erhalten.

Die während zwanzig Minuten einem Dämmerlicht ausgesetzte Netzhaut (Fig. 5) zeigt mehr als Abbildung 6 einen der Lichtwirkung genäherten Zustand, was Stäbchen und Pigmentwanderung betrifft, während die Zapfen weniger beeinflusst erscheinen.

Die gleichen Vorgänge, wie sie sich so an der Netzhaut des Frosches bei Lichteinwirkung zeigen, beobachtet man bei anderen Familien von Amphibien. Die Abbildung 13 stellt die lichtempfindenden Gebilde der Netzhaut einer 24 Stunden im Dunkeln gehaltenen *Salamandra maculata* dar, mit Ausnahme der Epithelzellen, Abbildung 14 die Netzhaut eines eben solchen Thiers, die eine Stunde lang dem Licht ausgesetzt worden. Man erkennt an den Stäbchen wie an den Zapfen die gleichen Bestandtheile, wie wir sie beim Frosch kennen gelernt haben, wieder. Das äußere Glied der Stäbchen ist viel dicker und kürzer als beim Frosch, sein innerer Theil grenzt an einen glänzenden Körper (Ellipsoid, Fig. 13 1b), der von wenig Protoplasma umgeben ist (myoïder Theil). Dieser setzt sich fort im äußeren Korn (g e b, g e c). Die Zapfen sind denen des Frosches ganz entsprechend, enthalten aber Fetttröpfchen. Die meisten Zapfen sind klein und beweglich, die ohne Bewegung (Fig. 13 c i) zeichnen sich durch ihre Größe aus.

Beachtenswerth ist das Verhalten einiger der zu den Stäbchen gehörigen, äußeren Körner in der Dunkelheit (Fig. 13 g e b), dieselben überragen nämlich ein Stück weit die *membrana limitans*



externa und drängen sich in den Raum, welchen im Lichte die Stäbchen und Zapfen ausfüllen. Im Licht sind sie hingegen alle hinter der limitans externa aufgereiht oder überragen sie nur wenig (Fig. 14). Es ist offenbar nicht das äußere Korn, das sich bei der Dunkelheit von der Stelle bewegt, vielmehr wird man bei einigen Familien der Wirbelthiere bemerken, daß einige Stäbchen keine Bewegungserscheinung zeigen. Indem das Stäbchen sich in der Dunkelheit nicht streckt, bleibt sein Korn an gleicher Stelle stehen wie im Licht. Die Körner der beweglichen Stäbchen hingegen verändern mitlammt der Grenzschicht ihre Stellung, d. h. sie entfernen sich von der äußeren Netzhautfläche. So werden denn die betreffenden unbeweglich gebliebenen äußeren Körner in die Höhe der beweglichen Stäbchen und Zapfen zu stehen kommen. Es giebt demnach in der Netzhaut der Wirbelthiere nicht nur Zapfen, sondern auch Stäbchen ohne Bewegungsercheinung.

Die Netzhautepithelzellen der Salamandra haben auch dem Licht ausgesetzt keinen festen Zusammenhang mit den Stäbchen und Zapfen, sie lösen sich eben so leicht von denselben los, wie an der im Dunkeln gehaltenen Netzhaut. Die äußeren Glieder der Stäbchen sind im Dunkeln schön purpurroth gefärbt, verlieren aber unter dem Einfluß des Lichts ihre Farbe.

Bei den Vögeln wirkt Licht und Dunkelheit nach den gleichen Gesetzen auf die Bestandtheile der Netzhaut ein wie bei den Amphibien. Figur 32 stellt die Netzhaut einer mehrere Stunden im Dunkeln gehaltenen *Columba livia* dar. Der Farbstoff hat sich zurückgezogen. Der Zapfen (g o c) reicht bis zum oberen Drittel des Stäbchens, letzteres ist langgestreckt und purpurroth. Nach Einwirkung von Licht ist das Herabwandern der Farbstoffkörnchen, der Zapfen und die Verkürzung der Stäbchen weniger ausgesprochen (Fig. 33) als beim Frosch. Die Stäbchen sind jetzt entfärbt. Der Gestalt nach sind die empfindenden Bestandtheile der Vogelnethaut sehr verschieden von denen beim Frosch. Die Stäbchen haben ein äußerst zartes, langgestrecktes, äußeres Glied (m e b, Fig. 32). Die Linse (l b) der Stäbchen hat eine sehr regel-



mäßige Eiform. Die Fetttröpfchen sind oft wesentlich größer als die Linse der Zapfen, einige sind rubinroth gefärbt.

Bei den Netzhäuten von Schleichern, welche keine Stäbchen und keinen Netzhautpurpur haben, beobachtet man die Zusammenziehung der Zapfen auf Lichtreiz in ganz gleicher Weise (Fig. 12 von der *Testudo marina*), und die Farbstoffkörner rücken dabei weiter in den Epithelzellenfortsätzen vor (11). Hält man dem das Aussehen der Netzhaut eines im Dunkeln gehaltenen Thieres entgegen (Fig. 9, 10), so sieht man, daß die Gestaltveränderung, welche das Licht an diesen Gebilden hervorzurufen vermag, keine sehr bedeutende ist. Es steht demnach die physiologische Reaction der Reptiliennetzhaut der der Vogelnethaut näher als der bei den Amphibien. So kann man auch hier die nahe Verwandtschaft der Reptilien und der Vögel erkennen.

Es schließt also das Fehlen eines der drei Netzhautbestandtheile nicht ein, daß die Reaction in den anderen beiden eine andere sei. Zieht man außerdem in Betracht, daß unter bestimmten Umständen jeder der drei Bestandtheile eine ganz gefonderte Bewegung zeigen kann, daß z. B. das Halbdunkel am stärksten auf die Wanderung der Farbstoffkörner Einfluß hat, oder daß das Kerzenlicht bei bestimmter Einwirkungsdauer nur erst die Zapfen allein in Bewegung setzt, so ergibt sich, daß jeder einzelne der drei Bestandtheile eine ihm eigene Lebensthätigkeit äußert.

Bei den Säugethieren sind diese Untersuchungen wegen der großen Zartheit der Netzhautbestandtheile außerordentlich schwierig. Immerhin läßt sich soviel erkennen, daß die drei besprochenen Bestandtheile sich dem allgemeinen Gesetze, nach dem das Licht bei den anderen Thieren sie beeinflusst, nicht entziehen. Figur 18 giebt die farbstoffhaltige Netzhautepithelzelle eines im Leben im Dunkeln gehaltenen Kaninchens wieder. Die Farbstoffkörnerchen sind im Körper der Zelle angehäuft, und ihre Fortsätze sind ganz ohne solche. Figur 17 zeigt eine dem Licht ausgesetzt gewesene Netzhaut, und hier finden sich einzelne Körnerchen aus



dem Zellkörper in die Zellfortsätze vorgedrungen. An einer von der Fläche gesehenen Netzhaut eines Albino-Kaninchens sehen wir (Fig. 15) eine Reihe kleiner kreisrunder Scheiben im Protoplasma der Epithelzelle. Dieselben entsprechen den Köpfen der Stäbchen, welche an den Zellfortsätzen (dem Licht ausgesetzt) haften geblieben sind. Abbildung 16 stammt von einer gleichen Netzhaut im Dunkeln; wegen des geringen Aneinanderhaftens der Bestandtheile unter einander ist hier kein einziges Stäbchen in den Zellfortsätzen stecken geblieben. *Van Genderen Stort* konnte beim Schwein und beim Menschen eine Zusammenziehung der Zapfen bei Lichteinwirkung wahrnehmen. Ferner steht fest, daß der Netzhautpurpur bei Säugethieren und Menschen im Licht aufgezehrt wird und in der Dunkelheit sich wieder neu bildet. Die äußerste Zartheit der Stäbchen läßt ein genaues Urtheil darüber, ob eine Zusammenziehung stattfindet, kaum zu. Mir schien, daß sie jedenfalls nicht so bedeutend und augenscheinlich sein kann wie bei den Amphibien. Ebenso verhalten sich auch die Bewegungen der Farbstoffkörnchen und der Zapfen. Es nähert sich demnach die Netzhaut beim Säugethier und Menschen durch die geringe Beweglichkeit ihrer Bestandtheile mehr derjenigen der Vögel und Reptilien als der der Amphibien; und es bildet der Größe der Bewegungsercheinung nach die Netzhaut der Reptilien und Vögel das vermittelnde Glied zwischen der Säugethier- und Amphibiennetzhaut.

Jedes Licht des Spectrums übt auf die Bestandtheile des Netzhautmosaiks ein besonderes Maß der Wirkung aus. Die Größe der Einwirkung steigt im geraden Verhältniß zur Brechung des Strahls. In den Abbildungen 21 bis 25 sind die einer Zusammenziehung fähigen Bestandtheile der Froschnetzhaut in Seitenansicht gezeichnet, wie sie, der Reihe nach zehn Minuten hindurch dem rothen, grünen, gelben, blauen und violetten Spectrallichte ausgesetzt gewesen, sich darstellen. Abbildung 21 bezeichnet die Wirkung des rothen Lichts, die Abbildungen 22 und 23 die des gelben und grünen, 24 und 25 die des violetten und blauen Lichtes auf die Netzhautgebilde. Die Epithelialzelle nimmt vom roth zum



grün, vom violett zum blau stetig an Höhe ab, während gleichzeitig die Farbstoffkörnchen immer weiter gegen die *limitans externa* (m l e) vordringen. Die Zusammenziehung der Stäbchen nimmt im gleichen Maße mit der Weiterwanderung des Farbstoffs zu. Die Zapfen hingegen halten in allen diesen Abbildungen die gleiche Stellung ein.

Man kann die Wirkungen der Spectral-Farbenstrahlen auf die Netzhaut in zwei Gruppen scheiden. Der ersteren gehört die Wirkung des rothen und gelben Lichtes an, der anderen die des grünen, violetten und blauen Lichts. Bei den beiden erstgenannten Farben ist die Wirkung auf die Stäbchen und die Epithelialzellen gering, bedeutender dagegen bei den anderen. Mir schien es, daß die Netzhautbestandtheilchen, blauem Lichte ausgesetzt, bei gleicher Zeitdauer der Einwirkung das höchste Maß von Veränderung zeigten. Hingegen schien mir der Sehpurpur bei eben dieser Dauer der Einwirkung (auch der stärkst gebrochenen Lichtstrahlen) keine merkliche Beeinflussung aufzuweisen.

Eine Einwirkung der verschiedenen Farben von zwanzig bis fünfundzwanzig Minuten, namentlich wenn ihr Licht sehr stark ist, führt zu einem Hinabwandern der Farbstoffkörner bis zu der tiefsten Grenze, welche sie je erreichen. Bei Beleuchtung durch Licht von längeren Wellen ist die Zahl der gewanderten Farbstoffkörnchen eine geringere, während bei Licht von kürzeren Wellen sich dieselben in der Nähe der *limitans externa* anhäufen. Sowohl bei dieser Dauer der Lichteinwirkung als bei einer längeren kann man stets einen deutlichen Unterschied im Maß der Zusammenziehung der Epithelzelle und des Stäbchens unterscheiden, je nachdem die einwirkende Farbe mehr rechts oder mehr links auf dem Spectrum liegt. Die Zusammenziehung der Theilchen nimmt für die Farben im Spectrum von links nach rechts zu, und es schien mir, als ob bei gleicher Einwirkungsdauer selbst violett stärker wirke als blau, wenigstens in Bezug auf die Wanderung des Farbstoffs. Auch scheint selbst bei noch so langer Einwirkung niemals eine Ausgleichung der Wirksamkeit der verschiedenen



Spectralfarben einzutreten. Es scheint außerdem unzweifelhaft, daß, welches auch die Zeitdauer der Lichteinwirkung sei, die Reaction der Netzhaut auf die verschiedenen Lichtarten des Spectrums stets eine verschiedene ist.

Am schnellsten giebt sich die Wirkung einfarbiger Strahlen auf die Gebilde der Netzhaut an den Zapfen zu erkennen, welche schon gut zusammengezogen sind, wenn die Stäbchen und Epithelzellen noch kaum die Spur einer Veränderung zeigen. Selten gelang es mir, die Zapfen im ersten Beginn ihrer Veränderung zu erfassen, und zwar nur bei rothem Licht nach einer höchstens drei bis fünf Minuten dauernden Einwirkung. In diesem Fall sind dann die Zapfen noch nicht zur völligen Zusammenziehung gelangt.

Da es bekannt war, daß die Wärme einen Einfluß auf die Netzhaut ausübt, war es von größter Bedeutung zu untersuchen, ob die verschiedenen Strahlen des Spectrums nicht wegen der sie begleitenden Wärmestrahlen von verschiedener Wellenlänge eben diese Verschiedenheit in ihrer Wirkung zeigen. Aber diese Möglichkeit wurde dadurch schon von vornherein unwahrscheinlich, daß die brechenden Medien des Auges wenig diatherm sind, und wurde vollends dadurch widerlegt, daß, wenn man die farbigen Strahlen zuerst noch durch eine athermane Lösung hindurchgehen ließ, die Wirkung auf die Bestandtheile der Netzhaut ganz die gleiche blieb; sie litt weder an Stärke, noch wurde die Zeit, die zu ihrem Zustandekommen nothwendig ist, irgendwie beeinflusst.

Anschauen farbiger Gegenstände übt auf die lichtempfindenden Netzhautbestandtheile ganz dieselbe Wirkung aus wie die verschiedenen Strahlen des Spectrums. Ich gehe bei solchen Versuchen in folgender Weise vor. Der Frosch wird in's Dunkle gebracht, der Rücken mit einem schwarzen Tuch bedeckt, dann wird ein Bündel Sonnenstrahlen mittelst eines Heliostaten auf den vor dem Thier aufgestellten farbigen Gegenstand geworfen. Nach zehn Minuten zeigt die Netzhaut jene Veränderungen, wie sie in den Abbildungen 27, 28, 29, 30 und 31 in etwas schematisirter Zeichnung wiedergegeben sind. In Figur 27 (Einwirkung



rothen Lichts) ist die Zusammenziehung der Stäbchen und der Epithelzelle nur wenig ausgesprochen. Die Farbstoffkörnchen sind in dicken Strängen bis über die Mitte der Stäbchen herabgedrungen, von wo aus einzelne Körnchen noch weiter bis in die Nähe der äußeren Grenzschicht vorgerückt sind. Bei einem Auge, welches in's Gelbe gestarrt hat (Fig. 28), ist der Farbstoff in Menge bis zum unteren Drittel der Stäbchen vorgedrungen. Der Körper der Epithelzelle ist niedriger und ärmer an Farbstoff. Abbildung 29 giebt die Netzhaut eines Frosches wieder, der in's Grüne geschaut hatte, die Veränderung der Bestandtheile ist eine stärkere, und so in fortsteigender Reihe in 30 und 31. Figur 31 stellt die Einwirkung eines hellen Violetts dar. Ein Stoff, dessen Farbe ganz dem Violett des Spectrums in Lichtstärke und Sättigung entspricht, hat einen weniger starken Einfluß als die blaue Farbe. In den betreffenden fünf Abbildungen sind die Zapfen nicht mit eingezeichnet, sie waren durchweg so weit als möglich zusammengezogen.

Untersucht man die Veränderungen der Netzhautbestandtheile nach der Einwirkung von Licht, welches man durch farbige Gläser (wie man sie im Handel bekommt) hat fallen lassen, so findet man, daß dieselben nicht ganz den bisher aufgestellten Gesetzen gefolgt sind. In diesem Fall hat man es nämlich nicht mit reinem, einfarbigem Licht zu thun, und nothwendigerweise müssen darum scheinbare Abweichungen von den aufgestellten Gesetzen stattfinden; so ergab — bei den mir zur Hand gewesenen Gläsern — das Licht, welches durch Grün gegangen war, die stärkste Wirkung, blaues und gelbes die schwächste.

Weißes wie farbiges Licht wirken auch auf reflectorischem Wege auf die Netzhaut ein. So ziehen sich auch im zweiten Auge die Stäbchen zusammen, wenn das eine allein weißem Licht ausgesetzt worden ist.

Das Gleiche gilt ebenso für farbiges Licht, und zwar ist nicht nur überhaupt ein Einfluß auf dem nicht beschienenen Auge zu erkennen, sondern die Veränderungen sind denen völlig gleich, welche



das betreffende farbige Licht ausgeübt haben würde, wenn es unmittelbar auf die Netzhaut gefallen wäre.

Aber die Veränderungen in der Mosaikschicht der Netzhaut treten nicht nur bei Lichteinwirkung auf, sondern auch in allen anderen Fällen, wo ein Reiz irgend welcher Art die Netzhaut trifft, sei es unmittelbar wie beim Druck, der auf den Augapfel ausgeübt wird, wie ferner bei mangelnder Ernährung, Hitze, Strychnin; sei es mittelbar wie bei elektrischer Erregung der Sehnerven, Schalleinwirkung, Berührung mit Metallen, mechanischen Reizen, die den Körper des Thieres treffen.

An Augen, welche zwanzig Minuten lang einem auf dieselbe Stelle ausgeübten Druck ausgesetzt worden, zeigt die Netzhaut ein wahres Optogramm in dem Bereich, der unmittelbar vom Druckreiz getroffen wurde (Fig. 8). Die Farbstoffkörnchen sind in wohl entwickelten Strängen bis fast zur äußeren Grenzschicht herab vorgedrungen. Die Stäbchen sind zusammengezogen. Die äußeren Körner sind merklich in die Länge gezogen, die Räume, in welchen letztere liegen (c l), sind erweitert. Hingegen haben sich die Zapfen nicht in dem Maße zusammengezogen, wie es den Veränderungen an den anderen Bestandtheilen entsprechen würde. Figur 7 zeigt ein Stück Netzhaut, welches an den eben beschriebenen Bereich grenzt. Mit Ausnahme einer leichten Zusammenziehung der Zapfen bietet sie das Bild einer Netzhaut im Dunkeln dar. Vergleicht man die Abbildungen 7 und 8 mit einander, so bemerkt man, daß in 7 die Netzhaut im Ganzen weniger dick ist, hauptsächlich weil die Lymphräume, die zwischen der äußeren Körnerschicht und den Nervenzellen liegen, weniger weit sind. Außerdem sind in Fig. 8 die äußeren und inneren Körner runder und liegen dichter beisammen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Netzhäuten erinnert an die Veränderung im Dicken-durchmesser der Netzhaut, welche *Denissenko* an der dem Licht ausgesetzten Netzhaut beschrieben hat.

Was die Einwirkung der Temperatur anbetrifft, muß ich die Befunde von *Gradenigo* durchaus bestätigen. Bei allen Fröschen, mit



beginnender Wärmestarre der Muskeln, erleidet die Netzhaut gleiche Veränderungen wie bei Einwirkung weißen Lichts. Jedoch ist hier das Zäpfchen das Gebilde, das am spätesten eine Zusammenziehung zeigt. Der Netzhautpurpur wird nicht in Mitleidenschaft gezogen.

Ein lange Zeit im Dunkeln gehaltener Frosch wird, ohne an's Licht gebracht zu werden, fünf Minuten lang mit einem faradischen Strom (10 cm. Rollenabstand am *Dubois-Reymond'schen* Schlitten) durchströmt; so zeigen seine Netzhautbestandtheile die gleichen Veränderungen, wie wenn sie dem Licht ausgesetzt worden waren, sowohl in Bezug auf Zusammenziehung der Epithelialzellen und der Stäbchen, als auf den Zusammenhang der Farbstofftheilchen unter einander und ihr Abwärtswandern, und auf die Verlängerung der äußeren Körner. Dagegen bleiben die Zapfen im Zustand der Dunkelheit unverändert oder verändern sich nur wenig, und der Netzhautpurpur zeigt sich ganz unbeeinflusst. Nach zehn Minuten elektrischer Reizung von gleicher Stärke tritt außerdem, daß nun die Stäbchen das höchste Maß der Verkürzung erreicht haben, auch noch eine ausgesprochene Zusammenziehung der Zapfen hinzu. Eine Beeinflussung der drei zusammengehörigen Netzhautelemente zeigt sich auch, wenn das Thier längere Zeit galvanisch durchströmt worden ist, oder wenn man es in einer Metallbüchse gehalten hat, die nur zum Theil mit Wasser gefüllt ist, oder endlich, wenn es magnetischen, durch große Elektromagnete hervorgerufenen Strömen ausgesetzt worden ist.

Reizt man einen Frosch etwa eine halbe Stunde lang mit Nadelstichen, Schlägen, Erschütterungen, so zeigen darnach die Zapfen deutliche Zusammenziehung, weniger die Stäbchen. Die Farbstofftheilchen erstrecken sich in feinen Strängen nur längs des äußeren Glieds der Stäbchen herab.

Frösche, die man lang im gleichen Wasser hält, schwellen wegen Zersetzung und Fäulniß desselben auf und gehen zu Grund. Tödtet man sie im Zustand schon hochgradigen Verfalls, so zeigt die Netzhaut bestimmte auffallende Veränderungen, welche wohl auf die mangelhafte Ernährung derselben zurückzuführen sind.



Die Farbstofftheilchen sind massenhaft bis zur äußeren Grenzschicht hin herabgestiegen, sie sind zerfallen und bestehen aus großen, unregelmäßig geformten runden Körnern; Stäbchen und Zapfen zeigen sich im Zustand halber Zusammenziehung.

Geräusche und Töne, die stark und lang einwirken, rufen auf dem Reflexweg Zusammenziehung der lichtempfindenden Bestandtheile der Netzhaut hervor (Fig. 20). Um dies nachzuweisen, brachte ich Frösche aus der Dunkelheit unter eine weite Blechglocke und ließ lange Zeit hindurch ununterbrochen darauf schlagen. Nach Verlauf einer Stunde hat sich der Farbstoff in feinen Strängen längs des ganzen äußeren Glieds des Stäbchens hinabgezogen; letzteres hat sich ein wenig zusammengezogen, während der Zapfen schon das höchste Maß der Zusammenziehung erreicht hat. Nach zweistündiger Schalleinwirkung sind die Farbstoffkörner schon in feinen Strängen bis nahe an die äußere Grenzschicht hin gelangt.

### Zweiter Abschnitt.

#### *Beurtheilung der Reactionen der Netzhaut und ihre Beziehung zum Sehakt.*

An den in der Dunkelheit gehaltenen Netzhäuten sind der äußerst lose Zusammenhang der Theile und die beträchtliche Ausdehnung der einzelnen, einer Zusammenziehung fähigen Bestandtheile der Ausdruck vollständiger Ruhe. Die Lymphräume der äußeren Körnerschicht sind wenig geräumig; aber es umströmt viel mehr Flüssigkeit als bei Beleuchtung die Stäbchen, die Zapfen und die Epithelialzellenfortsätze, indem dieselbe jene Räume erfüllt, welche dadurch zwischen den Stäbchen frei werden, daß die Zapfen sich bis hinauf zu den Körpern der farbstoffhaltigen Epithelzellen ausstrecken. Die Zunahme an Ernährungsflüssigkeit und die Zunahme ihrer Berührungspunkte mit der Oberfläche der Netzhautbestandtheile ist sicher keine zufällige Erscheinung, sondern dient zur Wiederherstellung ihrer vom Licht verbrauchten Gewebsbestandtheile. Die Neubildung des Netzhautpurpurs und die Zunahme der Färbungsfättigung des Luteins in den Fetttröpfchen steht sicher in Zusammenhang mit der gesteigerten Nahrungszufuhr. Aber die



Ernährungsflüssigkeit wirkt weniger unmittelbar als durch eine Erneuerung des Netzhautpurpurs, indem sie die Lebenskräfte jener Theile (nämlich des Farbstoffepithels) anregt, welche den Purpur erzeugen.

In der Netzhaut läuft zwischen den Theilchen eine geringere Menge Nährflüssigkeit um, sobald dieselben in Thätigkeit treten; sie bedürfen auch derselben in diesem Augenblick nicht, da in allen Körpertheilen, während sie in Thätigkeit sind, die Ernährung stille steht.

Wir haben gesehen, daß jeder der drei Netzhautbestandtheile auf den Lichtreiz mit einer ihm eigenen Thätigkeitsäußerung antwortet. Die Zusammenziehung der Epithelialzelle ist übrigens eine fast selbstverständliche Sache, da jede Epithelzelle der Oberhaut beim Frosch bei Lichteinwirkung sich ebenso zusammenzieht. Unabhängig von den Zusammenziehungen der Epithelzellen ist die Verkürzung und Verbreiterung der Stäbchen, mit der man auch die Verkürzung der Zapfen nicht in Zusammenhang bringen kann, da diese sich auch in solchen Fällen zusammenziehen können, wo man an Epithelzellen und Stäbchen nicht die geringste Veränderung wahrnimmt, z. B. nach fünf Minuten anhaltender Einwirkung von Kerzenlicht. Oder es kann auch vorkommen, daß die Zapfen noch langgestreckt, während doch die Epithelzellen verkürzt und die Farbstoffkörnchen herabgerückt sind, so z. B. bei der mittelbaren Einwirkung eines Lichts, welches nur den Rücken des Frosches bescheint.

Der Schwund des Purpurs ist gänzlich unabhängig von den Bewegungen der drei Netzhautbestandtheile, selbst von der stärksten Verkürzung der Stäbchen. So enthalten die Stäbchen nach Einwirkung des elektrischen Stroms oder der Wärme, trotzdem sie das höchste Maß der Verkürzung zeigen, nach wie vor noch unveränderten Sehpurpur. An den Netzhäuten lebender Frösche, welche erst dem Licht ausgesetzt und dann in's Dunkle verbracht werden, beobachtet man ein auffallendes zeitliches Zusammenreffen der stärksten Zusammenziehung der Netzhautbestandtheile, insbesondere der Stäbchen und Epithelzellen, mit der Entfärbung



und der Neubildung des Sehpurpurs. Bei der Netzhaut von Fröschen, auf welche man ein sehr grelles Licht hat einwirken lassen, sind die Farbstoffkörperchen wohl räumlich so weit als möglich herabgewandert, nicht aber der Masse nach. Nach fünf Minuten sind die Stäbchen schon gut zusammengezogen und es sind noch Spuren des abgeblaßten Sehpurpurs vorhanden. Nach zehn bis fünfzehn Minuten ist die Netzhaut ganz und gar entfärbt, während die Stäbchen und Epithelzellen das höchste Maß der Zusammenziehung erreicht haben. Eine längere Zeit nimmt dagegen die Wiederherstellung des Sehpurpurs in der Dunkelheit in Anspruch. Erst nach einer Stunde sind die ersten Spuren bemerkbar, und erst nach anderthalb bis zwei Stunden ist er vollständig wieder erneut. Inzwischen sind auch die Farbstoffkörnerchen bis zum oberen Drittel der Fortsätze zurückgegangen und die Stäbchen haben wieder ihr höchstes Maß der Streckung erreicht. Dieses Zusammentreffen steht sicher in Zusammenhang mit der Ernährungssteigerung, welche die Streckung der einer Zusammenziehung fähigen Bestandtheile der Netzhaut begleitet.

Nachdem es erwiesen ist, daß die verschiedenen Reize, welche auf den Körper eines Frosches einwirken, auch reflectorisch die Bestandtheile der Netzhaut reizen, ist es ganz selbstverständlich, daß das nur eine Netzhaut treffende Licht reflectorisch auch die andere Netzhaut in Mitleidenschaft zieht; denn ist einmal ein solches Reflexcentrum vorhanden, so wird es seine Thätigkeit stets in dieser Weise äußern, sobald es nur von außen her in Erregung versetzt wird, von welcher Seite auch der Reiz kommen mag.

Man muß annehmen, daß die Bewegungen der Netzhautbestandtheile, die auf Licht- und anderen Reiz erfolgen, im Stande sind, einen Reiz auf das Centrum auszuüben; denn wo eine Reflexwirkung erfolgt, muß erst ein von außen zum Centrum aufsteigender Reiz vorhanden sein. Sodann muß man einen absteigenden Reiz annehmen, welcher in diesem Falle vom Centrum aus auf die Netzhautbestandtheile ausgeübt wird.

Jede verschiedene Farbe, die die Netzhaut trifft, giebt uns ein eigenes Bild der Veränderung in den Netzhauttheilen, dies läßt



darauf schließen, daß jede der verschiedenen Veränderungen auch einem eigenen Reiz entspricht. Diese Annahme wird dadurch noch unterstützt, daß die Reflexbewegung im zweiten Auge ganz genau in allen Einzelheiten die Bewegung des Auges wiedergiebt, von dem der Reiz zum Centrum ausgegangen ist. Es unterscheidet also das Centrum auch die geringsten Abweichungen und Feinheiten in dem vom Auge ihm zukommenden Reiz. Es scheint mir unzweifelhaft zu sein, daß der Ort, wo der Reiz in der Netzhaut seinen Ursprung nimmt, in den contractilen Bestandtheilen derselben zu suchen ist, und daß ein solcher Anstoß nur von den diesen Theilen eigenen Bewegungen ausgehen kann. Die in den Netzhautbestandtheilen vor sich gehende, reflectorisch wachgerufene Thätigkeit zeigt uns deutlich, in welcher Art die Netzhaut auf den Reiz antwortet. Nun finden wir den gleichen Zustand der Veränderung, gleichviel ob der Reiz (Licht, Farben) die Netzhaut unmittelbar getroffen hat, oder nur auf reflectorischem Wege eingewirkt hat. Auf Grund dessen, was wir über den Mechanismus des Entstehens einer Reflexbewegung wissen, geht ferner hervor, daß, wenn das Centrum einen Reiz auf das Endgebilde ausübt und hier eine gewisse Bewegungsercheinung zur Folge hat, eben diese Bewegung ihrerseits wieder, wenn sie durch irgend einen anderen Reiz hervorgerufen worden ist, im Stande sein muß das Centrum in Erregung zu versetzen.

Man wird darum nicht irre gehen, wenn man annimmt, daß, wenn Licht und Farben eine Veränderung der Netzhautbestandtheile hervorrufen, das Centrum seinerseits von dieser Erregung der Endgebilde benachrichtigt wird. Hiermit steht das Lebensgesetz in Einklang, daß jede Reizung eines specifischen Nerven und eines empfindenden Endgebildes die diesen Gebilden eigene Empfindung wach ruft.

*Wagner, Valentin* und *von Vintschgau* haben beobachtet, daß je nach den bestimmten Bezirken der Zunge, die man durch Druck reizt, auch bestimmte Geschmacksempfindungen (sauer, bitter, salzig) wachgerufen werden. *Ritter* beobachtete das Auftreten ammonia-



kalischen Geruchs bei Reizung mittelst des negativen Pols innerhalb der Nase, eines fauren Geruchs bei dem positiven Pol. *Duchenne* erhielt metallischen Geschmack und allerhand Gehörsempfindungen, wenn er eine Elektrode in den Nacken setzte, die andere auf den äußeren Gehörgang, *Volta* vielerlei pfeifende und lärmende Geräusche beim Aufsetzen je einer Elektrode auf beide äußere Gehörgänge.

*Helmholtz* fand, daß für die Lichterscheinung bei elektrischer Reizung beim absteigenden Strom die Oeffnung stärker wirkt, beim aufsteigenden die Schließung. Bei letzterem Fall ist die entoptische Erscheinung eine dunkle Scheibe auf weißviolettem Grund, bei jenem eine hellblaue Scheibe auf dunkelrothem Grund.

Unmittelbarer und in höherem Maße als alles dies ist es die Reaction der Netzhautbestandtheile auf weißes Licht (weniger die auf farbige Spectralstrahlen), welche dafür spricht, daß den beschriebenen Veränderungen der Netzhautbestandtheile eine Bedeutung für das Sehen zuzuschreiben ist. Nehmen wir an, das weiße Licht werde vom Centrum als solches empfunden, in Folge eines Reizes, welcher durch eine bestimmte Bewegung der Netzhauttheilchen ausgeübt wird. Soll nun die Lichtempfindung auch von anderen Reizen hervorgerufen werden können, so müssen diese auch in ganz gleicher Weise auf die Netzhauttheilchen zu wirken im Stand sein wie eben das Licht.

In Wirklichkeit trifft dies ganz zu. In allen jenen Fällen, in welchen wir Phosphene auftreten sehen, sei es nun auf Druck, durch elektrische Reizung oder auf andere Weise, ist die Veränderung, die an den Netzhauttheilchen vor sich geht, genau die gleiche wie bei unmittelbarer Lichteinwirkung. Die Versuche von *Helmholtz* ergaben, daß es verschiedener Abänderungen des auf das periphere Sehorgan einwirkenden elektrischen Reizes bedarf, um verschiedene Farbenercheinungen in den Phosphenen zu erhalten. Dies stimmt damit vollkommen überein, daß die Netzhaut bei jeder Farbe eine andere Veränderung zeigt.

Die Farbenercheinungen bei Reizung des Gehörs sind viel zu wenig genau bekannt, um hier mit als Beweis angeführt zu



werden. Ziehen wir jedoch in Betracht, daß Reizung des Gehörs beim Frosch das Reflexcentrum der Netzhaut erregt, so können wir uns immerhin ein Bild davon machen, daß beim Menschen auf verschiedene Erregungen des Gehörs auch für jede derselben eine andere Farbe zur Empfindung gelangen kann. Erklären wir uns den Mechanismus des Auftretens von Farbenerscheinungen bei Reizung des Gehörs in dieser Weise, so haben wir diese Erscheinung zu den sogenannten sympathischen Reizungen zu zählen. Bei diesen müssen wir annehmen, daß ein dem Centrum durch einen Empfindungsnerven zugeführter Reiz auf einen anderen Empfindungsnerven übergeht. Hierher gehört der Nießreiz, den viele Leute beim Anschauen heller Flächen empfinden; hierher ferner das Frösteln längs des Rückens beim Hören schriller Laute.

Es wäre hier zu erwähnen, daß einige chemische Stoffe, z. B. das Naphthalin und das Strychnin, in ganz gleicher Weise auf die Netzhauttheilchen einwirken wie Licht und Elektrizität; wahrscheinlich auch das Nicotin, da bei Vergiftungen mit demselben subjective Lichterscheinungen auftreten.

Das Rothsehen könnte auch als ein ungewöhnlicher Zustand der contractilen Netzhauttheilchen anzusehen sein. Die eine solche subjective Empfindung des Rothens bedingenden Umstände sind ganz der Art, um es wahrscheinlich zu machen, daß diese Empfindung von den Endwerkzeugen her angeregt wird. Es tritt bei gewissen Lichtverhältnissen auf; bei der Entzündung der Sehnervenpapille (*Szili*); es ist eine ganz gewöhnliche Ermüdungs- und Blendungsercheinung an Augen, welche wegen des Staars operirt worden (*Purtscher*), und begleitet die Krampfzustände des Accomodationsapparats.

Nachdem wir also den Bestandtheilchen der neuroepithelialen Netzhautschicht die Bedeutung haben zuerkennen müssen, daß der Sehakt ihrer specifischen Thätigkeit unterworfen ist, und nachdem wir gefunden, daß diese Thätigkeit in den Veränderungen zu suchen ist, welche diese Theilchen durch farbiges und weißes Licht erleiden, so müssen wir nun näher auf den Mechanismus der Thätigkeit dieser Theilchen eingehen.



*Boll* hat in seiner letzten Arbeit einen Kampf gegen *W. Müller* aufgenommen, welcher dem äußeren, cuticularen Glied des Stäbchens jegliche Theilnahme an der Sehthätigkeit abgesprochen hatte. *Müller* erkannte dem Protoplasma des inneren Glieds des Stäbchens die wesentliche Bedeutung zu und nannte dasselbe geradezu «die Sehzelle». Er sagte: «Die Zweigliederung der Sehzelle ist von vorn herein sehr einleuchtend; das eine Glied ist bestimmt, die Lichtwellen in Reiz umzusetzen, das andere, die Empfindung fortzupflanzen».

*Müller* sucht die erstere Thätigkeit in jenem Theil des inneren Glieds, welcher das cuticulare Glied vom myoïden Theil trennt; es ist dies das Ellipsoid; er hält dieses für einen Theil umgewandelten Protoplasmas des myoïden Glieds. *Boll* hält dem gegenüber im Gegentheil aufrecht, daß der ausschließliche Sitz der Lichtempfindung im äußeren Glied des Stäbchens zu suchen sei. Er stützt sich dabei hauptsächlich auf das Vorhandensein des Sehpurpurs.

*Boll* griff die *Müller'sche* Lehre lebhaft an; er sagte mit den Worten von *Schultze*: er achte das Protoplasma nur wie einen constitutionellen Fürsten, der regiert, aber nicht herrscht. In der That hat nun das eingehendere Erforschen der Lebensvorgänge zur Ueberzeugung geführt, daß bei den höheren lebenden Wesen die specifischen Lebenseigenschaften und Thätigkeiten (Contractilität, Secretion, Lichtempfindung) im Allgemeinen nicht an das Protoplasma gebunden sind, sondern an besondere eigens gestaltete Gebilde, welche vom Protoplasma abstammen, sich aber durch ihre stets sehr ausgeprägte besondere Gestaltung und ihre Lebenseigenschaften vor demselben auszeichnen.

Ich kann mich der *Müller'schen* Ansicht nicht anschließen, weil er zwei Umstände nicht kannte, die physikalische und chemische Reaction der Epithelzelle, des äußeren Glieds des Stäbchens und des Zapfens, sowie die Zusammenziehung des myoïden Theils der Zapfen und Stäbchen. Erstere erlauben mir nicht, die Epithelzelle, den Zapfen, den cuticularen Theil des Stäbchens von der Beeinflussung durch Licht auszuschließen, letztere spricht gar zu



klar für eine Thätigkeit, welche höher steht als eine bloße Fortpflanzung der Erregung. Ich halte vielmehr dafür, daß auch das myoide Glied an der Umsetzung des Reizes der Lichtwelle in Erregung und Empfindung theilhaftig ist.

Es ist schwer zu unterscheiden, ob bei den in der Neuroepithelialschicht auf Reizung stattfindenden Veränderungen einem jeden der drei Bestandtheile eine verschiedene Aufgabe zukommt, und ebenso, ob beide Glieder, aus denen Zapfen wie Stäbchen gebildet sind (d. h. das myoide und das cuticulare), dieselbe Aufgabe haben.

Die Epithelialzelle ist, wenn sie auch nicht unmittelbar sondern nur mittelbar mit den Fasern des Sehnerven in Zusammenhang steht, ein zur Wiedererzeugung des Netzhautpurpurs unentbehrlicher Bestandtheil. Durch sie bildet die Neuroepithelialschicht ein zusammenhängendes Ganze, indem zwischen den Körpern dieser Zellen keine freien Räume sind, während Zapfen und Stäbchen nicht dicht an einander stoßen. Für die Unentbehrlichkeit der Epithelialzellen für den Sehvorgang spricht die Stellung der Zapfen und Stäbchen, welche gegen jene Zellen gerichtet sind, und zwar auf der vom auffallenden Lichtstrahl abgewandten Seite. Die Epithelialzelle verkürzt sich im Licht, und ein guter Theil ihres farbstoffhaltigen Körpers streckt sich dabei bis gegen die äußere Grenzschicht hinab. Dieses ist wohl einerseits als ein physiologischer Schutzvorgang zu denken, der eine übergroße Gewalt des Lichts ausgleichen soll, und spricht andererseits dafür, daß die Epithelialzelle auch ihren Theil zu dem Lebensvorgang beiträgt, der aus der specifischen Thätigkeit der übrigen Bestandtheile der neuroepithelialen Schicht entspringt, nämlich dem Vorgang des Sehens. Wenn auch das zeitliche Zusammenfallen der Reaction der Epithelialzelle mit der der Stäbchen zur Bestätigung davon beiträgt, daß diese beiden Bestandtheile das gleiche Maß der Empfindlichkeit für das Licht haben, während die Zapfen viel empfindlicher sind, so ist es doch nicht wahrscheinlich, daß jedem der drei Bestandtheile eine eigene und verschiedene Lebensaufgabe zufalle.



Sicherlich werden wir, wenn die Sehfähigkeit und Sehschärfe in jenem Bestandtheil die größte ist, welcher am raschesten sich durch's Licht verändert, diese bevorzugte Stellung dem Zapfen zuschreiben müssen, der diese Eigenschaften im höchsten Maße zeigt; dies schließt aber darum noch nicht aus, daß auch die anderen beiden Bestandtheile an der Hervorrufung des peripheren Anstoßes zur Sehempfindung mitwirken, welcher ohne Zweifel das Ergebnis jener Veränderungen ist, die diese drei Bestandtheile an sich erkennen lassen.

Es ist schwer festzustellen, ob beide Abtheilungen des Stäbchens und des Zapfens in gleicher Weise vom Licht erregt werden. Doch ist es immerhin wahrscheinlich, daß die cuticularen Theile die bei weitem lichtempfindlicheren sind, wenn man die für dieselben aufgestellten Gesetze von *Boll* und *Schultze* beachtet, und wenn man in Betracht zieht, daß sie durchaus keinen Sinn hätten, wenn ihnen nicht obläge, die Erregung, die im Theilchen vom Lichte wachgerufen wird, zu verstärken. Die Zusammenziehung der nervösen Abschnitte wäre dann erst eine Folgeerscheinung, abhängig vom Anstoß, welcher ihnen von jenen gegeben würde. Die fast augenblicklich erfolgende Zusammenziehung des myoïden Theils des Zapfens spricht hierfür. Weiterhin ist die Zusammenziehung des myoïden Theils ein nothwendiges Zwischenglied in dem Mechanismus der Reaction, denn ohne sie könnte Reflexerregung nicht bis auf die cuticularen Glieder und die Epithelzelle fortgepflanzt werden, und es fehlte uns ferner ein Glied im Zusammenhang jener Vorgänge, die zu den Phosphenen und den objectiven Lichtempfindungen führen.

Nachdem wir nun so die Art der Einwirkung von Licht und Farben auf die neuroepitheliale Zellschicht ausführlich besprochen haben, müssen wir sehen, in wie weit sich durch sie einige Sehempfindungen deuten lassen, denn es ist doch die Hauptaufgabe jeder Untersuchung auf dem Gebiet der Lebenserscheinungen der Netzhaut die Ergebnisse derselben zur Deutung der Sehempfindungen zu verwerthen. Jede Theorie des Sehens wird aber, soviel That-



fachen auch für ihre Richtigkeit sprechen mögen, nur auf Vermuthungen aufgebaut sein können, denn es hieße zu viel hoffen, wenn man erwartete, in greifbarer Weise die mannigfachen Vorgänge und Erscheinungen des Sehens darstellen zu können, namentlich die Erscheinungen des simultanen und successiven Contrasts. Auch dann bleibt die Zuhülfenahme von Vermuthungen nicht ganz erspart, wenn man sich die Sehererscheinungen aus den specifischen Energien der neuroepithelialen Netzhautschicht zu erklären sucht, doch hat man hier den Vortheil, daß die Erklärung von einer feststehenden, leicht sichtbar zu machenden Thatfache ausgeht.

Die Hauptgrundlagen, auf denen sich die Theorien *Young's* und *Hering's* aufbauen, sind auch nur Vermuthungen. Im Widerspruch zu *Young's* Theorie hat die ganze neuere Physiologie seit *Schultze* die Netzhautthätigkeit nicht in die Nervenfasern, sondern in die neuroepitheliale Zellschicht verlegt, und die neueren Entdeckungen haben auch immer gewichtigere Gründe für diese Anschauungsweise beigebracht.

Als der Netzhautpurpur entdeckt war, d. h. ein Stoff, der sich auf Lichtreiz verändert und nicht in den Fasern der Sehnerven enthalten ist, mit dem sich also die Anschauung *Young's* nicht mehr in Einklang bringen ließ, wollten Einige in diesem den «Sehstoff» erkennen, auf dessen Annahme die *Hering'sche* Theorie sich aufbaut (*Landolt, Wecker*). Ich kann ihnen nicht beistimmen, denn der Sehpurpur bildet sich nicht neu bei Schwarz, Grün und Blau, und zersetzt sich nicht bei Weiß, Roth und Gelb; sondern bei Schwarz, d. h. im Dunkeln neu gebildet, schwindet er rasch bei grünem und blauem Licht. Ferner widersteht er lange dem rothen und gelben und verblaßt rasch bei weißem Licht; er ist in den Zapfen nicht enthalten. Das Gleiche wie gegen die *Young'sche* läßt sich auch gegen die *Hering'sche* Anschauung vorbringen, in so weit sie sich auf die Annahme dreier verschiedener chemischer Stoffe aufbaut. Die Folgerungen aus einer solchen zu engen Begrenzung der Eigenheit der Empfindung mußten bald gezogen werden und mußten



zur Widerlegung dieser Anschauung führen. Mit der *Young'schen* Anschauung läßt sich das in einigen Fällen vorkommende Erhaltenfein der Empfindung des weißen Lichts bei Violettblindheit nicht in Einklang bringen, mit der *Hering'schen* nicht das Erhaltenbleiben der Empfindlichkeit für Roth und Blau bei Violettblindheit.

Eine Theorie des Sehens, die sich auf den Veränderungsercheinungen in den Bestandtheilen der neuroepithelialen Schicht aufbaut, entgeht diesen Widersprüchen der beiden anderen Theorien; bei ihr antwortet das Theilchen ohne solche Einschränkungen auf jeden Licht- und Farbenreiz mit einer besonderen Veränderung.

Daß wir nach starker Lichteinwirkung in einen dunkeln Raum tretend im ersten Augenblick nichts sehen, wäre nach der *Hering'schen* Anschauung so zu erklären, daß nur eine schwache Zersetzung (Diffimilation) stattfindet, dagegen eine sehr starke Ersetzung (Assimilation) des Sehestoffs, wodurch Dunkelheit entsteht. Nach einer gewissen Zeit fangen wir dann an, etwas heller zu sehen, denn jetzt ist soviel Sehestoff gebildet, daß die Zersetzung so sehr begünstigt wird, daß sogar die kleinen inneren Reize, die im Auge niemals fehlen, zu einer inneren (subjectiven) Lichtempfindung Anstoß geben. Einfacher ist die Erklärung dieser Erscheinung nach *Young*, daß nämlich die erschütterte Faser nach dem heftigen Reiz nicht so schnell zur Ruhe kommt, um im Stand zu sein, auch so ganz kleine Reize noch zu empfinden. Die *Young'sche* Anschauung giebt zu, daß in der Dunkelheit ein Aufhören der Empfindung, d. h. vollständige Ruhe eintritt, und vermeidet so den Widerspruch mit der Erscheinung, daß nach heftigem Lichteindruck bei Uebergang in Dunkelheit das Sehen länger ausbleibt als bei Uebergang vom Dunkeln in's Helle, wofür die *Hering'sche* Theorie uns die Deutung schuldig bleibt.

Die wahrscheinliche Erklärung dieser Erscheinung liegt wohl in der Wanderung der Farbstoffkörnchen längs der Stäbchen und Zapfen. Man muß hier im Auge behalten, daß die Fähigkeit, sich zusammenzuziehen, und die Lichtempfindung nicht an das Protoplasma, sondern an besondere anatomische Theilchen gebunden



sind, die zwar vom Protoplasma stammen, sich aber durch besondere Gestaltung und Lebenseigenschaften von demselben wesentlich unterscheiden, daß somit die größere Empfindlichkeit für den Lichtreiz in dem cuticularen Glied und in der Linse des Stäbchens und Zapfens liegt, nicht in dem myoiden Theil.

Treten wir nach langem Aufenthalt im Dunkeln in's Helle, so sind wir im ersten Augenblick vollkommen geblendet, erst allmählig beginnen wir zu unterscheiden; es findet eine Gewöhnung an den Reiz statt. Dies spricht dafür, daß etwas vorhanden ist, das der empfindenden Netzhautschicht eine Anpassung an das Licht ermöglicht. Wahrscheinlich sind dies die Farbstoffkörnchen, aber nicht die fest in dem Zellenleib der Epithelzelle haftenden, sondern die, welche eine Wanderung hin und wieder in der Schicht der Stäbchen zeigen. Diese Körnchen nehmen die Uebermenge des Lichts, welche die empfindenden Theilchen der Netzhaut angreift, in sich auf.

Die Verengerung der Pupille genügt nicht, das Aufhören der Blendung zu erklären, denn die Blendung hält vier- bis fünfmal länger an als der Zeitraum, in dem sich diese Zusammenziehung vollzieht. Wäre es der feste Farbstoff allein, der die Blendung aufhobe, so müßte sie ebenfalls schwinden, sobald die Iris sich verengt hat. Es stimmt hingegen die Zeit, welche zwischen vollendeter Verengerung der Pupille und der Anpassung an das Licht verstreicht, genau mit der für die Wanderung der Farbstoffkörnchen erforderlichen Zeit überein. Die vom Lichtreiz hervorgerufenen Bewegungen der drei lichtempfindenden Netzhautbestandtheilchen haben schon stattgefunden, und wir empfinden das Licht darum schon, können aber nicht deutlich unterscheiden, bis die empfindenden Theile vor der Uebergewalt der Lichteinwirkung geschützt sind.

Im ersten Augenblicke des Uebergangs aus großer Helligkeit in einen dunkeln Raum erscheint uns dieser vollständig schwarz. Die Pupille ist schon erweitert, und doch dauert es mehrere Sekunden, ja bei sehr tiefer Dunkelheit bis zu ein und zwei Minuten,



ehe man anfängt, die Umgebung ein wenig zu erkennen und zu unterscheiden, und bis man dann bei längerem Aufenthalt auch die schwächste Abstufung der Dunkelheit im Raume wahrnimmt. Ich glaube, es ist keine zu gewagte Annahme, es auf die längere Zeit, welche das Aufsteigen der Farbstoffkörnchen gegenüber dem Hinabsteigen braucht, zurückzuführen, wenn es längere Zeit erfordert, sich an die Dunkelheit zu gewöhnen als an die Helligkeit. Kommt man in einen nur ganz schwach erleuchteten Raum, so genügt das wenige Licht nicht, das veränderte contractile Netzhautbestandtheilchen in Erregung zu versetzen, denn die Lichtstrahlen werden mit Macht von den Farbstoffkörnchen, welche kaum den unteren Theil des eiförmigen Körpers am Zapfen freilassen und das Protoplasma des äußeren Glieds des Stäbchens verhüllen, aufgefangen. Erst wenn die Farbstoffkörnchen zurückgewandert sind und die Lichtstrahlen nicht mehr von den lichtempfindlichen Theilchen abhalten, werden diese durch das schwache Licht in Erregung versetzt werden können und die Dämmerung empfinden.

Anstatt in dem Auf- und Abwandern des Farbstoffs ein Anpassungsmittel an das Licht zu erkennen, kann man vielleicht den Einwurf machen, daß die Empfindung der Blendung mit einem Zustand der Netzhauttheilchen zusammenfällt, welcher zwischen dem der Dunkelheit und dem des Lichts die Mitte hält, d. h. mit jenem Zustand, der dem Halbdunkel entspricht. Dieser Zustand ist jedoch ein normaler, denn im Halbdunkel sehen wir ganz gut. Die Blendung hingegen ist eine Erscheinung übergroßer Reizung, was schon daraus hervorgeht, daß sie eine Begleiterscheinung krankhafter Veränderungen der Netzhaut zu sein pflegt. Ferner nimmt die Blendung mit der Stärke des Lichts zu und steht so im Verhältniß zur Zunahme der Erregbarkeit der Netzhautbestandtheile.

Daß es längere Zeit dauert, bis wir nach vorhergegangener starker Lichteinwirkung im Halbdunkel die Umgebung zu unterscheiden vermögen, könnte damit in Zusammenhang gebracht werden, daß das lichtempfindende Netzhaut-Gebilde mehr Zeit



braucht, sich so weit auszustrecken, bis es den zwischen Licht und Dunkel die Mitte haltenden Zustand erreicht hat, als es Zeit bedarf, um sich zusammenzuziehen. Doch müßte man hierzu annehmen, daß man den Eindruck von Licht oder Farbe dann hat, wenn die Netzhautgebilde die für das gegebene Agens stärkste Einwirkung zeigen, daß also dann die Empfindung der Dunkelheit entstehen würde, wenn die Gebilde der neuroepithelialen Netzhautschicht sich am stärksten gestreckt haben.

Ich bin dagegen der Ansicht, daß, wenn auch nicht bei den leiftesten Anfängen der Bewegung, so doch bei halb stattgefundener Reaction die Empfindung wahrgenommen wird. Die Empfindung von Licht und Farbe wird durch eine Bewegung hervorgerufen; die Empfindung des Dunkeln durch Aufhebung der Bewegung, durch Erschlaffung des contractilen Gebildes. Die Bewegungsercheinung starker Streckung in den Gebilden der neuroepithelialen Schicht hat für das Sehen keine unmittelbare Bedeutung, sie dient der Ernährung derselben.

Will man die Thätigkeit der Netzhaut mit der der anderen empfindenden Gebilde vergleichen, so mag man, wie jene nach einer überstarken Erregung des Ausruhens bedürfen, ehe sie wieder im Stand sind, kleine Reize zu empfinden, auch für die Netzhaut neben der Wanderung der Farbstoffkörnchen diesen Umstand mit als Grund gelten lassen, warum wir im Halbdunkel nicht sogleich scharf zu unterscheiden vermögen.

Die Feinheit der Unterscheidung des Halbdunkels verdanken wir, wie ich glaube, hauptsächlich dieser Wanderung der Farbstoffkörnchen, denn diese Zwischenschicht dämpft zu starkes Licht, hindert aber nicht die Empfindung auch ganz schwachen Lichtreizes, indem sie sich eben zurückzieht, und so ist durch sie gleichsam eine Einübung der empfindenden Schicht auf alle Abstufungen der Lichtstärke gegeben. Dank diesem Schutzmittel kann sich die lichtempfindende Schicht auch an starke Reize gewöhnen, ohne die Empfindlichkeit für schwache Reize und feine Abstufungen derselben zu verlieren.



Diese Anschauung würde vollkommen mit meinen Beobachtungen an zwei Albino's übereinstimmen. Bei diesen fand ich Sehstärke und Farbenempfindung ganz normal. Setzte ich aber ein ganz schwaches Rauchglas vor ihr Auge, welches mein Auge beim Sehen gar nicht störte, so sank bei jenen die Sehstärke um  $\frac{5}{10}$ . Die Zeit, die bei ihnen zum Deutlichsehen erforderlich war, wenn sie aus dem Hellen in das Halbdunkel gebracht wurden, war viel beträchtlicher als bei mir. Diese Stumpfheit des Netzhautgebildes spricht für die Richtigkeit des zweiten Grundes, den wir zur Erklärung aufgeführt haben, warum eine gewisse Zeit erforderlich sei, bis man sich an die Dunkelheit gewöhnt. Es ist dadurch jedoch der Einfluß des Farbstoffs nicht ausgeschlossen, denn das Sehgebilde der Albino's giebt eben nicht das Bild des fehlerlosen Zustands.

Eine weitere Bestätigung der oben ausgesprochenen Gedanken findet man in der Art, wie die Wanderung des Farbstoffs bei den niederen Wirbelthieren vor sich geht. Bei den Amphibien und Fischen ist dieselbe viel deutlicher ausgesprochen als bei den Reptilien und Vögeln. Es hängt dies mit der Verschiedenheit ihrer Lebensweise zusammen; erstere leben gewöhnlich in mäßig heller Umgebung, kommen aber auch in volle Helligkeit, letztere aber gedeihen nicht in der Dunkelheit. Eine Ausnahme machen allerdings die Nachtvögel, aber bei ihnen zeigt sich auch eine lebhaftere Beweglichkeit des Farbstoffs.

Führt man alle Erscheinungen des Sehens auf die beschriebenen Veränderungen in der Netzhaut zurück, so kann man auch ohne Schwierigkeit die Erklärung jener Lichtempfindungen geben, welche, ohne daß Lichtwellen die Netzhaut reizen, zur Entstehung kommen: die Photopsien und Phosphene.

Diese Erscheinung subjectiver Lichtempfindung wird von *Helmholtz* und *Hering* als Eigenlicht der Netzhaut gedeutet. Der letztere betrachtet sie als ein Ergebnis kleiner subjectiver Erregungen, indem ein Ueberschuß assimilirbaren Stoffs die Diffimilirbarkeit erhöhe, so daß wir nie zur Empfindung völliger Dunkelheit kom-



men können, denn mit der Bildung des Assimilationsstoffes steige in gleichem Maße die Leichtigkeit der Zersetzung.

Das Eigenlicht der Netzhaut wurde auch auf Fluorescenz des Auges zurückgeführt, d. h. auf eine Fähigkeit der lichtbrechenden Schichten des Auges, das Licht, welches sie durchdrungen hat, einige Zeit in sich gebunden zu halten. Aus der Fluorescenz geht eine Phosphorescenz hervor, wenn die betreffenden Körper durch Entwicklung chemischer Vorgänge ein gleichmäßiges Licht nach allen Seiten ausschicken. In der Netzhaut kennt man aber keine Phosphorescenzercheinungen; *Monoyer*<sup>1)</sup> meint jedoch, eine lang andauernde Fluorescenz könne zu einem gewissen Grad von Phosphorescenz führen und so würden die Erscheinungen an positivem und negativem Nachbild durch die Fluorescenz des Auges zu erklären sein.

*Helmholtz* sagt, das dunkle Gesichtsfeld sei nicht so lichtlos, wie es scheine. Das Auge besitze in seinem Eigenlicht eine Lichtquelle, die völlig unabhängig von jedem Lichteinfluß von außen sei. Es bestehe für die Netzhaut ein schwacher innerer Reiz, der das Lichtchaos hervorrufe. Das negative Lichtbild zeigt sich auch, wenn nicht ein Lichtstrahl von außen einzudringen vermag.

*Goethe* beschrieb eine endoptische Erscheinung beweglicher Nebelstreifen, die nur durch das Eigenlicht zu erklären waren. Es sind breite, mehr oder weniger geschwungene Nebelstreifen, die durch weniger dunkle Zwischenräume von einander getrennt sind. Sie rücken in Gestalt um einen Mittelpunkt geordneter Kreislinien gegen die Mitte des Gesichtsfelds vor, um dort zu verschwinden. Ihre Bewegung ist so langsam, daß nach *Purkinje* jeder Streifen acht Secunden braucht, den ganzen Weg zu durchlaufen. *Helmholtz* fügt hinzu, es seien zwei Ordnungen kreisförmiger Wellenlinien, die langsam gegen die Mitte hinziehen. Die Mitte dieses Bildes entspreche der Stelle des Sehnerveneintritts. *Giraud de Toulon* giebt an, die Erscheinung sei keine dauernd vorhandene, sondern trete in Verbindung mit Zeichen von Gefäßstörungen auf

<sup>1)</sup> *Monoyer*, Bulletin de la société des sciences naturelles. Straßbourg, 1868.



(schwerer, benommener Kopf, plötzliches Aufschrecken aus dem Schlaf u. f. w.). Er hat auch das Auftreten von Spuren von Farbenempfindung dabei beobachtet (roth, violett).

*Helmholtz* hat diese von *Goethe* beschriebene Erscheinung wohl als ein Ergebniß der der Netzhaut eigenen Thätigkeit erklärt, weiß aber nicht zu sagen, welcher Art diese Thätigkeit ist. Er faßt viele Lichterscheinungen als vom Eigenlicht der Netzhaut abhängig zusammen: so die inneren Lichterscheinungen bei Druck auf den Augapfel, bei der Accomodation u. f. w. Wenn ich recht verstehe, faßt er aber einige der Erscheinungen dieser Art nicht als Folge dieser Netzhautthätigkeit auf, sondern als Urtheilstäuschungen, so z. B. die Contraftererscheinungen.

Die *Hering'sche* Theorie läßt uns bei der Erklärung dieser *Goethe'schen* Erscheinungen, wie bei den durch Druck erzeugten Lichterscheinungen etc. völlig im Stich. Denn die Vorgänge der Assimilation und Diffimilation sind nach ihm abhängig von der Einwirkung von Licht und Farben auf den assimilirbaren und den diffimilirbaren Stoff.

Eine Theorie, welche Farben- und Lichtempfindung auf die specifische Energie der neuroepithelialen Netzhautschicht zurückführt, kann auch ein bloß subjectives Vorkommen dieser Licht- und Farbenerscheinungen leicht erklären, denn die zu Licht- und Farbenempfindung führende Erregung kann auch durch andere Reize als den unmittelbaren Reiz des Lichts und der Farben hervorgerufen werden. So z. B. wäre darnach die *Goethe'sche* Erscheinung zweifellos auf einen Erregungszustand der Netzhautgebilde zurückzuführen, der durch Druck und Mangel an Zufuhr von Ernährungsstoffen hervorgerufen wird.

Das Eigenlicht der Netzhaut kommt somit auf eine besondere Eigenschaft der Netzhaut hinaus, Licht- und Farbenempfindung wachzurufen, auch ohne von Licht- und Farbenstrahlen ihrerseits dazu angeregt zu sein.

Was die Entstehungsart der Nachbilder betrifft, so hat man wohl zu beachten, daß dieselben keine ordnungsgemäßen Begleit-



erscheinungen des Sehens sind. Sie entstehen nur, wenn man einen Gegenstand lange Zeit dauernd im Auge behält, also dann, wenn die Netzhautbestandtheile überreizt sind. Diese Ueberreizung bei lange dauernder Anstrengung des Blicks ist meist mit Schmerz im Auge, Gefühl von Schwere im Kopf u. s. w. verbunden.

Wenn das Bild eines aus dunkeln und hellen Theilen zusammengesetzten Gegenstandes die Netzhaut trifft (z. B. eines Fensters), so zeichnet sich das Bild auf der Netzhaut als «Netzhautoptogramm». Die dunkeln Streifen erzeugen in den Netzhauttheilchen eine geringere Erregung als die hellen Theile. Hält man seinen Blick nun lange fest auf den betreffenden Gegenstand gerichtet, so tritt Ueberreizung ein. Nun richten wir den Blick auf eine dunkle Fläche oder halten überhaupt jedes Licht vom Auge ab, so werden wir zuerst ein positives Nachbild haben, ganz gleich dem bisher geschauten Bild, dann ein weniger helles, graues, negatives. In diesem werden die im positiven Bild am hellsten gewesenen Stellen am dunkelsten erscheinen und umgekehrt. Beim positiven Nachbild besteht eine Bewegung der Netzhauttheilchen, welche jener gleich ist, die unter unmittelbarer Einwirkung des Gegenstands bestand; beim negativen Nachbild hingegen besteht wohl die Bewegung noch, aber die Netzhauttheilchen stehen unter dem Einfluß des neuen Reizes und passen sich diesem allmähig an. So lang als «negative Energie» andauert, hat man die Empfindung des negativen Nachbilds. Da das Netzhauttheilchen nach einer starken Erregung sich nur langsam anpaßt, so muß in einem solchen Fall das Andauern des negativen Nachbilds auch ein langes sein.

Es wäre demnach das Verhalten des negativen Bildes so zu erklären: das stärker in Erregung versetzt gewesene Netzhauttheilchen, das unter Einwirkung hellerer Strahlen gestanden, verfällt in einen Zustand größerer Ermüdung und Abgestumpftheit als das Theilchen, welches nur schwächeres Licht empfangen hatte. Es wird darum beim negativen Nachbild jenes Theilchen in geringer Erregung sein, das sich im Zustand der Ermüdung befindet,



d. h. das Theilchen mit geringerer Energie wird uns den Eindruck geringerer Helligkeit geben. Beachtenswerth ist, daß die hellen Theile des negativen Nachbilds immer noch weniger hell sind, als sie es im positiven Bilde waren; sie erscheinen nur hell im Vergleich zu den dunkleren Theilen.

Das negative Bild leidet auch nicht darunter, wenn schwache Lichtstrahlen die Netzhaut treffen, wenn man z. B. eine mäßig helle Fläche anschaut; denn schwaches Licht hebt die beschriebenen Verhältnisse nicht auf oder bringt uns wenigstens eine Aenderung dieser Zustände nicht zum Bewußtsein; denn wird auch das Nachbild auf der Netzhaut heller beleuchtet, so ist doch noch das Verhältniß in der Erregbarkeit der verschiedenen Theile zu einander das gleiche, und die dunkleren Theile des Nachbilds bleiben nach wie vor dunkler im Vergleich zu den helleren.

Bei farbigem Licht und farbigen Gegenständen treten ihre Complementärfarbe als negatives Nachbild auf. Auch hier muß man, um das Nachbild zu erhalten, die Farbe lang anschauen und dann den Blick auf eine beleuchtete Fläche richten, oder die Augen schließen oder sonst alle Lichtstrahlen plötzlich abhalten.

Die ursprüngliche Thätigkeit (Energie) im Theilchen, welche dem Reiz einer gewissen Farbe entspricht, geht in secundäre Thätigkeit (Energie) über so lange, bis das Theilchen sich der neuen Einwirkung angepaßt hat; so entsteht mit Aenderung des Reizes ein neue Empfindung, die der complementären Farbe.

Die Untersuchung der specifischen Energien der Netzhaut ergibt, daß die Farbenempfindungen das Ergebnis eben so vieler Zwischenstufen zwischen dem Erregungszustand im Hellen und dem Zustand im Dunkeln sind. Jede Farbe giebt, mit ihrer Complementärfarbe vereinigt, weiß, und zwar ist die Complementärfarbe von roth grünblau, von gelb blau, von grüngelb violett. Es besteht somit ein gewisser Zusammenhang zwischen dieser Ordnung der Farben und ihrer Complementärfarben und der Beobachtung, die wir beim Frosch über die verschiedene Stärke der Zusammenziehung der Netzhauttheilchen bei den verschiedenen



Farben (die geringste bei roth, gelb und grüngelb, die stärkste bei grün, blau und violett) machten. Die Farben, die links im Spectrum liegen und deren Empfindung also mit geringerer Erregung der Netzhauttheilchen einhergeht, sind Complementärfarben zu denen, die rechts liegen und stärkere Erregung der Netzhauttheilchen bedingen.

Untersuchen wir nun das Theilchen, welches lange Zeit unter dem Einfluß blaugrünen Lichts gestanden hat, und gehen wir von der Annahme aus, daß diese Farbe aus einer Reihe von Umständen hervorgehe, die das Netzhauttheilchen zum höchsten Maß der Anspannung treiben. Nach Aufhören der unmittelbaren Einwirkung kommt dann im Theilchen die secundäre Energie zur Geltung, welche eine um so schwächere ist, je ausgesprochener die ursprüngliche war; da aber in unserem Fall die ursprüngliche die stärkstmögliche war, so muß nun die schwächste folgen, das heißt, wir werden Empfindung von roth haben, denn dieser Farbenempfindung entspricht die geringste Kraftleistung der Netzhauttheilchen.

Angenommen, das Theilchen wäre lange Zeit unter dem Einfluß von roth gestanden, und angenommen, daß auf die schwächste ursprüngliche Thätigkeit die stärkstmögliche folgen muß, so wird die Complementärfarbe für roth, da dieses die geringsten Ansprüche an die Netzhauttheilchen stellt, grünblau sein müssen, weil bei diesen die größte Leistung der Theilchen erfolgt.

Wir haben hier angenommen, daß die Empfindung von grünblau aus einer Reihe von Umständen entspringe, welche die stärkste Thätigkeit des Netzhauttheilchens hervorrufen. Beim Frosch aber fanden wir das höchste Maß der Thätigkeit bei Einwirkung der blauen und violetten Farbe, d. h. wenigstens was die Gestaltveränderung des Netzhauttheilchens durch Zusammenziehung anbetrifft, nicht aber für die chemische Umwandlung des Netzhautpurpurs; denn dieser zeigt die größte Veränderung bei blaugrünem Licht (*Kühne*); blaugrünes Licht bleicht die Netzhaut am raschesten. Mit diesem Verhalten läßt es sich also vereinbaren, daß die rasche Einwirkung eines farbigen Lichts auf den Netzhautpurpur und die scharf aus-



geprägte Zusammenziehung des Netzhauttheilchens einen höchsten Grad von Energie erwecken, während das rothe Licht, in welchem der Netzhautpurpur langsamer bleicht, als sich das Netzhauttheilchen zusammenzieht, nur die schwächste Reactionsenergie in diesem wachruft. Obgleich der Netzhautpurpur verschwindet, nachdem die Einwirkung eine Weile gedauert hat, während der Einfluß des farbigen Contrastes anhält, verliert die obige Erörterung nicht an Werth; denn der Netzhautpurpur bedingt nur die Farbe einer Substanz, welche auch ohne diese Farbe eine chemische Einwirkung von farbigen Strahlen erleiden kann. Die Möglichkeit, daß eine farblose Substanz durch verschiedene Farben in verschiedener Weise beeinflusst werde, ist übrigens für die Netzhautelemente durchaus anerkannt; denn Niemand hat von dieser Seite die Theorie *Hering's* bekämpft, die sich ausschließlich auf die Annahme stützt, daß in der Netzhaut eine farblose Substanz vorhanden ist, welche durch den Lichtreiz eine Veränderung erfährt.

Die secundäre Energie der Netzhauttheilchen wird durch jegliche neue Einwirkung auf die Netzhaut wachgerufen, so daß wir das farbige Nachbild erhalten, ebenfowohl wenn wir auf eine beleuchtete Fläche schauen, als wenn wir das Auge ganz in's Dunkle bringen. Es entwickelt sich auch in dem Falle selbst die Complementärfarbe der ursprünglich gesehenen Farbe, wenn der Grund, auf dem wir das Nachbild sehen, eben jene Complementärfarbe hat. Nur vertieft sich dann die Farbe des Grunds dort, wo das Nachbild auf derselben steht, indem zu der Erregung, welche die Farbe des Grunds in den Netzhauttheilchen hervorruft, die secundäre Energie verstärkend hinzutritt.

Läßt man während des Bestehens eines negativen Nachbilds im Dunkeln plötzlich einen Lichtstrahl in's Auge fallen, so geht das Nachbild in seine Complementärfarben über; verdunkelt man nun aber das Auge wieder rasch genug, so tritt das Nachbild wieder in seiner ursprünglichen Farbe auf, d. h. in der Complementärfarbe des Bildes, dessen Nachbild es ist. Es beruht dies auf der eigenthümlichen Weise, wie die secundäre Energie auf neue Reize antwortet. Es wechselt die Art des zum Hirn gehen-



den Anstoßes mit dem neuen Reiz und ruft die Empfindung der Farbe hervor, welche zu jener Energie complementär ist, die sich eben dem neuen Reiz anpaßt. Es wechselt somit sowohl die Bewegung primärer als die secundärer Energie der Netzhauttheilchen bei jeder neuen Beeinflussung durch Licht oder Dunkel ihren Charakter. Bei jedem Wechsel der Erregung tritt an Stelle der eben empfundenen Farbe ihre Complementärfarbe.

Nun bliebe uns noch zu betrachten übrig, mit welcher Thätigkeit in der Netzhaut die Erscheinungen des simultanen Contrastes einhergehen. Eine farbige Scheibe auf weißem oder grauem Grund erscheint von einem Ring in der complementären Farbe umgeben. Mir scheinen hierfür drei Erklärungsarten in Betracht zu ziehen zu sein. Erstens könnte der simultane Contrast eine Irradiationserscheinung sein, zweitens könnte er auf einer Interception beruhen, welche ein Leuchtkörper auf die seinen eigenen Lichtstrahlen entsprechenden Wellen ausübt, drittens endlich könnten die auf den unmittelbaren Reiz einer farbigen Lichtwelle antwortenden Netzhauttheilchen eine secundäre Energie in den angrenzenden Netzhautbereichen wach rufen.

Nimmt man eine Irradiation als den Grund der Erscheinung an, so muß man annehmen, daß die Netzhautbezirke, die an jene grenzen, auf die das Bild einer bestimmten Farbe geworfen ist, von diesem unmittelbar beeinflusst werden, sei es darum, weil der Blick nicht längere Zeit hindurch ganz fest auf einen Punkt geheftet werden kann, sei es, weil die brechenden Mittel des Auges das Bild nicht ganz scharf, sondern nur mit Zerstreungskreisen umgeben auf die Netzhaut zu werfen vermögen. So müßte der Bereich des Zerstreungskreises der ursprünglichen Farbenstrahlen sich mit dem Bereich der complementären Farbe decken. Die Netzhautbestandtheilchen im Bereich der Complementärfarbe stehen dann unter zwei Einwirkungen, erstens unter derjenigen der ursprünglichen Farbe und zweitens unter derjenigen der weißen oder grauen Grundfarbe. Selbstverständlich muß eine der beiden stärker auf die Theilchen einwirken als die andere. Nehmen wir z. B. an,



daß die auf die Netzhaut fallenden Strahlen roth seien, daß aber die Grundfarbe eine stärkere Einwirkung auf die Theilchen ausübe als diese Strahlen, so wird die Wirkung vom Weiß um das vermindert werden, was sie durch die gleichzeitige Wirkung des Roths eingebüßt hat. Es werden in dem weißen Licht die rothen Wellen unterdrückt werden, und das die Theilchen erregende Licht wird grün sein, denn *Newton* hat gezeigt, daß, wenn man eine Farbe aus dem Spectrum ausschaltet und nun die übrigen Farbenstrahlen wieder mittelst einer biconvexen Linse vereinigt, man die Complementärfarbe der ausgeschalteten Farbe erhält.

Doch wie wir sehen werden, trifft diese Erklärung nicht zu; ebenfowenig die von *Giraud de Toulon* vorgeschlagene.<sup>1)</sup> Letztere stützt sich auf die von *Kirchhoff* nachgewiesene Erscheinung, daß ein leuchtender und gleichzeitig durchsichtiger Körper die Lichtwellen, welche seinen eigenen gleich sind, unterdrückt und absorbiert. *Giraud de Toulon* führt die Entstehung der *Leonardo da Vinci'schen* Schatten auf diese Erscheinung zurück.

Betrachten wir ein Mal, wie diese *Leonardo'schen* Schatten auftreten. Wir können sie in jeglicher GröÙe erhalten. Ich konnte sie in der Breite von einigen Centimeter erzielen. Sie treten in dem Augenblick selbst auf, wo man zum Kerzenlicht noch das Tageslicht hinzubringt. Man kann sie also nicht als einfache Irradiationserscheinung auffassen, dazu sind sie zu groß und treten zu plötzlich auf. Nehmen wir darum zur *Giraud'schen* Erklärung unsere Zuflucht, so müÙten wir uns die Entstehung der blauen Schatten in folgender Weise vorstellen: das weiÙe Licht trifft nur die Stellen, wo der blaue Schatten liegt, diesen sehen wir blau und nicht weiÙ, weil die Strahlen des Schattens, indem sie durch den vom gelben Kerzenlicht durchstrahlten Raum zu unserem Auge gehen, die gelben Farbenstrahlen verlieren. Diese Erklärung wäre aber nur dann stichhaltig, wenn der vom Tageslicht geworfene Schatten der Flamme auch dann noch blau erschiene, wenn man

---

<sup>1)</sup> *Giraud de Toulon*, La vision et ses anomalies. Paris 1879.



ihn durch ein Rohr betrachtet, welches uns nichts anderes als den Schatten oder einen Theil desselben zu sehen gestattet. Dann aber erscheint er eben weiß. Wohl aber wird er wieder blau, wenn wir das Rohr so richten, daß wir nicht nur einen Theil des Schattens, sondern auch ein Stück des gelb beleuchteten Grundes mit in den Gesichtskreis fassen.

So müssen wir denn auch diesen zweiten Versuch der Erklärung für die Entstehung des simultanen Contrast's als unzulässig zurückweisen und müssen unsere Zuflucht zu der dritten oben angeführten Möglichkeit nehmen. Hier wird darauf zurückgegriffen, daß in der Netzhaut bei Wachrufung einer primären Energie an der Stelle, die unmittelbar von einem Licht- oder Farbenstrahl getroffen wird, diese Energie sich auch auf die daran angrenzenden Theile ausdehne. Anatomisch sind gegen diese Annahme keine Bedenken vorhanden, da die Epithelzellen unter einander in Verbindung stehen, ja ein Beschränktbleiben der Thätigkeit auf scharf begrenzten Bezirk wäre sogar schwerer zu begreifen, als daß die Bewegung, welche in diesem Bezirk die Ebene des Mosaikgewebes verrückt, auch von den unmittelbar daran stoßenden Zellen mitgeföhlt wird.

Nehmen wir an, die bestimmte Bewegung, welche in den Netzhauttheilchen auf eine gegebene Farbe erfolgt, greife auch auf die angrenzenden Theile über, so wird die primäre Thätigkeit, die in den Theilchen innerhalb des Bereichs dieses Uebergreifens auftritt, sich in secundäre Energie umwandeln und die Empfindung der Complementärfarbe wach rufen, denn die Theilchen stehen schon unter einem anderen Einfluß, z. B. dem des weißen Lichts. So hat man für den simultanen Contrast die gleiche Entstehungsweise wie für den successiven.

Beim Daltonismus besteht theilweise Farbenblindheit, indem hier zweierlei Farben nicht von einander unterschieden werden, und zwar sind dies stets Ergänzungsfarben zu einander. Es besteht vollständige Farbenblindheit, wenn bloß schwarz und weiß empfunden wird. Auch die Farbenblindheit findet ihre einfachste Erklärung in der Lehre der specifischen Energien der neuroepithe-



lialen Schicht der Netzhaut, wenn man annimmt, daß die empfindenden Theilchen durch einen angeborenen Fehler unfähig sind, für eine oder für alle Farben die denselben entsprechende Reizwirkung auszulösen. Die Erklärung der unvollständigen Farbenblindheit wird viel einfacher, wenn man die Entstehungsweise der Empfindung der Ergänzungsfarbe im Auge behält, d. h. daß die Thätigkeit, welche die unmittelbar gesehene Farbe hervorruft, die ursprüngliche ist, die Thätigkeit hingegen, die zur Empfindung der Complementärfarbe führt, nur eine Folge der ersteren, und daß die Farbenempfindung, welche als complementäre Empfindung auf die negative Energie folgt, von einer positiven Energie hervorgerufen wird, wenn diese Farbe ursprünglich auf die Netzhaut einwirkte. Wenn also die ursprüngliche Energie für eine gewisse Farbe eine fehlerhafte ist (der unvollständig farbenblinde erkennt die Farbe, für die er blind ist, oft doch noch, wenn sie sehr hell ist), so muß verständlicherweise auch die secundäre Energie fehlerhaft sein, und indem das Maaß der richtigen Unterscheidung beider Reactionen nicht vorhanden ist, muß die unklare primäre Reaction auf eine gewisse Farbe der secundären gleich sein oder sie wach rufen und damit zur Folge haben, daß die gesehene Farbe ihrer Ergänzungsfarbe gleich erachtet wird.

Die erworbene Farbenblindheit durch Entartung der Leitungsbahnen der nervösen Bestandtheile der Netzhaut tritt ebenso auf wie die angeborene Farbenblindheit. Doch ist es hier wahrscheinlicher, daß die durch eine bestimmte Einwirkung hervorgerufene Erregung nur falsch dem Gehirn übermittelt und darum falsch empfunden wird.

Eine andere Art erworbener Farbenblindheit finden wir bei den halbseitig unempfindlichen Hysterischen. Hier sind die Erscheinungen der Störung der Farbenempfindung stets auch mit Herabsetzung der Empfindlichkeit für weißes Licht verbunden. Das Unterscheidungsvermögen für Blau und Violett schwindet zuerst, sie werden schwarz gesehen, dann kommt die Reihe an Grün, zuletzt schwindet die Empfindung für Gelb und Roth. Die Em-



pfindlichkeit für die verschiedenen Farben geht also bei den Hy-  
sterischen in umgekehrter Reihenfolge der spectralen Anordnung  
der Farben verloren; diese Reihenfolge entspricht hingegen dem  
steigenden Maaß der von den Farben hervorgerufenen Zusammen-  
ziehung der Netzhauttheilchen, d. h. die Farbe, die zuerst ver-  
schwindet, ist die, welche die stärkste Thätigkeit der Theilchen  
erfordert, um zur Empfindung zu gelangen. Nehmen wir nun  
an, daß bei den Hysterischen die Zusammenziehungskraft der Netz-  
hauttheilchen immer mehr abnehme, so wird sich ergeben, daß jene  
Farben, die größerer physischer Energie bedürfen, nur mangel-  
haft oder gar keine Veränderung in den Theilchen mehr her-  
vorzurufen vermögen, und daß damit diese Farben nicht mehr zur  
Empfindung gelangen werden.

## ZWEITER THEIL.

### Bau- und Thätigkeitsmechanismus der leitenden Wege der Lichtempfindung.

#### Erster Abschnitt.

*Verschiedenheit des Baus bei den Wirbelthieren: — Verlauf der Fasern des gelben  
Flecks im Sehnerven. — Bau des Chiasma bei den höheren Säugethieren. — Lagerung  
der Fasern eines Sehnerven in beiden Tractus. — Wurzeln der Tractus. — Be-  
deutung des Kiffens, des lateralen und medialen Kniehöckers und der Vierhügel  
für das Sehen.*

Man darf annehmen, daß für die Netzhaut aller Wirbelthiere der  
Eindruck, den ein und derselbe Gegenstand hervorruft, auch der  
gleiche ist, denn die Netzhaut setzt sich bei allen aus den gleichen  
lichtempfindenden Theilchen zusammen und zeigt bei allen die  
gleichen Veränderungen bei Lichteinwirkung. Unterschiede, die  
verschiedene Arten unter einander zeigen, beziehen sich nur auf  
die Größenverhältnisse der Theilchen, nicht auf ihre Gestaltung,  
und deuten auf eine Verschiedenheit in den Lebensbedingungen  
des Thiers, nicht in der Thätigkeit der Gebilde.



Dagegen findet man wesentliche Unterschiede im Bau der lichtempfindungsleitenden Wege im Gehirn, welche zunächst eine Verschiedenheit in der Thätigkeit erwarten lassen könnten. Bei den niederen Wirbelthieren, den Amphibien, Reptilien, Vögeln, ist der lobus opticus (Bereich der Vierhügel) der Bezirk der Endausbreitung der Sehnervenfasern. Er ist um so entwickelter, je geringer der Umfang der Gehirnhalbkuugeln ist. Bei den Säugethieren, insbesondere den höheren, treten an Stelle der Schlappen die Vierhügel, die Kniehöcker und das Kissen. Die geringe Ausdehnung dieses Bereichs des Mittelhirns steht im grellen Gegensatz zu dem Schlappen bei den Fischen (Teleostei, Ganoidei), wo er die Halbkugeln an Größe weit überragt.

In der fortschreitenden Entwicklung der Halbkugeln haben wir eine fortlaufende Reihe zunehmender Antheilnahme des Gehirns an der Sehtthätigkeit, von den unteren Wirbelthieren an, wo die Halbkugeln nicht einmal einen Einfluß auf das gleichseitige Auge ausüben, bis zum Menschen, wo jede Halbkugel mit beiden Augen durch eine gleiche Anzahl Fasern verbunden ist. Während also die Bestandtheile der Netzhaut die gleichen sind, sind die Verbindungen der Sehnervenfasern mit den Halbkugeln verschieden, und je höher das Thier steht, desto mehr nimmt die Halbkugel am Sehen Theil, womit zugleich sich auch der Thätigkeitsmechanismus ändert.

Bei den höheren Säugethieren und dem Menschen ist es physiologische Nothwendigkeit, daß ein Theil jeder Netzhaut mit der entsprechenden Halbkugel in Verbindung stehe. Es ist dies nothwendige Folge der Entwicklungsgefetze und der Anpassung an den größeren Gesichtswinkel, denn dieser bringt es mit sich, daß die beiden Gesichtsfelder sich über einander schieben, wodurch ein binoculäres Sehen nothwendig wird, das heißt ein gemeinsames Zusammengehen der Augäpfel in ihren Bewegungen und ein Zusammenwirken der Sehempfindungen. Es ist klar, daß ein Zusammengehen der Augenbewegungen erfordert wird, welches nur unter Ueberwachung durch das Bewußtsein möglich ist, denn auch



beim Seitlichsehen müssen sich die Sehaxen in einem Punkte schneiden, wenn man ein einfaches Bild von diesem Punkte erhalten soll.

Im Sehnerven des Menschen verlaufen die Fasern des gelben Flecks zu einem etwa dreikantigen Bündel vereinigt, welches beim Austreten aus der Schädelhöhle den Kern des Sehnerven bildet, dann mehr zur Seite rückt, bis es ganz auf die Schläfenseite im Sehnerven zu liegen kommt. Einen Centimeter oberhalb des Augapfels bis zum Auseinanderfaern in der Papille bildet dies Bündel den lateralfsten Theil des Nerven (*Samelsohn*)<sup>1)</sup>. In der Höhe des Chiasma verlaufen diese Fasern in der Mitte, umgeben von den Fasern der Randtheile der Netzhaut. *Leber* fand in zwei Fällen von concentrischer Einengung des Gesichtsfeldes, die mit starker Abstumpfung des Sehens einhergingen, nahe bei dem Chiasma die äußeren Fasern der Sehnerven geschwunden und entartet, während das mittlere Bündel unverfehrt geblieben war.

Die Schwierigkeit der Untersuchungen und vielleicht auch die ungenügende Zahl derselben ist Schuld daran, daß wir noch nicht darüber unterrichtet sind, wie die Fasern des gelben Flecks in dem Chiasma verlaufen. Ueberhaupt gaben uns bisher die Krankheitsveränderungen in dem Chiasma noch keinen genaueren Aufschluß über den Bau desselben. Es findet sich kein Fall von alleiniger Entartung seines vorderen Winkels angeführt. *Müller*<sup>2)</sup> beschreibt einen Fall von Halbblindheit auf der Schläfenseite, bei der die Blindheitsgrenze in beiden Augen gerade senkrecht durch den Mittelpunkt des Gesichtsfelds ging. Diese Halbblindheit bestand so durch anderthalb Jahre. Der Leichenbefund gab nicht den geringsten Aufschluß über diesen Zustand im Leben. Das Chiasma war fast ganz zerstört, die Wurzeln des Sehnerven völlig entartet.

Bei Geschwülsten, die den vorderen Winkel des Chiasma in Mitleidenschaft ziehen, hat man nur eine concentrische Einengung

<sup>1)</sup> *Samelsohn*, Centr. für med. Wissenschaft. 1880.

<sup>2)</sup> *Müller*, Arch. f. Ophthalm. VIII.



des Gesichtsfelds als einzige Krankheitserscheinung gefunden, die man von Zerstörungen am Sehnerven ableiten könnte. Auch scheint es, daß Entartung im hinteren Teile des Chiasma keine Sehfstörungen zur Folge hat. Es wurden solche auch beim Hydrocephalus internus bei all den vielen untersuchten Fällen nicht vorgefunden, wo doch die dritte Hirnhöhle sich kegelförmig vorwölbt und auf die hinteren Theile des Chiasma drückt.

Die Beobachtungen, welche auf den hinteren Theil des Chiasma Bezug haben, werfen wenig Licht auf die Bedeutung desselben. *Ruffel*<sup>1)</sup> beschreibt eine horizontale Halbblindheit (Hemianopsie) des rechten Auges. Die obere Hälfte der Netzhaut war ohne Lichtempfindung, in der unteren war  $V = \frac{1}{10}$ . Das linke Auge war gesund. In der Folge wurde das rechte Auge ganz amblyopisch; im linken blieb nur der unteren Hälfte die Sehkraft. Der Leichenbefund zeigte vollkommene Zerstörung des Chiasma durch eine Geschwulst; diese war zweifellos von dem Schädelgrund ausgegangen, denn sie hatte kaum erst ein wenig auf die untere Fläche des Gehirns übergegriffen, hatte sich hingegen längs des Keilbeins und bis auf die Nasenbeine ausgedehnt. Dagegen fand dann *Mauthner*<sup>2)</sup> bei einer Geschwulst, die durch langfames Wachsthum auf die untere Fläche des Chiasma gedrückt hatte, eine obere Halbblindheit.

Zu diesen sich widersprechenden Angaben kommt dann vollends noch ein Fall von *Nélaton*<sup>3)</sup>, wo im Leben keine Blindheit beobachtet worden war und an der Leiche das Chiasma mit Ausnahme eines kleinen vorderen Abschnitts vollkommen erweicht gefunden wurde. In drei Fällen endlich von Halbblindheit auf der inneren Seite war das Chiasma in großer Ausdehnung entartet.

Seit alten Zeiten haben sich schon die Anatomen mit dem Bau des Chiasma beschäftigt. Es ist indeß merkwürdig, daß der erste, der eine Halbkreuzung der Sehnervenfasern vermuthete,

<sup>1)</sup> *Ruffel*, Med. Times and Gaz., 1873.

<sup>2)</sup> *Mauthner*, Gehirn und Auge. Berlin, 1881.

<sup>3)</sup> *Nélaton*, Revue Méd., 1833.



ein Physiker war und zwar *Newton* im Jahre 1704. Seit ihm bis zu *Graefe* pflegten sich die Kliniker zur Erklärung der Fälle von Halbblindheit auf diese Annahme zu stützen. Die mikroskopische Untersuchung bestätigte in der That diese schon als erwiesen angenommene Ansicht.

*Bielschadecki*<sup>1)</sup>, *Mandelstamm*<sup>2)</sup>, *Michel*<sup>3)</sup> und *Scheel*<sup>4)</sup> haben nach experimentellen und histologischen Untersuchungen die Lehre aufgestellt, daß bei allen Wirbelthieren und dem Menschen die Kreuzung der Fasern im Chiasma eine vollständige sei. *Gudden*<sup>5)</sup> giebt eine solche für die niederen Wirbelthiere bis zum Kaninchen zu, hält aber an einer Halbkreuzung für den Hund, den Affen und den Menschen fest. Zu gleicher Zeit fand man, daß dreierlei Fasern im hinteren Winkel des Chiasma vereinigt sind. Die einen entspringen im Tuberculum cinereum und laufen zum oberen und zum unteren Theil des Chiasma in der Schleifencommissur (*Scheel*); die anderen beiden Faserordnungen setzen sich nicht wie jene in die Sehnerven fort. Von ihnen bilden die vorderen (*Gudden'sche* Commissur) mit den anderen (*Meynert'sche* Commissur) ein Bündel von Fasern, die von dem einen äußeren Kniehöcker zum anderen ziehen und im hinteren Theil des Chiasma verlaufen. *Stilling*<sup>6)</sup>, gleichfalls an eine Halbkreuzung bei den Säugethieren glaubend, brachte neuerdings eine Anschauung *Hannover's* zur Geltung, indem er Verbindungsfasern beschreibt, die im vorderen Winkel des Chiasma von einem Sehnerven zum anderen gehen.

In Bezug auf die Menge der sich kreuzenden Fasern scheint die Beobachtung am Krankenbett dahin zu führen, daß beim Menschen eine Halbkreuzung in der Weise stattfindet, daß die

<sup>1)</sup> *Bielschadecki*, Sitzungsberichte der Wien. Ak. math. nat. Classe. Bd. 42, 1861 und diese Untersuchungen, Bd. VIII, S. 156 und folgende.

<sup>2)</sup> *Mandelstamm*, Arch. für Ophthal., XIX, II.

<sup>3)</sup> *Michel*, Arch. für Ophthal., XXIII.

<sup>4)</sup> *Scheel*, Monatsb. f. A. Bd. XII.

<sup>5)</sup> *Gudden*, Arch. f. Ophthal., XX, XXV.

<sup>6)</sup> *Stilling*, Untersuchungen über den Bau der optischen Centralorgane. Kassel und Berlin, 1882.



Fasern eines jeden Tractus sich genau in zwei gleiche Theile theilen und die Netzhaut so von beiden versorgt wird, daß sie in zwei Theile getheilt ist, deren Grenze senkrecht durch den Punkt des deutlichsten Sehens geht.

Dieses klinische Gesetz konnte histologisch noch nicht bestätigt werden. *Hellermann*<sup>1)</sup> fand sogar, daß das ungekreuzte äußere Bündel schwach, das gekreuzte äußere aber um ein Drittel stärker als dieses ist. *Wernicke*<sup>2)</sup> kommt zum gleichen Schluß, und zur Erklärung der Halbblindheit nimmt er an, daß die Fasern beider Abtheilungen des gelben Flecks und der Netzhautmitte, der äußeren wie der inneren, vom gekreuzten Bündel stammen. *Purtscher*<sup>3)</sup> findet beim Menschen eine Halbkreuzung der Fasern in vielen von ihm untersuchten Sehnerven mit beiderseitiger aufsteigender Atrophie. *Nicati*<sup>4)</sup> schnitt bei jungen Katzen das Chiasma zur Hälfte durch und fand, daß das Sehen erhalten blieb, was so bestimmt wie nur irgend möglich für die Halbkreuzung spricht.

Alle Untersucher stimmen darin überein, daß die Entartung der Kreuzungsfasern niemals sich auf die hinteren Verbindungsfasern mit erstreckt, daß hingegen die vom Tuber cinereum stammenden Fasern entarten.

Ich habe<sup>5)</sup> in einer kleinen Arbeit, die als vorläufige Mittheilung zu betrachten ist, entartete Chiasmen bei aufsteigender Entartung von einem Sehnerven aus untersucht, und zwar vom Kaninchen, vom Hund und vom Menschen, und kam zum Schluß, daß die Sehnervenfaser eine Halbkreuzung erleiden. Diese Halbkreuzung ist eine zunehmende vom Kaninchen zum Menschen, wo allein sie eine dichotomische Theilung erreicht. Beim Kaninchen gehen nur wenige Fasern des unteren Theils des Chiasma vom Sehnerven zum gleichnamigen Tractus über. Ich meinte die Erklärung

<sup>1)</sup> *Hellermann*, Zehender's Monatsblätter, 1878.

<sup>2)</sup> *Wernicke*, Lehrbuch der Gehirnkr., 1881.

<sup>3)</sup> *Purtscher*, Graefe's Archiv, 1880.

<sup>4)</sup> *Nicati*, Cent. für Ophthal., 1879.

<sup>5)</sup> *Angelucci*, Gazzetta medica di Roma, 1884.



für diese Verschiedenheit im Verhalten bei den Säugethieren in der Größenverschiedenheit des Gesichtswinkels und in dem damit Hand in Hand gehenden Zusammenfallen der Bewegungen beider Augäpfel zu finden. Nach dieser meiner Mittheilung erschien eine Arbeit *Mauthner's*<sup>1)</sup>, die endlich mit einer großen Reihe von Beweisgründen die Halbkreuzung beim Menschen unzweifelhaft zu machen schien. Ich hielt es darum für überflüssig, daraufhin meine Untersuchungen fortzuführen, schätzte mich vielmehr glücklich, der herrschenden Ansicht mich anschließen zu können. Ich war darum sehr erstaunt, als 1887 *Michel*<sup>2)</sup> eine Arbeit herausgab, in der er wiederum für eine vollkommene Kreuzung auch beim Menschen eintrat. Er ging in einer neuen Weise bei seinen Untersuchungen vor, die vor der früher gebräuchlichen entschieden große Vorzüge hat (Methode *Weigert's*). So war diese Frage von neuem erwacht und forderte zu neuen Untersuchungen auf.

Mir lagen drei Chiasmen vor (Fig. 1, 2, 3, Tafel II), eines vom Kaninchen, eines vom Hund und eines vom Menschen. Bei allen dreien war ein Sehnerv entartet; beim menschlichen schon seit 21 Jahren. Da mein Assistent *Dr. Tornatola* großes Interesse für die Frage zeigte, überließ ich ihm gerne die Ausführung der Untersuchung, was mir zugleich größere Vorurtheilslosigkeit in der Beobachtung sicherte. Die Untersuchung wurde auf das genaueste nach *Michel's* Vorgang gemacht und die Schnitte in gleicher Richtung geführt. Ich überwachte wohl die Untersuchung, ohne aber das Urtheil des Untersuchers zu beeinflussen, zumal die Befunde überraschend klar ins Auge springend waren.

Schon mit bloßem Auge sieht man, daß beim Kaninchen (Fig. 1, t o s) der dem atrophischen Sehnerven entgegengesetzte Tractus im Ganzen atrophisch ist, der gleichnamige t o d scheint ganz unverändert zu sein. Beim Hund (Fig. 2) deutet schon der Anblick mit unbewaffnetem Auge darauf, daß auch der gleich-

<sup>1)</sup> *Mauthner*, l. c.

<sup>2)</sup> *Michel*, Ueber Sehnerven-Degeneration und Sehnerven-Kreuzung. Wiesbaden, 1887.



namige Tractus etwas in Mitleidenchaft gezogen ist (t o d; F. 2). Beim Menschen aber ist der Schwund in beiden Tractus unverkennbar und zwar beiderseits gleich stark (Fig. 3, t o d, t o s).

Die mikroskopische Untersuchung *Dr. Tornatola's* bestätigte durchaus, was ich schon vorher für das Chiasma beim Kaninchen, Hund und Menschen gefunden hatte.

Beim Kaninchen zeigen wagerechte Schnitte durch das Chiasma, daß der Sehnerv des ausgeschnittenen Auges (rechts) in all seinen Fasern völlig entartet ist. Er ist (n o d) in einen Bindegewebestrang umgewandelt, der sich gelb färbt. Dieser Strang geht durch das Chiasma durch, indem er die vom gleichnamigen Tractus kommenden Fasern kreuzt, welche ihrerseits augenscheinlich in den gegenüberliegenden linken Sehnerven übergehen. Der rechte Tractus zeigt keine Veränderungen der Art; der linke ist aber sehr schwach (t o s) und besteht aus einer gleichmäßig gelb gefärbten Bindegewebemasse. Im vorderen Abschnitt des Tractus finden sich noch einige unveränderte Nervenfasern, und ebenso sind die hinteren Verbindungsfasern nicht entartet. Es ließ sich nicht feststellen, ob die wenigen unveränderten Fasern im linken Tractus (f d) zum gegenüberliegenden Sehnerven gehen oder zu dem derselben Seite. Da sie zu einem Bündel vereinigt sind, halte ich letzteres für wahrscheinlicher.

Beim Hund wurden wie beim Kaninchen wagerechte Schnitte durch das Chiasma gelegt und 7—8 mm weit von dem Chiasma senkrechte durch die Tractus. Bei allen wagerechten Schnitten (Fig. 6) zeigt sich der Sehnerv des ausgeschnittenen Auges fast ganz entartet (n o d) in seinen Nervenfasern, nicht in seiner Masse geschwunden. Vom linken Tractus (t o s) geht eine Anzahl Fasern (f d) zur inneren Seite des gleichnamigen Sehnerven (n o s); es scheint auch nicht, daß dieselben sich noch nachträglich zum entgegengesetzten Sehnerven zurückwenden. In der entgegengesetzten Hälfte des Chiasma, d. h. der dem entarteten Sehnerven (n o d) entsprechenden, findet man in ihrem oberen, inneren Theil einen sichtbar entarteten Bereich (f d), dessen Fasern



den inneren Winkel des Chiasma berührend sich zum gleichnamigen Tractus zurückwenden. Der entartete Theil dieser Seite entspricht genau jenem Faerbündel, das auf der anderen Seite in den gleichnamigen Sehnerven übergeht. Dies ist Alles, was in wagerechten Schnitten für eine Halbkreuzung sprach.

Ziehen wir in Betracht, wie verwickelt der Verlauf der Fasern im Chiasma ist, so kann dies alles nicht als beweisend angesehen werden. Aber der Befund der senkrechten Durchschnitte durch beide Tractus kommt ihm sehr zu Hülfe. Abbildung 7 t o s stellt den Tractus auf der dem ausgenommenen Auge entgegengesetzten Seite dar. In seinem oberen und unteren Theil ist ein breiter Streif, dem Nervenfasern fast vollständig fehlen, in seiner Mitte hingegen sind die Nervenfasern zahlreicher und dichter gedrängt als im gewöhnlichen Zustand.

Der dem ausgenommenen Auge gleichnamige Tractus Fig. 8, t o d ist ungefähr ebenso stark, aber viel faerreicher; hier sind im mittleren Theil die Fasern weniger zahlreich als in dem unteren und oberen Theil. Vergleicht man diesen Befund mit dem Ergebniss der wagerechten Schnitte, so kommt man zum Schluß, daß in dem Tractus ebenso wie im Chiasma die ungekreuzten Fasern weniger zahlreich sind als die gekreuzten.

Beim Menschen zeigen die wagerechten Schnitte durch das Chiasma, daß der rechte Sehnerv (Fig. 9, n o d) bis zum Chiasma hinauf in einen gelblichen, faerigen Strang mit spärlichen Blutgefäßen verwandelt ist. Die Bindegewebsfasern, aus denen er besteht, sind gewunden und wellenförmig in ihrem Verlauf. In keinem der Präparate waren auch nur Spuren von Nervenfasern ausfindig zu machen.

In eben dieser Abbildung bemerkt man rechts im Chiasma Fasern, die von der gleichen Seite kommen (t o d) und die, zum Sehnerven gelangt, sich in Schlingen (f c) anordnen, welche mit ihrer convexen Seite gegen den Sehnerven hinschauen. Zwischen diesen und dem anliegenden äußeren Winkel des Chiasma sieht man keine Kreuzung der Fasern.



Die Zahl der Fasern im mittleren und hinteren Bereich des Chiasma ist eine sehr geringe; sehr ausgesprochen ist diese Armuth an Fasern in einem Bereich, der in der Abbildung links oben ist. Dort wo der linke Sehnerv in das Chiasma eintritt (n o s), sieht man zahlreiche quer verlaufende Fasern, die schlingenförmig in den Sehnerven in seiner äußeren Hälfte hineinragen; sie fehlen in seiner inneren Hälfte. Dagegen zeigt sich, wie im normalen Zustand, eine deutliche Faserkreuzung im äußeren Winkel (f d).

In beiden Tractus findet man unverkennbaren Schwund von Sehnervenfasern. In dem, der Seite des herausgenommenen Auges gleichnamigen, Tractus (Fig. 10, t o d) findet man, daß der Schwund den Theil der Fasern vollkommen ergriffen hat, der im hintersten Abschnitt verläuft; etwas weniger ergriffen sind die in der Mitte verlaufenden. Man hat hier also Schwund der Fasern im mittleren und hinteren Theil. Im anderen Tractus (Fig. 11, t o s) hat man deutlichen Schwund der Fasern in einem Bereich an der Außenseite, der die mittleren und oberen Theile halbmondförmig umgreift. Die hinteren und inneren Fasern sind nicht ergriffen. Man erkennt also an diesem Bereich zweierlei Stellen: die eine außen, unten verlaufende ist ganz ohne Nervenfasern, die andere obere enthält deren noch eine ganze Anzahl, wenn auch wenige im Verhältniß zum mittleren Theil. So verläuft das ungekreuzte Bündel in der Mitte jedes Tractus und in seinem hinteren Abschnitt, das gekreuzte Bündel umgiebt jenes halbmondförmig, seine convexe Seite nach außen gewendet. Dieser Befund stimmt ganz mit den Beobachtungen *Purtfcher's* überein, sowohl in Bezug auf den Verlauf der entarteten Fasern, als auf die mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Veränderungen am Tractus. Auch in *Purtfcher's* Fällen war der, der Atrophie entsprechende, Tractus mehr von oben nach unten abgeflacht, der andere in der Richtung von vorn nach hinten, also rundlicher<sup>1)</sup>. Dies erklärt die besonderen Verhältnisse an dem

<sup>1)</sup> *Purtfcher*, loc. cit.



oben beschriebenen atrophischen Chiasma des Menschen. Die Faserverflechtung im äußeren linken Winkel (Fig. 9, f d) entspricht der Kreuzung der ungekreuzt verlaufenden Fasern der einen Seite mit den Fasern des anderen Tractus und mit einem Theil der schlingenförmig verlaufenden Fasern der gleichen Seite. Im rechten äußeren Winkel fehlt diese Verflechtung wegen des Schwunds des ungekreuzt verlaufenden Bündels. Links sind die Schlingen nicht nachweisbar, weil zum entarteten Nerven gehörig, während rechts allein sie sichtbar sind (f c), weil sie dort aus dem gefunden Sehnerven der anderen Seite stammen (n o s). Zieht man nun in Betracht, daß beide Tractus theilweise Entartung zeigten, sowohl mit bloßem Auge wie mikroskopisch, so muß man schließen, daß wahrscheinlich beim Menschen der Sehnerv in dem Chiasma eine Theilung in zwei gleiche Theile erfährt.

Ich bin der Ansicht, daß man bei Untersuchung des Baus des Chiasma sich nicht auf die wagerechten Schnitte durch das Chiasma selbst beschränken darf, sondern auch Querschnitte durch die Tractus zu Hülfe nehmen muß, und ich wundere mich, daß *Michel* diese Untersuchung unterlassen hat.

In dem gefunden Chiasma gehen die von einem Tractus zum entgegengesetzten Sehnerven verlaufenden Fasern, das gekreuzte Bündel, schlingenförmig gegen den vorderen Winkel hin. Hier begegnen ihnen die Fasern des anderen gekreuzten Bündels. Die vordersten Fasern dieser beiden gekreuzten Bündel umstricken sich lajonettförmig. Wegen dieser wirren Verflechtung wird der vordere Winkel des Chiasma von einem dicken Strang in mannigfachster Richtung verlaufender Fasern gebildet. In den wagerecht geführten Schnitten scheint dieser Abschnitt des Chiasma aus einem besonderen Bündel zu bestehen; in Zerfaserungspräparaten stößt man hier auf ein unentwirrbares Gewebe, das sich leicht aus der Umgebung als ein Ganzes ablöst. *Stilling* deutete dasselbe unrichtiger Weise als ein vorderes queres Verbindungsbündel, das von schlingenförmigen Fasern gebildet sein sollte, welche von einem Sehnerven zum anderen gehen würden.



In beiden äußeren Winkeln findet man am gefunden Chiasma eine Verflechtung von Fasern, die zum großen Theil aus dem gleichseitigen Tractus stammen. Nun ist man berechtigt anzunehmen, daß dieses die Fasern des ungekreuzten Bündels sind, von denen eine Anzahl wie beim Hund (Fig. 6, f d) zum inneren Winkel der Sehnervenkreuzung hingehen, um dann auf der inneren Seite des Sehnerven weiter zu verlaufen.

Es ist merkwürdig, daß *Stilling* in seiner Abbildung 4, Tafel II, die ein Zerfaserungspräparat darstellt, die gekreuzten Fasern geradlinig von einer Seite zur anderen verlaufen läßt. So sind auch die ungekreuzten Fasern als ein Bündel parallel verlaufender Fasern im äußeren Theil des Chiasma abgebildet. Die Schnitte nach *Weigert's* Methode geben aber wesentlich andere Bilder. Jedenfalls ergibt sich aus ihnen ganz klar, daß die gekreuzten Fasern die vorderen und hinteren Winkel des Chiasma einnehmen, die ungekreuzten hingegen die äußeren Winkel; diese schließen aber noch jene gekreuzten Fasern zwischen sich ein, welche den beschriebenen schlingenförmigen Verlauf nehmen und die vordersten Bündel bilden, die von einem Tractus zum entgegengesetzten Sehnerven gehen. Diese besondere Faieranordnung erklärt, wie Entartungsherde im Chiasma ihren Bau nie aufzuklären vermochten.

Es geht aus diesen mikroskopischen und makroskopischen Untersuchungen nicht hervor, ob wirklich jeder Tractus gerade die Hälfte der Fasern von je einem Sehnerven bekommt. Aber man kann mit Sicherheit darauf schließen, wenn man in Betracht zieht, welche Störungen der Thätigkeit die Vernichtung eines der beiden Tractus zur Folge hat.

*Hirschberg*<sup>1)</sup> führt folgenden Fall an: Ausfall der rechten Gesichtsfeldshälfte. Grenze des Gesichtsfelds senkrecht durch die Mitte beiderseits. — Leichenbefund: Sarcom im linken Stirnlappen. Druckschwund des linken Tractus.

<sup>1)</sup> *Hirschberg*, Virch. Arch. LXV.



*Gowers*<sup>1)</sup>: Ausfall der linken Gesichtsfeldhälfte. — Leichenbefund: Geschwulst des Temporo-Sphenoidallappens rechts mit Ergriffensein des Tractus, der bis nahe an die Sehnervenkreuzung im Schwund begriffen war.

Der Tractus opticus theilt sich in der Nähe des äußeren Kniehöckers in zwei Wurzeln, die steil aufsteigen, die eine um auf den äußeren Kniehöcker und das Kissen überzugehen, die andere auf den inneren Kniehöcker und auf die Vierhügel. Erstere Wurzel läßt sich zum Kissen hin verfolgen. Nach *Huguenin*<sup>2)</sup> gelangen die Fasern oberhalb des äußeren Kniehöckers zum Sehhügel und strahlen im stratum zonale aus; unterhalb des Kniehöckers gehen sie zum Kissen, wo sie mit den Strahlenfasern des Sehhügels verlaufen. Die andere Wurzel des Tractus geht durch den inneren Kniehöcker und längs des vorderen Verbindungsarms der grauen Masse der corpora bigemina anteriora. Diese Wurzel hat eine geringere Stärke als die erste. Es scheint, daß sie aus dem inneren Kniehöcker zu den corpora bigemina hin mit weniger Fasern austritt, als sie vom Tractus her mitgebracht. *Meynert* nimmt an, und *Huguenin* stimmt ihm darin bei, daß die innere Wurzel der Sehnerven von dem inneren Kniehöcker auch zu den corpora bigemina posteriora hin Fasern schicke.

Die Fasern, die im Sehhügel aus einander strahlen, gehen nach *Huguenin* zum hintersten Kern desselben, dem sogenannten centrum medianum von *Luys*, und laufen in gleicher Richtung mit einer Anzahl Fasern, die vom Strahlenkranz stammen und von denen einige in diesen Kern des Sehhügels einlaufen. Diese beiden Faserordnungen kommen quer zu anderen weißen Nervenfasern zu liegen, welche durch die Brücke hinabziehen. Die gegenseitige Durchkreuzung der Sehfasern und derjenigen des Strahlenkranzes mit den Zügen der Fasern der lamina medullaris ist sehr bemerkenswerth. Zwischen diesen Fasern liegen graue Massen des Sehhügels, die reich an Zellen mit vielen Fortsätzen sind. In dieser

1) *Gowers*, Cent. f. m. W. 1878.

2) *Huguenin*, Allgem. Pathol. der Krankh. des Nervensystems. 1877.



befonderen Anordnung, glaubt *Huguenin*, werde die Verbindung der Fasern des Sehnerven durch die Strahlenkranzfasern mit der Rinde des Hinterhauptlappens und durch andere Fasern mit der Brücke und dem Rückenmark hergestellt. Nach *Huguenin* enthalten auch die hinteren corpora bigemina Wurzelfasern des Sehnerven: dieselben sollen einerseits zum inneren Kniehöcker ziehen, andererseits sich mit den obengenannten Fasern des Strahlenkranzes und des Kiffens vereinigen.

*Stilling*, welcher der makroskopischen Untersuchung und der Darstellung durch Zerfaserung großen Werth beilegte, beschrieb eine neue Wurzel des Sehnerven. Vom Tractus spaltet sich unterhalb des äußeren Kniehöckers die dickste Wurzel ab, diese senkt sich in den Hirnschenkel. Sie enthält Verbindungsfasern, sowie gekreuzte und ungekreuzte Fasern. *Stilling* bezeichnet diese Wurzel als die absteigende; sie besteht aus zwei Bündeln, einem stärkeren, mindestens 2 cm. langen, das zur unteren Olive geht, und einem anderen, das zur Brücke zum Ganglion von *Luys* hinzieht. Eine zweite kleine Wurzel, welche getrennt von der vorigen aus dem Tractus kommt, wurde von *Stilling* noch außerdem beschrieben. *Schwalbe* glaubt, daß diese neuen *Stilling'schen* Wurzeln das Gleiche seien wie die *Meynert'schen* Fasern, die man für eine quere Verbindung zwischen den Sehhügeln und den inneren Kniehöckern hält. Schon *Meynert* hatte ja seine Verbindungsfasern bis zu den Wurzeln der Oliven verfolgen können. Sowohl *Luys* als *Meynert* hatten Wurzelfasern beschrieben, welche zum hintersten Kern des Sehhügels liefen. Ihnen stimmt *Nothnagel* in Allem bei, welcher der Ansicht ist, daß eine Verletzung der tiefen Theile der Hirnschenkel keinen Einfluß auf die Sehfähigkeit habe.

Ich kann nach meinen Untersuchungen *Stilling's* Anschauung nicht beipflichten. Das Aussehen bei unbewaffnetem Auge kann freilich zu solch einer Täuschung führen, denn in einem Längsschnitt durch den Tractus unter der Brücke könnte man wirklich glauben, daß er eine Anzahl Fasern in letztere hineinschickt, ganz wie es die Abbildungen Tafel IX, 1 2 4, bei *Stilling* darstellen;



aber feine Schnitte, nach *Weigert's* Methode behandelt, zeigen ganz deutlich (Fig. 12), daß diese Faferbündel, welche die Hirnschenkel durchkreuzen, nicht zum Tractus (t o) gehören, sondern hauptsächlich aus Bindegewebszügen bestehen. Die wenigen darin enthaltenen Nervenfasern haben eine andere Richtung. Wie man auch die Schnitte führen mag, so sieht man doch immer deutlich, daß der Tractus (t o), wo er in der Nähe der Hirnschenkel hinzieht, seine Fasern durchweg in einem festen Bündel vereinigt behält. Etwas vor dem äußeren Kniehöcker (c g e), wo *Stilling* das starke Bündel, das um den Hirnschenkel sich herumschlagend nach hinten zieht, aus dem Tractus entspringen sehen wollte, konnte ich einen solchen Zusammenhang nicht bestätigen. Das Bündel besteht allerdings, ist aber fast rein bindegewebig: die wenigen Nervenfasern, die es enthält, stammen nicht aus dem Sehnerven. In dichter Nähe beim äußeren Kniehöcker beginnt der Tractus in seinem innersten Theil auseinander zu fasn, und die Fasern nehmen hier eine Richtung nach innen, ganz anders als es der Fall sein müßte, wenn sie zum innersten, unteren Theil des inneren Kniehöckers ziehen sollten. Im inneren unteren Theil des äußeren Kniehöckers finden sich strahlenförmig von innen nach außen auseinander gehende Fasern. Man muß daraus schließen, daß die innersten Fasern der Wurzel, die zum äußeren Kniehöcker gehen, schlingenförmig verlaufen, mit der Convexität des Bogens nach außen, und daß die nach anderen Seiten abgehenden Fasern des Sehnerven diesen Verlauf nehmen. Es war nicht möglich, alle diese Einzelheiten in der kleinen Abbildung Nr. 12 wiederzugeben. Dort wo der Tractus sich vom Hirnschenkel ablöst, unterhalb der Wurzel f o, die zum äußeren Kniehöcker geht, sieht man Fasern, welche sich in den Hirnschenkel einsenken, die aber nicht zum Sehnerven gehören (Fig. 12, f). Wo die Fasern des Tractus sich von einander scheiden, in der Wurzel zu den Kniehöckern, lösen sich Fasern (f l) ab, welche für sich längs des Hirnschenkels ziehen, ohne sich aber in denselben einzusenken; sie liegen in der Masse des Sehhügels und scheinen zum *Luys'schen* Kern zu gehen; ich habe



sie freilich nicht im Zusammenhang bis dorthin verfolgt, habe aber weiterhin Fasern gefunden, die ich mir nur als Fortsetzung derselben zu deuten wußte. Einige derselben biegen um, um sich einem Zug Sehnervenfasern anzuschließen, den ich später näher beschreiben werde und der am Fuß des inneren Kniehöckers liegt. Das Bündel der Sehnervenzwurzel, das sich in den hinteren Theil des Sehhügels verliert, ist äußerst zart; es entspricht in seiner Stärke etwa dem *Meynert'schen* Commissurbündel. Seine Fasern verlaufen nicht in einem einfachen Bündel, sondern in kleinen Einzelbündeln von verschiedener Dicke. Ich konnte nicht mit Bestimmtheit nachweisen, ob diese Fasern wirklich dem *Meynert'schen* Bündel entsprechen und glaube, daß dies beim Menschen überhaupt sehr schwer sein dürfte.

Jene Wurzel des Sehnerven (Fig. 12, f o), die sich zum äußeren Kniehöcker begiebt, schickt Fasern in das Innere dieses Ganglions, welche dort zu endigen scheinen. Auf der Oberfläche seines oberen Abschnitts sieht man reichlich Fasermaschen, die mit denen in Zusammenhang stehen, welche sich in der oberflächlichen Schicht des Kiffens finden und welche die unmittelbare Fortsetzung der Sehnervenfasern sind. Ich habe mich ganz besonders bemüht, die Verbindungen, welche das Kiffen durch Sehnervenfasern mit anderen Abtheilungen eingeht, zu untersuchen. Ich konnte dabei mit Sicherheit feststellen, daß eine Anzahl Fasern vom hinteren Theil des Kiffens nach rückwärts zum inneren Kniehöcker ziehen; in der Nähe des Fußes desselben angelangt, treten sie in Verbindung mit Faserbündeln, die aus demselben austreten. Die Vereinigung findet etwas vor und unterhalb des inneren Kniehöckers statt, wo sich verschiedene Haufen von Nervenzellen finden. Dieses Faserbündel geht in der Richtung nach hinten und unten in die Tiefe. Zu demselben hin zieht ein Theil jenes zarten Bündels, das wir auf der oberen Fläche des Hirnschenkels gegen das *Luys'sche* Ganglion hatten verlaufen sehen. Offenbar bilden diese Bündel, die vom vorderen Theil des seitlichen Kniehöckers und vom hinteren Theil des Sehhügels stammen, wenigstens einen Theil jener Wurzeln des Seh-



nerven, welche *Huguenin* in den laminae medullares mit den Strahlenkranzfasern sich kreuzen läßt.

Beachtet man, daß *Meynert* einige Fasern seines queren Verbindungsbündels bis zur Olive hinab hat verfolgen können, und daß eine Anzahl Fasern des *Meynert'schen* Bündels zum beschriebenen Plexus zu gehen scheinen, so gewinnt dieser die größte Bedeutung, denn in ihm vereinigen sich die Fasern, welche von den großen Sehganglien zum Rückenmark und zu den *Gratiolet'schen* Bündeln des Strahlenkranzes hinziehen. Auf dem Kissen und dem äußeren und inneren Kniehöcker breitet sich ein Netz von Endfasern des Sehnerven aus, so daß man zur Annahme berechtigt ist, daß alle Theile der Sehganglien nicht nur in einer wechselseitigen Verbindung untereinander stehen, sondern auch mit jedem Bündel und jeder centralen Wurzel der Sehnervenfasern verbunden sind.

Dieser Befund stimmt ganz und gar zu den Veränderungserrscheinungen, die ich in den Sehganglien des Hirnstamms in dem beschriebenen Fall von Schwund beider Sehnerventractus beobachten konnte. Diese Veränderungen erschienen dem unbewaffneten Auge als kaum merklicher Schwund der inneren oder äußeren Kniehöcker (Fig. 5, c g e), und starker Schwund der hinteren Fläche der Sehhügel und der Vierhügel. In der Abbildung 5 giebt sich der Schwund des Kissens (p u) hauptsächlich durch die Art, wie der Sehhügel nach vorn gedrängt ist, so daß der innere Kniehöcker (c g e) ganz frei liegt, zu erkennen. Mikroskopisch erkannte man eine Verminderung der centralsten Fasern beider äußeren Kniehöcker. Die Nervenzellen in diesen waren verkleinert und vielfach ganz geschwunden. Nach *Weigert's* Methode untersucht, zeigten sie sich hier und da als unförmliche Massen, an denen die Veränderungen im Feineren schwer zu unterscheiden waren<sup>1)</sup>. Die oberflächlichsten Zellen der hinteren Theile des Seh-

<sup>1)</sup> Aus dem Anblick bei unbewaffnetem Auge hatte man nicht auf den Schwund so vieler Zellen schließen können, da die äußeren Kniehöcker im Umfang kaum verloren zu haben schienen, und ich muß *Michel* durchaus bei-



hügels waren hier und dort geschwunden, ihre Zahl verringert. Die Endmaschen der Sehnervenfasern auf dem Mantel des Sehhügels auch spärlicher.

Im inneren Kniehöcker vermochte ich keine Entartung zu erkennen. Die Vierhügel konnte ich nicht daraufhin untersuchen, da ich dieselben zu anderem Zwecke brauchte. Mit unbewaffnetem Auge betrachtet scheinen sie etwas geschwunden zu sein. In Abbildung 3 erkennt man den Schwund des Warzenhöckers auf der dem geschwundenen Nerven entsprechenden Seite. Die Fasern, die vom tuber cinereum zum Chiasma gehen, sah ich wie *Scheel* geschwunden. Die aus diesem stammenden Fasern gehen zur gleichnamigen Seite des Chiasma, indem sie sich mit den Fasern des *Gudden'schen* Verbindungsstrangs durchweben. Wahrscheinlich nehmen sie Theil an der Bildung des ungekreuzten Bündels. In Abbildung 9 sieht man diese Durchwebung nur auf der Seite des gefunden Sehnerven.

Andere Untersucher konnten bei Schwund der tractus des Sehnerven die gleichen Veränderungen an den Sehganglien feststellen.

*Schüle*<sup>1)</sup> sah bei Schwund des rechten Sehnerven die ganze linke Hälfte der Vierhügel mitlammt dem Sehhügel entartet.

*Mandach*<sup>2)</sup> fand bei aufsteigender Entartung des rechten tractus Schwund des äußeren Kniehöckers rechts und der vorderen Hälfte der Vierhügel.

*Gudden* sah auch Schwund der hinteren.

*Huguenin* fand bei einer seit fünfzig Jahren auf dem linken Auge blind gewesenen Frau Schwund des linken Sehnerven, des linken äußeren Kniehöckers, der Vierhügel links und des linken Sehhügels.

---

stimmen, wenn er sagt, daß das makroskopisch unveränderte Aussehen eines Theils noch nicht eine Entartung seiner Bestandtheile ausschließe, weder seiner Nervenzellen, noch seiner Nervenfasern.

<sup>1)</sup> *Schüle*, *Nagel's Jahresb.* 1870.

<sup>2)</sup> *Mandach*, *Virch. Arch.* LVII.



*Chruvelier u. Lelut*<sup>1)</sup> sahen in vielen Fällen, daß sich die Entartung des Sehnerven über den äußeren Kniehöcker hinauf erstreckte.

Auch *Prevost*<sup>2)</sup> und *Samuelsohn*<sup>3)</sup> geben ähnliche Mittheilungen.

*Leber*<sup>4)</sup> fand in vielen Fällen von aufsteigender Entartung des Sehnerven amyloide Körperchen im äußeren Kniehöcker und auch im Mantel des Sehhügels.

*Forel*<sup>5)</sup>, *Gudden*<sup>6)</sup> und Andere fanden bei Schwund beider tractus beim Hunde Schwund der äußeren Kniehöcker, der Vierhügel, des Kiffens.

*Tartuferi*<sup>7)</sup> fand bei Schwund der tractus optici bei Kaninchen weder im hinteren Kniehöcker, noch im hinteren Theil des Sehhügels, noch auch im vorderen Kniehöcker irgend welche Entartung der Fasern, die diesen Bereichen angehören, dagegen waren die Faferzüge des grauen Mantels der vorderen Vierhügel geschwunden, und er legte denselben darum eine Bedeutung für die Sehempfindung bei, während er den Vierhügeln und den eminentiae thalamo-geniculatae eine Bedeutung für die optischen Vorgänge zuschreibt und sie für Reflexcentren hält. Die Sehfasern fand *Tartuferi* eben in jenen Fasern, die wie die Sehnerven verlaufen, die optischen sollen nicht in den Sehnerven gehen, sondern den oberen, hinteren Theil des Chiasma bilden als Verbindungsfasern (Commissur). Ich habe weiter beschrieben, wie die optischen Fasern *Tartuferi*'s beim Menschen im medialen Kniehöcker sich den Sehfasern anschließen. *Tartuferi* ist der Ansicht, daß die optischen Fasern mit der Masse des tuber cinereum in Verbindung treten und meine Beobachtungen können dies vollkommen bestätigen. Ebenso bin ich geneigt, auch den von *Tartuferi* als optisch bezeichneten Fasern

<sup>1)</sup> Mitgetheilt von *Longet*, Anat. physiol. du syst. nerv., 1842.

<sup>2)</sup> *Prevost*, Arch. de physiol. norm. et pathol.

<sup>3)</sup> *Samuelsohn*, Berl. Klin. W., 1880.

<sup>4)</sup> *Graefe*, und *Saemisch* V.

<sup>5)</sup> *Forel*, *Nagel's* Jahresbericht., 1881.

<sup>6)</sup> *Gudden*, A. f. O. XXV.

<sup>7)</sup> *Tartuferi*, Contributo anatomico sperimentale alla conoscenza del tratto ottico, Torino, 1881.



eine Theilnahme an den Veränderungen bei Schwund der Sehnerven zuzusprechen. Sie scheinen mir auf der Seite des erkrankten Sehnerven an Masse abzunehmen.

Die Untersuchungen von *Meynert*<sup>1)</sup> bestätigen das Vorhandensein der von *Tartuferi* beschriebenen Fasern in den Vierhügeln des Menschen. Beim Menschen wird jedoch einem Theil derselben eine optische Function zugeschrieben; *Meynert* beschreibt nämlich eine Ordnung von Bündeln in dem vorderen Vierhügelpaar, welche die ganze Kernmasse des Sehnerven mit den Ursprungskernen der Muskelnerven des Auges verbinden. Vom Kern des Oculomotorius und des Trochlearis strahlen einige Fasern nach oben gegen die vorderen Vierhügel aus. Dieselben bilden mit den Zellen, mit denen sie in Verbindung stehen, ein Reflexcentrum für die Bewegungen der äußeren und inneren Augenmuskeln.

*Schiff*<sup>2)</sup>, *Longet* und *Flourens*<sup>3)</sup> fahen bei elektrischer Reizung der Vierhügel, sowohl des hinteren Theils der vorderen als der hinteren, Bewegung der Regenbogenhaut, sowie des ganzen Augapfels beiderseits. *Longet*, *Magendie* und *Schiff* fahen bei Reizung des Sehhügels mit dem elektrischen Strom keinerlei Bewegung am Auge.

Aus den angeführten Versuchen ergibt sich, daß das Kissen keinerlei optische Bedeutung hat, wenigstens für die Bewegungen des Augapfels. Dagegen sprechen einige Krankheitsfälle für eine Bedeutung derselben für die Sehempfindung.

Fall von *Hughlings-Jackson*<sup>4)</sup>: Laterale linksseitige Halbblindheit bei einem 75jährigen Mann in Folge von Apoplexie. Der Leichenbefund ergab eine Höhle im hinteren Theil des Sehhügels, sein Gewebe zeigte sich beim Durchschneiden etwas erweicht, namentlich im hinteren Theil; das Kissen war zerstört, aber die Erweichung ging nicht über den Sehhügel hinaus, dessen vorderer Theil sogar noch ganz unverfehrt war.

<sup>1)</sup> *Meynert*, *Nagel's Jahresb.*, 1877.

<sup>2)</sup> *Schiff*, *Lehrb. d. Physiol. d. Mensch.* I.

<sup>3)</sup> *Longet*, *Flourens*, *Sur les propriétés et les fonct. du Syst. nerv.*

<sup>4)</sup> *Hughlings-Jackson*, *The Lancet*, 1874.



Fall von *Pflüger*<sup>1)</sup>: Halbblindheit links bei einem 62jährigen Mann. Die Grenze der Blindheit ging durch die Mitte des deutlichsten Sehens. Der Leichenbefund ergab einen Blutungsherd von der Größe eines kleinen Apfels im rechten Streifenkörper und im unteren Theil des rechten Sehhügels. Andere Beobachtungen am Krankenbett stimmen mit diesen Befunden überein.

Die Verhältnisse des Baues der optischen Wege beim Menschen erlauben nicht, die Deutung ihrer Lebenseigenschaften, die man den entsprechenden Theilen beim Kaninchen giebt, einfach auf den Menschen zu übertragen, d. h. zwei in ihrer Thätigkeit scharf getrennte Abtheilungen anzunehmen, indem man dem Sehhügel und dem lateralen Kniehöcker eine «optische», den Vierhügeln aber eine «visive» Bedeutung zuerkennt.

Beim Schwund der tractus des Sehnerven beim Menschen schwinden mit den Vierhügeln zugleich das Kissen und der äußere Kniehöcker. Auch verlegen *Meynert* und andere Untersucher die Verbindungsbahnen zwischen den optischen Erfolgen und den visiven Reizen unterhalb der Vierhügel. Die besonderen Verbindungen, welche die Sehcentren des Mittelhirns durch die Sehnervenfasern untereinander eingehen, scheinen mir für die Annahme zu sprechen, daß jedes Nervenfaserbündel und jedes Fasernetz, welches in Zusammenhang mit den Ganglien steht, von gleich großer Bedeutung für das Sehen sei. Findet man irgendwo eine Verkettung von Sehfasern mit Fasern, welche eine zu optischen Zwecken erfolgende Bewegung vermitteln, so sagt dies noch nicht, daß jener Bereich, wo diese Verbindung stattfindet, nur der Vermittlung des optischen Erfolges diene. Ich spreche demnach dem Kissen, wie den Vierhügeln und den Kniehöckern, die gleichen Eigenschaften und den gleichen Grad der Wirkungsfähigkeit zu. Auch die Zellen des Kissens und der Kniehöcker nehmen an der Erregung Theil, die durch den Lichtreiz im Centrum der Pupillarbewegung hervorgerufen wird, d. h. in jenem Centrum, welches unter den Vierhügeln liegt.

<sup>1)</sup> *Pflüger*, Bericht über die Berner Augen-Klinik.



Das Zusammenwirken von Kissen, Kniehöcker und Vierhügeln ergibt sich auch aus den Erscheinungen bei Herdzerstörung in nur einem dieser Theile; dann treten nicht nur beschränkte Faserbezirke außer Thätigkeit, sondern alle, die mit den Sehganglien in Verbindung stehen; es entsteht Halbblindheit auf der gleichnamigen Seite. Dies zeigen die oben schon angeführten Fälle von *Pflüger* und *Jackson*<sup>1)</sup>.

## DRITTER THEIL.

### Die Sehfähigkeiten der Hirnrinde bei den höheren Wirbelthieren.

#### Erster Abschnitt.

*Begriff des cerebralen Sehens. — Verschiedene Ansichten über die Lehre der Localisationen. — 1. Ist der Vorgang des reinen Sehens und des feelischen Sehens bei den höheren Wirbelthieren eine functionelle Aufgabe der Hirnrinde? — 2. Sind die Sehstörungen bei Zerstörungen im Gehirn immer Folge von Verletzung von Theilen, die dem Sehen dienen?*

Das cerebrale Sehen ruft die Empfindung des Bildes des gesehenen Gegenstands hervor und erweckt eine Reihe von Vorstellungen und Urtheilen. Das erstere, die Empfindung des Bildes, beschränkt sich auf den einfachen Vorgang der Wahrnehmung des Vorhandenseins des gesehenen Gegenstands; das übrige schließt einen feelischen Vorgang in sich in der Erkennung und dem Schluß von dem Sehen des Gegenstands auf seine Eigenschaften. Das feelische Sehen ist eine nur den Großhirnhalkugeln der Säugethiere zukommende Fähigkeit. Die Thiere niederer Wirbelthierklassen sehen wohl auch, aber das Bewußtsein des Bildes ruft

<sup>1)</sup> *Müller* (Berl. Klin. Wochenschrift 1878) und *Bernhardt* (Berl. Klin. W. 1875) fanden bei Verletzungen im Linsenkern keine Halbblindheit durch Entartung der optischen Randbündel, sondern gekreuzte Amblyopie mit bedeutender Herabsetzung der Sehschärfe auf dem Auge der gleichen Seite. Diese Beobachtungen am Krankenbett können Bedeutung gewinnen, wenn sie durch andere Fälle bestätigt werden und wenn es gelingt, den Grund zu finden, warum diese Krankheitserscheinungen so ganz von der allgemeinen Regel abweichen. Es ist übrigens zu beachten, daß in den Fällen gleichnamiger äußerer Halbblindheit die Kranken nur für das Auge auf der dem Zerstörungsheerde im Hirn entgegengesetzten Seite Sehstörungen angeben,



bei ihnen nur eine Reihe von Reflexvorgängen hervor, durch deren Vermittlung ihnen eben diese Sehempfindungen Nutzen bringen.

Einige Urtheile über das Gesehene sind rein subjectiv und folgen, mehr als besonderen Eindrücken, der Erinnerung und anderen Urtheilen, sei es instinktiven, sei es erworbenen, aus der Erfahrung gezogenen (Raumfinn). So ist das Ausfallen der Fähigkeit eine bestimmte Bildart richtig zu deuten, wie z. B. bei der Alexie die Unmöglichkeit Buchstaben zu erkennen, unabhängig von den Vorgängen des reinen Sehens, aber die Folge des Unvermögens feelischer Wahrnehmung. So ist die Fähigkeit des feelischen Sehens eine um so höher ausgebildete, je mehr der Vorgang, aus dem sich derselbe ergibt, mit den anderen Sinnen in Verbindung tritt. Es ist ein Irrthum zu glauben, das Ergebniß des cerebralen Sehens sei bei allen Wirbelthierarten und den Säugethieren das gleiche, so wie es auch ein Irrthum ist, jeglichen Vorgang beim Sehen nur in die Rindenmasse der Gehirnhalbkugeln verlegen zu wollen.

In Folgendem gebe ich die Zusammenstellung der von den verschiedenen Untersuchern gemachten Beobachtungen, welche ich näher betrachten will.

*Fritsch* und *Hitzig* fanden 1870 die Erregbarkeit der Hirnrinde für den elektrischen Strom und unterschieden nach dem physiologischen Verhalten zwei Bereiche an derselben: den vorderen Bereich, dem die Bewegungen unterthan sind, und den hinteren Bereich für die Empfindungen.

Die Entdeckung der Centren in der Hirnrinde für Bewegungen und Empfindungen in bestimmten abgegrenzten Bereichen zog die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich, umsomehr, als bedeutende Stimmen (*Longet*<sup>1)</sup>, *Cuvier*, *Renzi*<sup>2)</sup>, *Goltz*<sup>3)</sup>, *Schiff*<sup>4)</sup>) gegen die

<sup>1)</sup> *Longet*, a. a. O.

<sup>2)</sup> *Renzi*, Saggio di fisiologia sperimentale sui centri della vita psichica. Annali di medicina, vol. 187, 189. Milano, 1863.

<sup>3)</sup> *Goltz*, Beitr. zur Lehre von d. Funct. d. Nervencentra des Frosches. Berlin, 1869.

<sup>4)</sup> *Schiff*, Physiologie d. Nervensyst. Bonn, 1859.



von *Flourens*<sup>1)</sup> sich erhoben, welcher den Satz aufstellte, daß jeder Theil der Hirnrinde zugleich Bewegungs-, Sinnes- und Empfindungseindrücke beherrsche.

*Hitzig* war der erste, welcher<sup>2)</sup> das Centrum für das Gesicht in der Rinde der Hinterhauptslappen beim Hunde begrenzte. Verletzungen in diesem Bezirk haben Blindheit des Auges der entgegengesetzten Seite mit Lähmungserweiterung der Pupille zur Folge.

*Ferrier*<sup>3)</sup> bestätigte diese Befunde und stellte fest, daß Reizung einer bestimmten Stelle der Rinde des Hinterhauptlappens Bewegungen des Auges der entgegengesetzten Seite, sowie Veränderung der Weite der Pupille hervorruft. Wird dieser Bereich entfernt, so tritt Blindheit auf dem bezeichneten Auge auf.

Die verschiedenen Untersucher, die sich mit dieser Frage beschäftigt haben, traten bald für die eine, bald für die andere Ansicht ein. Für *Ferrier's* Anschauung erklärten sich *Munk*<sup>4)</sup>, *Dalton*<sup>5)</sup>, *Luciani*, *Tamburini*<sup>6)</sup>, *Charcot*, *Musehold*<sup>7)</sup> und andere mehr. Auf der anderen Seite steht vor Allem *Goltz*<sup>8)</sup>.

*Munk* begrenzt den Sitz des Sehens auf die Rinde der Hinterhauptlappen allein. Dieses Centrum soll beide Augen beherrschen. Verletzung eines Theils desselben (A 1) soll vollkommene Blindheit der Fasern des gelben Flecks des Auges auf der entgegengesetzten Seite zur Folge haben. Der gleiche Bereich (A 1) beherrsche auch das feelerische Sehen, so daß mit der centralen Blindheit auch für längere oder kürzere Zeit Verlust der Erinnerung des Bildes und

1) *Flourens*, Recherches experimentelles sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. Paris, 1874.

2) *Hitzig*, Centralblatt für die Medic. Wissenschaften, p. 548.

3) *Ferrier*, The functions of the Brain. London, 1876.

4) *Munk*, Ueber die centralen Organe für das Sehen und das Hören. Sitz. Preuß. Akad. d. Wissen. Berlin, 12. Juli 1883. — Ueber die Functionen der Groshirnrinde. Berlin, 1881.

5) *Dalton*, The medical Record, 1881.

6) *Luciani*, *Tamburini*, Riv. sper. di freniatria, 1879.

7) *Musehold*, Das Sehcentrum bei Tauben. Dissertation. Berlin, 1878.

8) *Goltz*, Ueber die Verrichtungen des Großhirns. *Pflüger*, Arch. Bonn, 1881.



des Urtheils über das Gesehene verknüpft ist (Seelenblindheit). Zerstörung aller Sehbereiche der Rinde führt zu dauernder, vollkommener Blindheit (Rinden-Blindheit). *Munk* und seine Schule dehnten ihre Untersuchungen auch über niedere Thiere aus.

*Blaschko*<sup>1)</sup> beobachtete, daß der Frosch, wenn man die Großhirnhalkugeln abträgt, noch Seheindrücke aufnimmt, im Gedächtniß hält und bei seinen Bewegungen verwerthet; er schloß, daß diese Thiere gewöhnlich auch kein feineres Gesicht haben. Er machte Versuche an Tauben und stellt für diese das Vorhandensein von Centren des Sehens in der Rinde der Hinterhauptlappen fest. Daß die Entfernung der Hinterhauptlappen bei diesen Thieren nicht vollkommene Blindheit verursacht, führt er auf die Unmöglichkeit zurück, die Sehbezirke vollständig herauszunehmen.

Je vollständiger es gelungen, diesen Sehbezirk abzutragen, um so vollständiger ist auch die Blindheit, um so eingengter das Gesichtsfeld. Er sucht die Erklärung für diesen Unterschied der Lebesenseigenschaften des Gehirns vom Frosch und der Taube in Folgendem: bei dem Frosch sind die Sehhügel mit grauer Masse bekleidet und so können hier die Sehnervenfasern ihr Ende finden, bei der Taube hingegen besteht die Hülle des Sehhügels nur aus weißer Masse, und die graue Masse, in der die Sehnervenfasern endigen, liegt in den Hinterhauptlappen.

Auch *Musehold* machte Untersuchungen über das Sehcentrum bei den Tauben und sah nach Wegnahme der Rindenmasse der Hinterhauptlappen vorübergehende Blindheit auf dem Auge der entgegengesetzten Seite folgen.

*Munk* ist der Ansicht, daß Tauben, denen man das Großhirn herausgenommen hat, die Fähigkeit zu sehen vollständig verlieren und sowohl physisch als seelenblind werden. Er vertheidigt die Ansicht von *Flourens*, den er für den einzigen hält, dem es gelungen sei, den Tauben das Gehirn wirklich vollständig herauszunehmen; er tritt den Behauptungen von *Brown-Séquard*, *Cuvier*, *Longet*, *Renzi*

<sup>1)</sup> *Blaschko*, Das Sehcentrum bei Fröschen. Berliner Dissertation. 1880.



entgegen, welche den Hirnhalbkugeln bei den Tauben einen so weitreichenden Einfluß nicht zuerkennen, sondern das Centrum der Empfindungen im Mittelhirn suchen, die Wahrnehmungen, den Willen und die Begriffsbildung aber in den Großhirnhalbkugeln.

*Dalton* schließt sich an *Ferrier* an, indem er beim Hund das Sehcentrum für das Auge in den gyrus angularis der entgegengesetzten Seite verlegt.

*Luciani* und *Tamburini* trugen Stück für Stück in kleinen Theilchen die Rinde der verschiedenen Bereiche an den Hirnhalbkugeln ab und fanden so, daß auch Zerstörungen in dem sogenannten Bewegungs-Bezirk Störungen des Gesichtsinnes zur Folge hatten. Demnach ist das Sehcentrum beim Hund nicht auf den Hinterlappen allein beschränkt, sondern erstreckt sich auch bis in die Stirnbereiche. Bei den Affen ist dieser Bezirk enger umgrenzt; außer der Rinde des Hinterhauptlappens umfaßt er nur noch die Angularwindung. Auch die einwärts gefaltete Rindenmasse der Scheitelhinterhauptfurche gehört noch dem Sehbereiche an. *Luciani* und *Tamburini* waren die Ersten, die darauf aufmerksam machten, daß beim Hund und Affen sowohl die gekreuzten, wie die ungekreuzten Fasern eines Sehnerven nur mit einer Hirnhalbkugel in Verbindung stehen. Die gekreuzten sind die stärkeren an Zahl. Auch geben diese beiden Untersucher den Mittelhirnganglien die Bedeutung von Centren der Sehempfindung und sind der Ansicht, daß dieselben nach Zerstörung der Centren in der Rindenmasse diese zum Theil wenigstens zu ersetzen im Stande sein.

*Bianchi*<sup>1)</sup> verlegt beim Hund das Sehcentrum in die ganze zweite Windung, einen Theil der ersten und einen Theil der dritten; er bemerkt jedoch, die Grenzen seien keine scharfen, Zerstörung dieses Bezirks führe zu dauernder Halbblindheit. Er meint: der vordere Theil der zweiten Windung diene der einfachen Farben- und Lichtempfindung; der mittlere Theil der Erkennung der Gestalt

<sup>1)</sup> *Bianchi*, Sulle compensazioni cerebrali della corteccia cerebrale. Napoli, 1883.



und der Größe; der hintere endlich bringe diese beiden Bestandtheile des Sehens in Verbindung mit einander.

*Hitzig*<sup>1)</sup> hält daran fest, daß Verletzungen der vorderen Lappen der Halbkugeln durch Unterbrechung des Zusammenhangs zwischen vorderen Hirnthellen und dem Sitz des Sehens im Hinterhauptlappen zu Sehstörungen führe. *Hitzig* hält die Rindenmasse der Stirntheile für die Gebilde des abstracten Denkens; wird diese zerstört, so treten Sehstörungen auf durch Trübung der geistigen Vorstellung. Hunde werden gedächtnißschwach, selbst bis zu dem Maaß, daß sie eben erst gefehenes Futter vergessen. Diese Störungen sind aber nur vorübergehender Art. *Monakow*<sup>2)</sup> trug bei neugeborenen Katzen die *Munk'schen* Sehbezirke ab. Nach acht Wochen fand er Schwund des äußeren Kniehöckers, des Kiffens, der vorderen Vierhügel, der tract. optici. Er meint das gekreuzte Bündel im äußersten Theil des Sehcentrums zu finden. Er erwähnt aber nicht, welches die Sehstörungen waren, welche bei solchen Entartungen doch nicht gefehlt haben können. Einige seiner Versuchsthiere lebten bis zu sechs Monaten nach diesem Eingriff.

*Goltz* erkennt keinen Bezirk der Hirnrinde des Hundes als einer bestimmten Sehtätigkeit zugehörig an. Nach ihm erfolgen Sehstörungen sowohl nach Verletzungen des Hinterhauptlappens, als des Stirnlappens und des Scheitellappens. Er meint, der einzige Unterschied zwischen den verschiedenen Bereichen, auf denen sich die ganze Localisationslehre aufbaut, sei der, daß bei Zerstörungen in der vorderen Hälfte des Gehirns mehr die Ungeschicktheit der Bewegungen und Abstumpfung der Hautempfindung vorwalte, bei Zerstörung hinterer Theile mehr der Ausfall oder die Abstumpfung der specifischen Sinne, insbesondere des Gesichtsinns. Es sei dies auf das verschiedene Maß der Verletzung der leitenden Hirnbahnen zu beziehen. Die Herabsetzung des Gesichtsinns findet er an zwei Umstände geknüpft, nämlich an eine geistige Sehschwäche des Gehirns als Folge der weitgreifenden Zerstörung als reine

<sup>1)</sup> *Hitzig*, Archiv für Psychiatrie. Bd. XV. I.

<sup>2)</sup> *Monakow*, Archiv für Psychiatrie. Bd. XIV. 1883.



Hemmungserscheinung, oder die Abstumpfung des Gesichtsinns rührt her von einer vorübergehenden Thätigkeitsaufhebung durch Nebenwirkung, durch Umsichgreifen der Folgen der Verletzung. *Goltz* ist der Ansicht, daß die ausgedehntesten Verletzungen der Halbkugeln beim Hund nicht zu vollständiger Blindheit führen. Der Hund sieht nach dem Eingriff so gut wie ein unbeschädigter, aber er hat keine Einsicht in das, was auf ihn einwirkt, da sein Verstand abgestumpft ist. Doch meint *Goltz*, der vordere Theil der Hirnhalbkugeln habe nicht die gleiche Bedeutung wie der hintere.

*Loeb*<sup>1)</sup> hat die einzelnen Versuche von *Munk* wiederholt; er leugnet die Richtigkeit der Befunde *Munk's* durchaus. Ein Hund, dem der Bezirk A 1 herausgenommen worden, sieht doch noch mit dem Auge der entgegengesetzten Seite und zeigt auch keine Spur von Seelenblindheit. Demnach kann man die Sehcentren von *Munk*, *Luciani* und *Tamburini* entfernen, ohne daß eine solche Sehstörung aufträte. *Loeb* sah Störungen der Bewegungen und des Gesichtsinns auf Verletzung der Hinterhauptlappen und Scheitellappen folgen; häufig führt die Verletzung der Hinterhauptlappen auch nur zu Störung des Gesichtsinns. Er kommt zum Schluß, daß die neue Lehre von einem Sehcentrum in der Rindenmasse der Hinterhauptlappen darauf beschränkt werden müsse, daß bei Verletzung der Hinterhauptlappen die Sehstörungen stärker sind als die anderen Störungen.

Die ausgezeichnete Arbeit von *Luciani* und *Seppilli*<sup>2)</sup> bestimmt die Lage des Sehcentrums genau und gewissenhaft. Es ist unzweifelhaft, daß es diesen Untersuchern gelungen ist in vielen Punkten die Frage endgültig zu lösen. Das Sehcentrum des Hundes liegt nach ihnen nicht nur in der Rinde der Hinterhauptlappen, sondern dehnt sich noch längs der zweiten äußeren Windung bis zum Stirnlappen hin aus. Bei den Affen umfaßt es außer dem Hinterhauptbezirk auch den gyrus angularis.

<sup>1)</sup> *Loeb*, Die Sehstörung nach Verletzung der Großhirnrinde am Hunde. Inauguraldiss. Straßburg, 1884.

<sup>2)</sup> *Luciani* und *Seppilli*, Le localizzazioni funzionali del cervello. Napoli, 1885.



Die Theilnahme der Stirn- und Temporosphenoidallappen an der Bildung dieses Bezirks erklären sich *Luciani* und *Seppilli* so, daß dieselben keinen wesentlichen Bestandtheil, sondern nur Ausläufer des Sehbezirks enthalten, während die Scheitel- und Hinterhauptlappen den Kern und wesentlichen Haupttheil dieses Centrum bilden. Nach ihnen sind die Rindencentren der Sehempfindung sehr ausgedehnt. Das Sehcentrum nimmt mindestens zwei Drittel der Rindenoberfläche ein, liegt aber hauptsächlich auf den Hinterhauptlappen. Fast ebenso ausgedehnt ist der motorisch-sensorische Bereich, der seinen Hauptsitz in der Umgebung der S-förmigen Windung hat. Der Bereich des Gehörs ist enger begrenzt als die beiden eben genannten und hat seinen Hauptsitz auf den Scheitellappen; der Bereich des Geruchs nimmt kaum ein Drittheil der Oberfläche der Scheitelgegend ein. Verletzung des vorderen Theiles des Sehbezirks führte zu vorübergehenden Sehstörungen; Verletzung des hinteren Theils zu dauernden Störungen. Da nun aber diese beiden Untersucher auch bei tieferen und ausgiebigeren Abtragungen der Hirnmasse, als *Munk* sie vorgenommen, keine vollkommene Blindheit zu erzielen im Stande waren, so verwerfen sie die Hauptsätze der früheren Lehre der Localisation, die vollkommen umschriebene, scharf begrenzte Centren annimmt, und bei deren Richtigkeit Zerstörung der Hirnrinde vollkommenen Untergang der einzelnen Sinne nach sich ziehen müßte. *Luciani* und *Seppilli* sahen anfänglich vollständige Seelenblindheit auftreten, die dann allmählig wieder zu einer unvollständigen sich zurückbildete, aber als solche dauernd bestehen blieb, und schließen daraus, daß das Rinden-Sehcentrum die Sehempfindungen seelisch ausarbeite, die roh und unverstanden schon in den Mittelhirnganglien empfunden werden. Die Seelenblindheit wäre also das Ergebnis einer Herabsetzung der Thätigkeit des Rinden-Sehcentrums.

*Christiani*<sup>1)</sup> nahm bei Kaninchen die Hirnhalbkuugeln und den Sehhügel heraus und doch sahen die Kaninchen auch so verstüm-

<sup>1)</sup> *Christiani*, Bericht der kgl. Akad. der Wiss. Berlin, 1881 Febr. *Du Bois Reymond's Arch.*, 1884.



melt nicht nur, sondern wußten die Sehempfindung auch zu verwerthen.

*Couty*<sup>1)</sup> konnte trotz seiner großen Menge von Untersuchungen keinen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der Verletzung und der nachfolgenden Störung aufstellen. Er glaubt darum an keinerlei begrenzte Localisation in der Hirnrinde.

Die hieroben aufgezählten Ansichten lassen sich kurz so zusammenfassen. *Munk* und seine Anhänger nehmen für die Vögel und alle Säugethiere mit Einschluß des Menschen eine und dieselbe Anordnung an; die Rindencentren sollen das Monopol aller Sehthätigkeiten haben: Lichtempfindung, Farbenunterscheidung, Erkennung der Gestalt, Sehgedächtniß. Letzteres, die Erinnerung für das Gesehene, soll ein eigenes Centrum für sich haben. Ist dieses untergegangen, so sieht das Thier wohl noch, weiß aber das Gesehene nicht zu deuten. Dies Centrum soll aus einer Menge von Zellenhaufen zusammengesetzt sein, von welchen ein jeder der Erinnerung an einen bestimmten Gegenstand dient. Andere Untersucher wollen diese Ansicht von bestimmter Localisation des Bewußtseins nicht in solchem Umfang gelten lassen, andere vollends setzen ihre Richtigkeit vollkommen in Zweifel. Doch ist zu bemerken, daß die *Goltz'sche* Schule nur nach Beobachtungen am Hunde urtheilt.

Nach dem heutigen Stand der Untersuchungen dreht sich die Localisationsfrage um folgende drei Punkte:

1. Ist die reine und die feelische Sehthätigkeit bei den verschiedenen Arten von Wirbelthieren und allen Gattungen der Säugethiere wesentlich an die Hirnrinde gebunden?
2. Ist die Störung des Sehens bei Verletzungen der Hirnhalbkugeln eine unmittelbare Folge der Verletzungen dadurch entstanden, daß die Sehcentren in Mitleidenschaft gezogen sind, oder wirken diese Verletzungen nur auf die Ferne mittelbar, ohne für das Sehen wesentliche Theile getroffen zu haben?

<sup>1)</sup> *Couty*, Histoire et critique. des localisations cort. Gazette hebdomad. de m. et de chir. 1878. N. 21, 23.



3. Läßt sich bei den höheren Wirbelthieren und dem Menschen ein umschriebenes Sehcentrum in der Hirnrinde nachweisen?

Was die erste dieser Fragen, deren Untersuchung ich unternommen, anbetrifft, so zeigen die aufgeführten verschiedenen Meinungen, daß vor allem die absolute Bedeutung der Hirnhalbkugel für das Sehen festgestellt werden mußte. Man muß darum auf die Untersuchungen von *Flourens* und *Cuvier* zurückgreifen, um zu bestimmen, ob bei den höheren Wirbelthieren der Sitz des einfachen wie des feelfischen Sehens in den Hirnhalbkugeln gelegen ist. Man muß darum die Versuche nicht nur an Vögeln machen, sondern auch an niederen Säugethieren. Ich machte meine Versuche an Tauben, Kaninchen und Hunden. Meine zahlreichen diesbezüglichen Untersuchungen führten mich zu folgendem Ergebniss<sup>1)</sup>.

Eine Taube, der man die Hirnhalbkugeln herausgenommen hat, sieht nach wie vor. Die ersten Stunden nach dem Eingriff ist sie wohl stumpfsinnig, sieht aber das Licht, denn sie antwortet auf dasselbe mit Bewegung, sodann rückt sie allmähig mehr zu den beleuchteten Stellen hin, erkennt die Unterschiede im Raum, wählt sich ihren Platz in demselben. Noch späterhin unterscheidet sie sich in der Art, wie sie sich fortbewegt und sich im Raume zurechtfindet, gar nicht mehr von einer gefunden Taube. Belästigt man sie, so bleibt sie fast ganz ruhig; sie antwortet zwar, wenn etwas sie bedroht, mit leichter Fluchtbewegung des Kopfes und des Körpers, ohne jedoch aus ihrer Gleichgültigkeit aufgeschreckt zu werden. Sie sieht das Futter wohl, frisst es aber nicht; sie hat noch Raumfönn und erkennt auch bis zu einem gewissen Grad Schädlichkeiten, die ihr drohen; sie hat also außer dem reinen Sehvermögen noch einige Fähigkeiten behalten, die beim höheren Wirbelthier dem feelfischen Sehen zuzusprechen sind.

Bei mehreren meiner Versuchstauben fiel es auf, daß der Herausnahme der Halbkugelmasse rasch Erweichung des übrigen

<sup>1)</sup> Die genaue Mittheilung der Versuche findet man in der italienischen Ausgabe dieser Arbeit. Estratto degli atti della R. accademia medica di Roma, Anno XV. vol. IV. Serie II.



Gehirns mit Einschluß des lobus opticus folgte. Dies erklärt vielleicht, warum einige Unterfucher, z. B. *Munk*, *Flourens*, bei Tauben Blindheit nach der Wegnahme der Hirnhalb-kugeln auftreten sahen. *Munk* stellte die Beobachtungen an seinen Tauben zwei Monate nach dem Eingriff an, einige derselben erwiesen sich als vollkommen erblindet.

Kaninchen, denen fast die ganze Hirnrindenmasse weggenommen worden, sehen doch und vermögen sich über das Gesehene Rechenschaft zu geben. Man kann als Grundsatz aufstellen, daß Kaninchen noch zu sehen und alle Hindernisse zu vermeiden im Stande sind, so lange nicht so viel Hirnmasse weggenommen ist, daß sie die Kraft zu gehen und auf Gesichtseindrücke zu antworten verloren haben. Selbst nach sehr weitgehender Verstümmelung sind sie immer noch für Lichteindrücke empfänglich.

Auch bei Hunden führt Verstümmelung, die weit mehr als jene Rindenbezirke zerstört hat, welche man als Sehcentrum ansehen wollte, doch nicht zu vollkommener Blindheit. Die Empfindlichkeit für Licht bleibt nach wie vor erhalten.

Diese Beobachtungen schließen mit Sicherheit aus, daß bei den Vögeln die Sehthätigkeit an die Hirnrinde gebunden ist; sie zeigen, daß bei den niederen Säugethieren (Kaninchen) die Bedeutung der Hirnhalb-kugeln schon eine größere ist, denn die allgemeinen Störungen sind bedeutender als bei den Vögeln, zugleich aber ergeben sie auf das bestimmteste, daß das Sehen nicht ganz und gar auf der Thätigkeit der Hirnrinde beruht. Bei den Hunden gilt dies ebenfalls wenigstens für die reine Lichtempfindung.

Die zweite Frage, die ich mir gestellt, war die, ob die Erscheinungen von Schädigung des Sehvermögens unmittelbare Folgen der Verletzung der Hirnhalb-kugeln als Sehcentren sind, oder ob diese Verletzungen ihre Wirkung auf das Sehcentrum nur aus der Ferne ausüben und auf diese Weise zur Störung der Sehthätigkeit führen.

Die Antwort war leicht zu geben. Es genügte, nur Theile, die mit dem Sehen nichts zu thun haben, zu zerstören und dann



festzustellen, ob die Sehfähigkeit durch die Verletzung ihr ganz fremder Theile auch gestört wird.

Als ich mich im vorigen Jahr mit den Reizausstrahlungen auf den Kern des sechsten Hirnnervenpaars bei Verletzung des Rückenmarks und der Ganglien der Basis beschäftigte, bemerkte ich, daß diese Ausstrahlung sich auch bis in den Bereich der Sinne erstreckt. Ich machte daraufhin besondere Untersuchungen an Tauben, Kaninchen und Ziegen und fand in der That, daß Verletzung der Ganglien der Basis, die nichts mit dem Sehen gemein haben und Verletzung des verlängerten Marks, ja selbst nur Druck auf Rückenmark und Brücke, vorübergehende Sehstörungen zur Folge haben.

Verletzung des Streifenkörpers bei Tauben und Kaninchen führt zu Sehstörung am Auge der entgegengesetzten Seite; beim Hund zu lateraler Halbblindheit geringerer Ausdehnung auf dem gleichnamigen Auge; Verletzung des verlängerten Marks oder Blutungen, die auf Rückenmark und Brücke jenen Druck ausüben, führen bei Hund und Ziege zu Halbblindheit auf dem Auge der entgegengesetzten Seite. Diese Störungen sind von verhältnißmäßig langer Dauer. In einzelnen Fällen (Verletzungen des vorderen Theils der Streifenkörper) überdauern sie sogar eine Zeitlang die Störungen der Bewegungsfähigkeit. Verletzungen in der weißen Masse der Vorderlappen führen zu keinen Sehstörungen der Art.

Nicht weniger wichtig ist die dritte Frage über den Sitz und den Thätigkeitsmechanismus der Rindencentren des Sehens. Die hierüber von Anderen angestellten Versuche sind sehr zahlreich. Kein Bezirk der Rinde (mit Ausnahme der unteren Fläche) wurde übergangen und auf jede der Verletzungen der Rindenmasse folgten Sehstörungen. Auch ich habe einige Versuche gemacht, um ein klareres Urtheil über die verschiedenen aufgestellten Ansichten zu gewinnen. Ich bin auf Grund derselben vollkommen überzeugt, daß nicht sowohl die Ergebnisse der vielfachen Versuche, als vielmehr nur ihre Deutungen von einander abweichen. Ich machte meine Versuche an Tauben, Kaninchen und Hunden.



Aus diesen Versuchen ergab sich, daß die Bedeutung der Hirnhalb-  
kugeln für die Erhaltung der einzelnen Vorgänge des materiellen  
Lebens des Thiers bei den Tauben eine ganz geringe ist; zur Er-  
haltung dieser genügt das Uebrigbleiben eines ganz kleinen Theils  
der Hirnhalb-  
kugeln.

Die Taube sieht, nimmt Futter und Trank, zeigt Furcht vor  
Drohungen auch nach Wegnahme der Hinterhaupt- und Scheitel-  
lappen. Unmittelbar nach dem Eingriff zeigt sie für Gefahren kein  
Verständniß; es ist dies aber nur eine vorübergehende Hemmungs-  
Erscheinung. Auch sucht sie sich während dieser Zeit kein Futter.  
Beginnt sie dann wieder zu fressen, so pickt sie anfangs die Körner  
ungeschickt auf oder vermag sie nicht recht zu schlucken, aber  
nach wenig Tagen ist sie wieder vollkommen im Besitz der ver-  
loren gegangenen Fähigkeiten.

Von zwei Tauben, die auch diese vorübergehenden Hemmungs-  
erscheinungen zeigten, wurden der einen die Hinterhauptlappen,  
der anderen die Stirnlappen weggenommen. Unmittelbar nach  
dem Eingriff waren keine Störungen des Gesichtsinns zu bemerken,  
sie entwickelten sich erst allmähig, um dann aber bis zum Tode  
der Thiere nicht mehr rückgängig zu werden. Beide Thiere ant-  
worteten nicht mehr auf Drohungen, wußten anfangs das Futter  
nicht mehr als solches zu erkennen oder es zu finden, später  
suchten sie gar nicht mehr darnach. Die Fähigkeit, sich im Raume  
zurecht zu finden, Entfernungen zu schätzen, Hindernisse in ihrem  
Wege zu vermeiden, behielten sie nach wie vor.

Bei der ersten dieser beiden Tauben zeigten sich die Scheitel-  
lappen erweicht, die Hinterhauptlappen unverändert. Bei der anderen  
hatte die Erweichung der Hinterhauptlappen, welche Sitz der Ver-  
letzung waren, auf die Scheitellappen übergegriffen; das Thier zeigte  
sich auch bis zu einem gewissen Grade taub, ein Zustand, der sich  
gegen das Ende hin etwas zu bessern schien. Es ist besonders  
hervorzuheben, daß ein Erweichungsherd im Hirn der Taube Seh-  
störung hervorruft, ob er nun in den Stirnlappen oder den Hinter-  
hauptlappen seinen Sitz hat, daß er Seh- und Gehörstörung zur



Folge hat, wenn er in den Parieto-Occipitallappen liegt. Es sind diese Störungen dann schärfer ausgeprägt als jene bei Tauben, denen man die Hirnhalbklugeln ganz herausgenommen hat.

Das Ergebniß der an Kaninchen angestellten Versuche scheint auf den ersten Blick mit den eben beschriebenen Beobachtungen im Widerspruch zu stehen, denn weitgehende Entfernung von Hirnrindenmasse hat nicht regelmäßig, selbst nicht unmittelbar nach dem Eingriff Erblindung zur Folge. Diese Verschiedenheit des Ergebnisses der Versuche läßt sich leicht durch das verschiedene Vorgehen bei Ausführung derselben erklären. Bei einem der Kaninchen wurde die Hirnmasse mit dem Glüheisen zerstört, und dieses wirkte so sehr in die Tiefe, daß es selbst die Vierhügel der entgegengesetzten Seite in Mitleidenschaft zog. Das Ergebniß war, daß das Thier zwar Gegenstände nicht zu unterscheiden schien, wohl aber noch für Licht empfindlich war. Die Sehförung hielt einige Tage an. Bei einem anderen Kaninchen folgte auf tiefe Verbrennung der Rinde des linken Temporo-Occipitallappens gleich und vorübergehend geringe Störung der Sehfähigkeit des Auges der entgegengesetzten Seite. Daraufhin wurde in einem zweiten Eingriff die Rindenmasse des rechten Stirn- und Scheitellappens abgetragen und der ganze Hinterhauptlappen entfernt. Der rechte vordere Vierhügel wurde seiner oberflächlichsten Schicht beraubt. Es trat danach starke Stumpflichtigkeit auf dem Auge der entgegengesetzten Seite und vorübergehende Herabsetzung der Sehfähigkeit auf dem gleichnamigen Auge auf. Ich sage Stumpflichtigkeit, denn das Thier stieß gegen alle Hindernisse an und rannte, in Schrecken versetzt, mit dem Kopf heftig gegen die Wand. Wahrscheinlich ist dies aber mehr Folge von Störung des Urtheils als der Sehfähigkeit, denn man muß im Auge behalten, daß sowohl verstümmelte als gesunde Kaninchen, wenn man ihnen die Augen verbindet, sich nur ganz vorsichtig oder gar nicht von der Stelle bewegen, nicht aber so stürmisch und urtheilslos, daß sie mit dem Kopf gegen Hindernisse rennen. Wahrscheinlich ist es bei den Kaninchen auch so wie bei den Tauben, wo Zerstörungsherde im



Gehirn auch entlegene Theile in Mitleidenschaft ziehen und zu größeren Störungen führen, als Entfernung von Stücken des Gehirns, selbst wenn sie größer an Masse sind als diese Herde.

Obigen Beobachtungen entsprechend trat beim Hunde, nach Zerstörung der Hirnmasse mit dem Glüheisen in der ganzen Dicke der Hirnhalkugel, aber ganz umschrieben in dem von *Munk* mit A I bezeichneten Bezirk, nur vorübergehend Halbblindheit auf. In der ersten Zeit nach dem Eingriff scheint das Auge der entgegengesetzten Seite ganz stumpfsichtig zu sein. Entfernung der Rindenmasse des Bezirks A I führt nicht zu bemerkenswerthen Sehstörungen.

Abtragung der Rindenmasse beider Sehbezirke *Munk's* hatte Erscheinungen von Abstumpfung der geistigen Fähigkeiten und des Sehens zur Folge. Stärker waren diese Erscheinungen bei einem Hunde, bei dem die Rinde zwar in enger begrenztem Bezirk, aber in größerer Dicke abgetragen worden war.

Bei zwei Hunden wurde die Rinde der Vorderlappen in großer Ausdehnung und wiederholt gebrannt. Bei einem derselben erstreckte sich die Verletzung auf der einen Seite von der Spitze des Stirnlappens bis zum Ende des Hinterhauptlappens; auf der anderen Seite breitete sie sich über Stirn- und Scheitellappen aus. Es traten trotz der ausgedehnten Zerstörung keine Sehstörungen auf, außer vorübergehender leichter Unaufmerksamkeit im Zusammenhang mit der Ermattung des Thieres nach dem Eingriff. Hingegen zeigten diese Versuchsthierc Bewegungsstörungen. Der Verlust des Geruchsinns und die Unmöglichkeit, die zusammengesetzte Bewegung, das Oeffnen des Mauls und des Schluckens auszuführen, konnten ferner bei einem dieser Hunde Seelenblindheit für das Futter vortäuschen.

Bei einem weiteren Hunde hatte tiefe Zerstörung eines Hinterhauptlappens laterale Halbblindheit zur Folge, welche über einen Monat bestehen blieb. Bedrohungen im Bereich der blinden Gesichtsfeldhälfte wurden von dem Thier nicht beachtet. Nachdem auch der Hinterhauptlappen der anderen Seite zerstört worden



war und die angrenzenden Theile mit dem Glüheisen verbrannt worden, trat tiefe Amblyopie ein, nach einiger Zeit schienen nur mehr die Randbezirke des Gesichtsfeldes stumpflichtig zu sein. Als dauernde Störung blieb Seelenblindheit für das Futter, Verluft des Raumfinns, Unmöglichkeit sich im Raum zurecht zu finden, d. h. den Ausweg zu entdecken. Nach einem dritten Eingriff, d. h. nach Reizung der Narben auf der linken Seite und erneuter Verbrennung der angrenzenden Bezirke, trat doch keine Verschlimmerung der Sehstörungen auf.

Tiefe Verletzungen einer Hirnhalbkugel beim Hunde führten nicht zu Verluft der Lichtempfindung. Das Thier zeigt aber auch, wenn die Verletzung einseitig ist und eine Hälfte der Gesichtsfelder unverfehrt geblieben, Erscheinungen von Seelenblindheit, namentlich in Bezug auf den Raumfinn.

Die Hunde, bei denen Sehstörungen mit den ersten Erscheinungen nach dem Eingriff einhergingen, hatten doch niemals die Lichtempfindung verloren. Dies stimmt genau mit den Beobachtungen an Tauben und Kaninchen.

### Zweiter Abschnitt.

*Die unter den Säugethieren stehenden Wirbelthiere passen unwillkürlich (reflectorisch) ihre Lebenshandlungen den Scheindrücken an. Das seelische Sehen ist ausschließlich den Säugethieren eigen. Dasselbe ist eine den Nervenzellen der Rinde der Hinterhauptlappen eigene Thätigkeit. Das reine Sehen hat bei den Säugethieren seinen Sitz in den Mittelhirnganglien.*

Aus meinen Versuchen an Hirnhalbkugeln von Tauben, Kaninchen, und Hunden ergibt sich als zweifellos, daß die Bedeutung der Hirnhalbkugeln bei diesen drei Thieren nicht die gleiche ist.

Bei den Tauben hat, mit Ausnahme der ersten Augenblicke nach dem Eingriff, die Abtragung der ganzen Halbkugeln keine Sehstörung zur Folge. Die Taube vermeidet Hindernisse in ihrem Weg, schützt sich bei Drohungen, erkennt die ihr gewohnten Plätze als solche wieder. Sie scheint also den Gesichtssinn und die mit demselben verbundenen Verstandesthätigkeiten unverändert behalten



zu haben. Der Taube ohne Hirnhalbkgeln noch Verstandesthätigkeit zuerkennen, hieße aber dem Sehhügel feelische Fähigkeiten zusprechen und dies schiene mir durchaus unrichtig. Ich halte es für richtiger, die Sache so aufzufassen, daß die Taube ohne Hirnhalbkgeln die Sehempfindungen und ihre Bewegungen auf rein unwillkürlichem Wege (reflectorisch) mit einander in Einklang bringe, ohne daß eine Verstandesthätigkeit dabei im Spiel wäre, und daß so nur der Anschein erregt wird, als ob ihr Handeln ein überlegtes wäre und das Thier ein Urtheil über seine Sehempfindungen habe. Ob eine Taube mit unverfehrten Hirnhalbkgeln besser begreift was sie sieht, wissen wir darum doch noch nicht und werden es vielleicht auch niemals wissen können. Was aber sicher dasteht, ist daß die Taube ohne Hirnhalbkgeln ganz ebenso sieht, wie die mit unverfehrtem Gehirn.

Aus den Ergebnissen der von *Blaschko* an Fröschen gemachten Versuchen kann man schließen, daß es bei den Thieren, welche niederer stehen als die Säugethiere, gar kein feelisches Sehen giebt. Sie sehen wie enthirnte Tauben und Frösche, indem sie ihrer rohen Sehempfindung reflectorisch ihre Bewegungen und Handlungen anpassen.

Diese Ansicht stellte sich der Anschauung derer, die für eine Localisation eintreten, gerade entgegen und widerspricht auch der Anschauung von *Renzi*, welcher weniger weitgehende Schlüsse zog, indem er bei den Tauben sensitive Schwahrnehmung in die Sehlapfen, die feelische Schwahrnehmung in die Hirnhalbkgeln verlegte.

Die Klarheit der thatsächlichen Beobachtungen erspart es mir, ausführlich die Gründe anzuführen, die gegen die Anschauung einer Localisation der Sehempfindung in der Rinde der Hinterhauptlapfen, wie sie *Munk* und *Blaschko* für die Taube annahmen, sprechen. Hingegen muß ich auf *Renzi's* Anschauung näher eingehen, da diese mehr Berechtigung zu haben scheinen könnte.

Für *Renzi's* Auffassung könnte aus meinen Versuchen nur eine gewisse Seelenblindheit für das Futter vorgebracht werden.



Wie soll man aber annehmen, daß die Taube nicht fresse, weil sie das Futter nicht als solches erkenne, wenn sie doch noch im Stand ist, Oertlichkeiten und Gefahren, die sie bedrohen, zu erkennen? Die Willfährigkeit, mit der das Thier Alles mit sich geschehen läßt, die Veränderung seines Wesens sind deutliche Zeichen der Abstumpfung seiner Vernunft, wenn wir den unwillkürlichen Trieb, die Handlungen in zweckmäßiger Folge aneinander zu reihen, als solche bezeichnen dürfen. Mit dem Untergang dieses Triebes schwindet der Anstoß, den der Anblick des Futters in dem Geschöpf hervorruft, das sich über diesen Anblick Rechenschaft zu geben weiß, oder das Hunger fühlt. Die Taube ohne Großhirn-lappen zeigt durch keine Bewegung, daß sie nach dem Futter suche, sie pickt nicht auf dem Boden umher, und sucht nicht die gewohnten Plätze auf, wo sie sonst nach ihrem Futter ging. Giebt man ihr das Futter ein, so giebt sie auf keine Weise zu erkennen, daß sie an der Stillung des Hungers Wohlbehagen habe, sie sträubt sich im Gegentheil gegen die künstliche Ernährung. Daß der Taube ohne Hirn das Bewußtsein der zusammengesetzten Bewegung des Fassens und Schluckens des Futters abgeht, zeigt die Beobachtung, daß Tauben, wenn sie nach schwerer Verstümmelung der Hirnhalb-kugeln allmählig wieder zu fressen beginnen, nicht im Stande sind, über die Lage der Futterkörner richtig zu urtheilen, sie nur ungeschickt aufzupicken und nicht zu schlucken vermögen, d. h. sie sehen und erkennen das Futter als solches, sind aber nicht fähig, sich zu ernähren, da sie die beabsichtigten zusammengesetzten Bewegungen nicht auszuführen vermögen. So finden wir bei Tauben ohne Großhirn eine Herabsetzung jenes Triebes, den der Hunger anregt, indem er Bewegungen zum Zweck seiner Stillung anspornt, und wir finden ferner eine Beeinträchtigung der zweckentsprechenden Ausführung dieser Bewegungen. Dies, nicht aber ein Mangel des Sehvermögens, das sich in allen anderen Handlungen des Thiers unbeeinträchtigt erweist, ist darum ohne Zweifel der Grund, warum das Thier nicht mehr seiner Nahrung nachgeht.



Somit hängt bei den Tauben die Fähigkeit zu allen ihren Lebensthätigkeiten und insbesondere des Sehens nicht wesentlich vom unverfehrten Zustand der Hirnhalbkugeln ab. Das Uebrigbleiben eines ganz kleinen Theils derselben genügt der Taube, ja es genügt die Thätigkeit der Stirnlappen allein.

Bei den Säugethieren sind die Hirnhalbkugeln von ungleich wesentlicherer Bedeutung für das Sehen. Beim Kaninchen führt Abtragung der Hirnrinde in beträchtlicher Ausdehnung zu keinerlei Störung des Sehvermögens, wohl aber ausgedehnte und dabei tiefgehende Zerstörung der Großhirnmasse. Beim Hund zieht Abtragung größerer Theile der Hirnrinde und der Halbkugelmasse starke und dauernde Beeinträchtigung des Sehens nach sich.

Giebt man somit die Bedeutung des Unverfehrtheins der Hirnhalbkugeln für das Sehen bei den Säugethieren zu, so bleibt noch zu untersuchen, welcher Art die Bedeutung ist, die den Hirnhalbkugeln beim Sehen zukommt. Wir müssen mit *Cuvier* die Frage aufwerfen: *les lobes cérébraux sont-ils les réceptacles où toutes les sensations prennent une forme distincte et laissent des souvenirs durables?* oder mit *Flourens*, ob dieselben Sehorgane im ausschließlichen Sinn sind; und in beiden Fällen, ob diese ihre besondere Aufgabe auf bestimmte Rindengebiete beschränkt ist (*Munk, Ferrier*), oder ob jedwelcher Theil der Hirnrinde Bewegungen, Empfindungen und Wahrnehmungen zu gleicher Zeit beherrscht (*Goltz, Loeb*).

Die Sehstörungen, welche auf kleine und große Verletzungen der Hirnhalbkugeln folgen, werden von den Vertheidigern der Localisation in engen Zusammenhang mit Hemmungsercheinungen gebracht; sie geben keine Erscheinungen der Nebenwirkung zu. Aber meine Versuche zeigen unwiderlegbar, daß nach Verletzung des Streifenkörpers und des Rückenmarks, die doch keinen Bestandtheil enthalten, welcher zum Sehen nothwendig ist, ganz die gleichen Sehstörungen auftreten, als wenn die wichtigsten Herde des Sehvermögens verletzt worden wären.

Diese Ergebnisse stimmen ganz mit der Auffassung von *Goltz*, daß nicht alle Sehstörungen, welche bei Verletzungen der Hirn-



halbkugeln auftreten, nothwendiger Weise von dem Aufhören der Thätigkeit des abgetragenen Bezirks abhängen müssen, sondern in einigen Fällen auf Hemmung der Thätigkeit unverfehrt gebliebener Bereiche zurückzuführen sind, welche Hemmung die Folge eines von der letzten Stelle ausstrahlenden Reizes sei.

*Goltz* hatte seine Versuche nur auf die Hirnrinde ausgedehnt und vermochte darum keinen unmittelbaren Beweis für seine Ansicht vorzubringen. Er gelangte zu derselben nur durch die Aehnlichkeit der Erscheinungen, die nach Durchschneidung des Rückenmarkes auftreten, und von denen einige sich nur als Thätigkeitsunterdrückung durch eine Reizwirkung deuten lassen.

*Wernicke* meint, es sei eine petitio principii, die vorübergehenden Thätigkeitsstörungen als Reizwirkung zu deuten, zwei Erklärungen seien des guten zu viel; es genüge die örtliche Verletzung, um die Sache zu erklären. *Wernicke* täuscht sich aber offenbar, ebenso wie der von *Hitzig* gemachte Schluß unberechtigt ist, der sich auf die Sehstörungen, welche nach Verletzungen des Stirnlappens auftreten, beruft und meint, die Wirkungen der Verletzung breiten sich über die Bereiche aus, die mit den verletzten Theilen engeren Zusammenhang haben.

*Loeb* drückt sich kurz dahin aus, daß beim Hund Sehstörungen jeglicher Art nicht unmittelbar als Folge der Verletzung der Hirnrinde auftreten, sondern die Folge seien einer Reizercheinung, die bei Verletzung jedwelchen Theils der Rinde sich zeige, sobald besondere Umstände, wie Entzündung der Wunde, starker Bluterguß u. s. w. sich geltend machen. Die Betrachtungen von *Loeb* treffen zu, soweit sie sich auf das Sehmonopol der Hirnrinde nach dem *Munk'schen* Schema beziehen; ich kann in der That *Loeb* nur durchaus beistimmen, wenn er sagt, die Abtragung der von *Munk* als specifische Sehcentra bezeichneten Rindenbezirke führe in einzelnen Fällen zu keinerlei Sehstörungen. Man kann z. B. den von *Munk* als A I bezeichneten Bereich auf beiden Hinterhauptlappen völlig unbeschadet der Sehfähigkeit abtragen, und wo solche



Störungen auftraten, entsprachen sie den von *Munk* beschriebenen nicht. Am deutlichsten läßt sich dies bei Kaninchen zeigen.

Die von *Loeb* aus diesen Befunden gezogenen Folgerungen stimmen aber mit den meinigen nicht ganz überein. Er hat bei tiefen Eingriffen in die Großhirnhalkugeln Aufhebung des Sehvermögens nur bei Verletzung der hinteren Theile der Halkugeln gesehen.

Hierin schließt sich meine Anschauung vollkommen an die von *Luciani* und *Seppilli* an.

Diese Forscher können nicht zugeben, daß alle Bezirke, deren Abtragung Sehstörungen zur Folge hat, die gleiche oder andererseits gar keine Bedeutung für den Vorgang des Sehens haben sollen. Ihre Versuche führten sie zu der Ueberzeugung, daß die Herausnahme des Schläfenlappens vorübergehende Störung des Sehens zur Folge hat, daß dagegen die Störungen bleibende sind nach Abtragung der Hinterhaupt- und Scheitellappen. Sie können aber nicht den Schluß daraus ziehen, daß, wo die Störungen des Sehens bleibende sind, auch der Sehbezirk entfernt worden sein muß, und daß dort, wo die Störungen nur vorübergehender Art sind, Reizeinwirkung von der Verletzung aus den Grund für dieselben abgibt, denn auch bei Hunden, wo die Stirnlappen zerstört worden sind, überdauern die Sehstörungen die unmittelbare Wirkung des Eingriffs. Sie kommen darum vielmehr zu der Schlußfolgerung, daß der Hinterhaupt-Scheitelbereich der Sitz der Hirnthätigkeit für das Sehen ist, und daß dieser Bereich in die anderen Centren eingreift, indem er sich gegen die Stirn und Schläfen-Keilbeinlappen hinzieht.

Ihre Schlußfolgerung ist vollkommen folgerichtig und zutreffend in Bezug auf die verschiedene Bedeutung der Sehstörungen, die in Folge von Abtragung der vorderen und hinteren Bereiche der Hirnhalkugeln eintreten. Dieser verschiedenen Bedeutung thut *Loeb* kaum Erwähnung, während sie *Goltz* zugiebt, indem er ausdrücklich sagt, daß die verschiedenen Lappen nicht von gleicher Bedeutung seien. *Luciani* und *Seppilli* gehen also weit von der ursprünglichen Anschauung einer Localisation der Sehthätigkeit in



der Hirnrinde allein ab. Sie kamen zu solchem Ergebniss durch die vollständige Abtragung der Hinterhaupt- und Scheitellappen.

Immerhin möchte ich einen Einwand erheben gegen den Beweis, den sie dafür vorbringen, daß auch den Keilbein-, Scheitel- und Stirnbereichen der Hirnhalkugeln ein Einfluß auf das Sehen zukomme. Diese Annahme stützt sich nur darauf, daß die Sehstörungen, welche nach Verletzung dieser Theile eintreten, die unmittelbare Wirkung des Eingriffs etwas überdauern. Aber diese Beweisführung wird hinfällig, wenn man bedenkt, daß auch bei Verletzungen des Streifenkörpers, bei denen doch kein Bestandtheil, der unmittelbar dem Sehen dient, zerstört wird, die Sehstörungen viel länger dauern als die Einwirkung der Verletzung auf die Bewegungsherde. Daß Verletzung der Hinterhauptlappen zu tiefen Sehstörungen führt, ist nach ihrer Aufstellung auf die größere Zahl der in denselben enthaltenen Sehbestandtheile zurückzuführen. Für die Verletzungen der mittleren Theile der Großhirnhalkugeln ist aber diese Erklärung unzulässig. Sie enthalten nur eine geringe Zahl von Sehbestandtheilen, und doch treten nach ihrer Zerstörung zwar vorübergehende, aber eben so wesentliche Sehstörungen auf, als nach Verletzung der hinteren Theile. Hier bedarf es zur Erklärung der Annahme, daß die Sehstörung thatsächlich auf eine Ausstrahlung des Reizes zurückzuführen ist, denn der Untergang einer so geringen Zahl von Sehbestandtheilen kann keine so ausgedehnten Störungen bedingen. Nun bleibt aber auch diese Erklärung von gleichem Werth, auch wenn man die betreffenden Theile — da ja keine Beweise für ihre Theilnahme am Sehen vorhanden sind — jeder derartigen Thätigkeit für bar erklärt. Ich halte nach diesem Allen es für das beste, sich den allgemein gehaltenen Annahmen von *Goltz* anzuschließen, d. h. das Sehcentrum nicht in einem bestimmten Bezirk abzugrenzen, sondern nur zuzugeben, daß die vorderen und hinteren Theile der Großhirnhalkugeln verschieden in ihrer Bedeutung für das Sehen sind, insofern Verletzungen der Hinterlappen zu dauernden schweren Sehstörungen führen.



Bisher wurde von den Verletzungen, die zu Sehstörungen führen, nur in Bezug auf ihre örtliche Lage gesprochen, ohne auf das Wesen dieser Störungen näher einzugehen. Dieselben treten in zwei von einander sehr verschiedenen Arten auf. Die eine derselben begleitet tiefgehende Zerstörungen der Hirnmasse der Halbkugeln, namentlich der hinteren Theile derselben; nach einigen Forschern zeigt sich das Thier vollkommen blind (*Munk, Luciani und Seppilli*), nach anderen nur hochgradig stumpfsichtig. Dieser Zustand dauert eine gewisse Zeit an, um dann vollkommener Wiederherstellung Platz zu machen. War die Verletzung sehr tiefgehend und beiderseitig, oder folgten auf die erste Verletzung noch weitere ebenfalls mit bedeutendem Massenverlust, so findet keine völlige Wiederherstellung statt. Der Hund wird zwar wieder sehen, aber kein Urtheil für das Gesehene haben, es nicht erkennen. Er erkennt das Futter nicht, irrt sich in den Entfernungen, er achtet nicht auf die Gesichtseindrücke, die er erhält. Die Rückbildung dieses Zustandes hängt wiederum von der Ausdehnung und der Stelle der Verletzung ab.

*Loeb* fragt sich vor allem, ob die Erscheinungen, die wir als Hemiaanopsie und Hemiambyopie bezeichnen, auf eine Störung des Sehens zurückzuführen sind, oder ob die Sehempfindung wohl regelrecht stattfindet, aber nicht hinreicht, die durch die Verletzung abgestumpften Centren zu jener Beantwortung des empfangenen Eindrucks anzuregen, die das sehende Thier sonst zeigt. Er tritt für letztere Ansicht auf, da er beobachtete, daß auch die für blind gehaltene Netzhauthälfte solcher Hunde noch Licht empfinde, daß es aber eines stärkeren Reizes bedürfe, um eine Reaction auszulösen. Würden vor das Auge eines Hundes, dessen einer Netzhauthälfte unempfindlich für Licht scheint, zwei Fleischstücke in der Art gehalten, daß das Bild des einen Stücks auf die anscheinend blinde Hälfte fallen muß, das des anderen auf die sehende, so schnappt der Hund doch nach dem ersteren, wenn man dasselbe bewegt und nicht nach dem, dessen Bild auf der besser sehenden Hälfte aber unbeweglich steht.



*Munk* kommt zu anderen Ergebnissen, aber seine Schlußfolgerung begründet sich nicht auf so beachtenswerthe Beobachtungen, als die seiner Gegner. *Munk* hält den Hund, dem man die Hirnrinde in jenem von ihm als Sehcentrum beanspruchten Bezirk abgetragen hat, für vollkommen blind und unempfindlich für den Lichtreiz. Mit der Zeit trete ein Zustand ein, wo diese Blindheit nicht mehr auffällt, indem der Hund mit der Zeit den Mangel der Sehempfindung auszugleichen lernt, ebenso wie auch der Mensch das Vorhandensein des blinden Flecks nicht beachtet. *Luciani* und *Seppilli* erklären sich die Sache auf andere Weise; nach ihrer Auffassung sollen in gleichem Maaß, in dem allmählig die traumatische Einwirkung des Eingriffs auf die zurückgebliebenen Theile der Sehcentren nachläßt, diese die untergegangene Thätigkeit des zerstörten Bezirks an seiner Stelle aufnehmen; aber es gelingt ihnen niemals, vollkommenen Ersatz geben zu können, wenn die Zerstörung sich über große und wesentliche Theile erstreckt habe. Ihre Versuche am Hund führten niemals zu zweifelloser, vollständiger Blindheit, nicht einmal in den ersten Augenblicken nach den schwersten und wiederholt ausgeführten Eingriffen.

Betrachte ich die Ergebnisse meiner Versuche an Kaninchen wie an Hunden, so muß ich der *Munk'schen* Anschauung, daß nach Abtragung der betreffenden Theile der Hirnrinde Blindheit bis zum völligen Verlust der Lichtempfindung erfolge, entschieden entgegentreten. Ich fand, daß nicht allein nach tiefen Zerstörungen der Rindenmasse, sondern auch nach ausgedehnter Abtragung der Masse der Gehirnhalbikugeln, die Empfindlichkeit nach wie vor regelmäßig erhalten blieb. Die Stumpfsinnigkeit steht nicht im Verhältniß zur Flächenausdehnung der Verletzung, sondern ihrer Tiefe und ihrer Art. Verbrennung des gyrus angularis zieht viel bedeutendere Sehstörungen nach sich, als Abtragung der Rindenmasse beider Hinterhauptlappen.

Ueber das Wesen dieser Sehstörungen ist es sehr schwer, sich Rechenschaft zu geben. Die Deutung von *Loeb* ist meiner Ansicht nach nur für bestimmte Fälle zutreffend, z. B. bei jenen Hunden,



bei denen Blindheit nur infofern vorhanden war, als sie Drohungen nicht mehr beachteten, um so mehr, als bei ihnen das Ausbleiben jeder Beantwortung solcher Gesichtseindrücke auf Reizausstrahlung des verletzenden Eingriffs in die Basis des Gehirns zurückzuführen war. Bei einem der Hunde war aber eine wahre Stumpfsichtigkeit ganz unzweifelhaft vorhanden; das Thier wollte im Dunkeln sich nicht von der Stelle bewegen, stieß gegen jedes Hinderniß, suchte die helleren Orte auf und strebte immer dem Lichte zu. Im vollen Licht nahm es Hindernisse erst in dichtester Nähe wahr. Das Thier zeigte auch, daß es seiner Blindheit bewußt war, indem es sich fortwährend mit den Pfoten über die Augen fuhr. Stünden nun diese Erscheinungen nicht mit einer Herabsetzung der Sehfähigkeit im Zusammenhang, sondern mit der Gegenwirkung der motorischen Centren auf die Sehempfindung, so wäre nicht zu erklären, warum bei Hunden mit Verletzungen der vorderen Bezirke, bei welchen doch thatsächlich der Zusammenhang zwischen Empfindung und Bewegung erschwert ist, sich die Sehtätigkeit in den Handlungen, durch welche das Thier sich äußert, als ungeschädigt erweist.

Darum halte ich daran fest, daß es wohl möglich ist, daß Hunde, Kaninchen und Tauben durch die Eingriffe stumpfsichtig werden.

Die diesbezüglichen Anschauungen *Luciani's* und *Seppilli's* scheinen mir nicht scharf genug ausgedrückt zu sein. Die übrig gebliebenen Bestandtheile der Sehcentren sollen allmählig die verloren gegangene Thätigkeit der zerstörten Theile auf sich nehmen. Wollen sie, wie es mir den Anschein zu haben scheint, damit sagen, daß die unverletzt gebliebenen Theile allmählig die seelischen Thätigkeiten des Sehens, welche verloren gegangen waren, aufnehmen, so stimme ich ihnen durchaus bei. Dann aber ist die in der ersten Zeit nach dem Eingriff auftretende Stumpfsichtigkeit nicht sowohl auf einen Untergang der Thätigkeit des Sehcentrums der Rinde, als vielmehr der optischen Bahnen und der Sehcentren des Hirnstamms zurückzuführen.



Hierfür sprechen sehr viele Umstände. Die Störungen des Sehens, die man nach Verletzungen des Rückenmarks wie des Streifenkörpers beobachtet, sind unzweifelhaft auf die Aufhebung der Thätigkeit der Ganglien des Mittelhirns durch Reizausstrahlung zurückzuführen. *Loeb* fand bei Thieren, bei welchen vollständige Rückbildung der Erscheinungen stattgefunden hatte, daß er durch Reizung der Narben an den Hinterhauptlappen, dort wo die Rinde abgetragen worden war, stärkere Stumpfsichtigkeit hervorrufen konnte, als in Begleitung des ersten Eingriffs aufgetreten war. Hier war doch sicher keine Zerstörung von Rindenmasse für diese Erscheinung verantwortlich zu machen, denn dort, wo gereizt wurde, war solche gar nicht mehr vorhanden; auch kann man nicht annehmen, daß eine Ausstrahlung des Reizes auf die benachbarten Rindentheile hiebei stattfindet, denn bei unmittelbarer Reizung derselben wird eine solche Ausstrahlung nicht beobachtet. Dagegen kann man bestimmt annehmen, daß der Reiz auf die in der weißen Masse verlaufenden Bündel der optischen Bahnen bis über die Sehganglien der Basis hinaus hemmend einwirke. Befestigt wird diese Auffassung durch die Beobachtungen an Kaninchen, bei denen wohl auf tiefe Verbrennung starke Stumpfsichtigkeit folgt, aber keinerlei Sehstörung nach ausgedehnter Abtragung von Rindenmasse auftritt. Was das Gehirn der Tauben anbelangt, so ist es sicher, daß die in unmittelbarem Gefolge der Abtragung der Gehirnhalbkuugeln auftretende Stumpfsichtigkeit eine Erscheinung der Hemmung der physiologischen Thätigkeit des lobus opticus ist, so daß mit Aufhören der traumatischen Erregung auch diese Erscheinung rückgängig wird. Bei einem meiner Versuchshunde hing die einige Tage nach dem Eingriff andauernde starke Stumpfsichtigkeit unzweifelhaft von einem Entzündungsvorgang in der Wunde ab, der die Vierhügel mit dem Ueberreste der Hinterhauptlappen zur Verwachsung brachte.

Gehen wir nunmehr zur Betrachtung der eigentlichen Erscheinungen des Ausfalls der Lebensthätigkeit der Hirnrinde in Bezug auf das Sehen über.



Es sind dies durchaus die, welche *Goltz* und *Loeb* auf einen Zustand der Hirnchwäche zurückführen und welche *Munk* als die Erscheinungen der Seelenblindheit bezeichnet.

*Munk* unterscheidet — wie oben ausgeführt — zweierlei Sehthätigkeit der Hirnrinde. Die eine ist die reine, rohe, unbewußte Sehempfindung; die andere die feelische Wahrnehmung des Bilds und die Festhaltung dieses Bilds im Gedächtniß. Immer, wenn die einfach empfindenden Bestandtheile gereizt werden, versetzen dieselben eine Gruppe der Bestandtheile der feelischen Gesichtswahrnehmung in Erregung, und dieser Erregung folgt die Einprägung eines Bildes im Gedächtniß. Die Bestandtheile des Sehgedächtnisses sollen im Bezirk A 1 angeordnet sein, eines nach dem anderen in gleicher Reihenfolge, wie dem Gedächtniß die Wahrnehmung des Gegenstandes zukommt. Zerstört man den Bereich des Sehgedächtnisses, so erkennt der Hund nicht mehr, was er sieht; es treten dann die Erscheinungen der Seelenblindheit auf; das Thier zeigt keine Furcht vor der Peitsche mehr, läuft nicht auf das hingereichte Futter zu, kann eine Treppe nicht mehr hinauffsteigen, vermag Entfernungen nicht mehr richtig zu schätzen. Der Hund muß nun erst wieder von neuem lernen zu beurtheilen, was er sieht, er muß die Erinnerung der Eindrücke gesehener Gegenstände erst in neue, für die früheren Zellen stellvertretend eintretende Zellengruppen unterbringen, bis er endlich wieder das, was er sieht, zu erkennen weiß.

*Munk* meint, es liege ganz in der Hand dessen, der den Versuch anstellt, welches der aus dem Gedächtniß verlorenen Erinnerungsbilder der Hund zuerst wieder zurückbekomme, je nach dem Gegenstand, den man ihm zuerst wieder zur Anschauung bringt.

*Goltz* steht mit seiner Ansicht *Munk* schnurstracks entgegen. Seelische Sehstörungen sollen beim Hund jedem großen Massenverlust der Gehirnhalbkuugeln sowohl der vorderen als der hinteren Lappen folgen. Er beobachtete Hunde, die nur auf einem Auge seelenblind waren. Von *Goltz* war zuerst angegeben worden, daß seelen-



blinde Hunde ein verhältnißmäßig sehr schlechtes Farbenunterscheidungsvermögen haben. *Loeb* machte hierzu einige abweichende Zusätze. Der Hund sieht wohl noch die weiße Farbe, aber kann sich keine Vorstellung bilden von dem Gegenstand, der diese Farbe trägt, so weiß er seinen Herrn in weißer Kleidung nicht von irgend einem anderen weißen Gegenstand zu unterscheiden. *Loeb* beobachtete ferner, daß das Thier die Fähigkeit behält, alle Farben von einander zu unterscheiden. Ein Hund, der mit Vorliebe grüne Gegenstände faßte, vermochte solche noch aus anderfarbigen Gegenständen herauszufinden. Der Rauminn ist bei diesen Thieren aber sehr herabgesetzt. Dies geht daraus hervor, daß ein solcher Hund nur mit Widerstreben von ganz geringer Höhe herabspringt. Diese Sehstörungen sind stets mehr oder minder mit Abstumpfung des Verstands verbunden. Kurz zusammengefaßt hält *Goltz* und seine Schule die Seelenblindheit für eine Herabsetzung der Sehtätigkeit des Gehirns, aber nicht als eine Folge der Ausschaltung eines besonderen Bezirks, sondern als Folge des allgemeinen geistigen Verfalls, in den das Thier gerathen ist.

Die Ansicht *Munk's* von der besonderen Bedeutung, die dem Bezirk A 1 zukomme, scheint mir hinfällig zu sein. Meine Beobachtungen sprechen geradezu gegen dieselbe. Aber bei aller Hochachtung für die genauen und scharfen Beobachtungen von *Goltz* kann ich doch auch seinen Schlußfolgerungen mich nicht anschließen. Bei einem meiner Versuche zeigte sich der Hund bei vollem Verstand in allen jenen Handlungen, die nicht von der Beurtheilung der Gesichtseindrücke abhängig sind. Indem er sich des Eindrucks der Gehörempfindungen in seinem Gedächtniß bediente, erkannte er am Geräusch, daß ihm das Futter gereicht wurde. Dann suchte er daselbe überall herum schnüffelnd, zeigte deutlich Freude, aber war nicht im Stand, daselbe mittelst des Gesichtsinns ausfindig zu machen. Ich gab mir lange viel Mühe, in ihm das Erinnerungsbild des Gesichtseindrucks von Milch, die er sehr gern hatte, wieder wach zu rufen; aber, im Widerspruch mit der Angabe *Munk's*, gelang mir dies durchaus nicht.



Ein Hund, welcher des feelischen Sehens verluſtig gegangen iſt, wird und muß das Futter mittelſt des Gefichtſinns nicht mehr erkennen können, wohl aber wird er lernen es mit dem Geruchſinn zu erſpüren. Das gleiche gilt für den Raumſinn, der auch ſubjectiv und aus Erfahrungen, deren Erinnerungen im Gedächtniß eingeprägt bleiben, ſich herangebildet hat. Der ſeelenblinde Hund iſt nicht geiſtig abgeſtumpft — oder ſoll es wenigſtens nicht ſein —, er hat nur alle im Gedächtniß eingeprägt geweſenen Gefichtseindrücke, deren er ſich von jung auf zu erinnern und zu bedienen gelernt hatte, verloren. Das Thier kommt in Bezug auf ſeinen Gefichtſinn auf einen kindlichen Urzuſtand zurück. So machte denn auch der Hund meines Verſuchs ganz den Eindruck eines ganz jungen Thiers, ſo unſtät in ſeinen Bewegungen, ſo zerſtreut, mit erſtauntem Blick; ſein Blick ſchweifte von einem Gegenſtand zum anderen, ohne einem derſelben beſondere Aufmerkſamkeit zu ſchenken; das Thier verwechſelte einen Gegenſtand mit dem anderen, und vermochte ihre Lage im Raum nicht recht zu beurtheilen.

Die Hunde mit Zerstörung in den vorderen Lappen ſcheinen auf den erſten Anblick blind für das Futter und ohne Raumſinn zu ſein. Dies beruht hier aber nicht auf Verluſt der Fähigkeit, den Gegenſtand mittelſt des Gefichtſinns zu erkennen, ſondern auf dem Verluſt des Bewußtſeins der Kau- und Schlingbewegungen. Wenn dann in der Folge das Thier wieder zu freſſen beginnt, ſo führt es das Maul nicht zum rechten Ort, um das Futter zu faſſen, und vermag es nur zu faſſen, wenn es ganz dicht dabei iſt. Daß dies auf Bewegungsſtörung zurückzuführen iſt, zeigt die Ungefchicklichkeit der Bewegungsausführung, bei der jedoch der Hund das Futter immer im Auge behält. Auch beobachtet man bei dieſen Hunden, daß ſie ſehr wenig aufmerkſam ſind, weil ſie ſich nicht einen Begriff von ihren Handlungen bilden können; es iſt dies bei den Hunden wahrſcheinlich die der Verſtümmelung der Gehirnhalbkugeln eigene Folgeerſcheinung.

Ich wollte hiermit der *Goltz'schen* Erklärung ſeiner Fälle durch-



aus nicht den Vorwurf der Unrichtigkeit machen, sondern, indem ich hier meine Anschauung auseinanderetzte, habe ich bloß zu meinen Fällen nothwendiger Weise diese Bemerkungen machen müssen.

Verstehe ich recht, so unterscheiden *Luciani* und *Seppilli* in ihren Versuchen eine vollständige und eine unvollständige Seelenblindheit. Die vollkommene Seelenblindheit schildern sie in folgender Weise: das Thier erscheint blind für das Futter, welches es mittelst des Gesichtsinns nicht zu erkennen vermag, es weiß kleine Hindernisse nicht zu meiden, es vermag sich kaum fortzubewegen und sein Lager aufzufuchen. Ich stimme aber ihrer Auffassung nicht vollkommen bei; ein seelenblindes Thier muß meiner Auffassung nach, sich gut fortzubewegen und Hindernisse unbewußt zu vermeiden im Stande sein, anderenfalls halte ich es für stumpfsichtig oder stumpfsinnig (dement.). Die Fähigkeit sich fortzubewegen ist durchaus dem unbewußten Sehen eigen, dies zeigt sich an Tauben, denen man die Großhirnhalkugeln ganz und gar abgetragen hat. Demnach schließe ich mich der *Goltz'schen* Auffassung an, daß ein Hund, dem man die Hirnhalkugeln ganz abgetragen hat, noch sieht, aber das Urtheil über die Seheindrücke, die er erhält, verloren hat.

*Ludwig* meinte, die Art, wie man aus den Verstümmelungen des Gehirns seine Thätigkeit kennen zu lernen suche, sei ein ähnliches Beginnen, als ob man durch einen Pistolenschuß über die mechanischen Vorgänge in einem feinen Uhrwerk Aufschluß zu erhalten suche. Der Erfolg bewies, wie richtig er geurtheilt, denn die, welche dieser Art von Versuchen so viel zugetraut, daß sie bis in's Kleine Schlüsse daraus ziehen zu können meinten, sind in Irrthümer gerathen.

Die ganze Lehre *Munk's* von der Localisation ist gänzlich umgestürzt; unerschüttert bleiben nur die Beobachtungen von *Goltz* und *Loeb* und die genauen Untersuchungen von *Luciani*, *Tamburini* und *Seppilli*. Durch sie ist, nach Beseitigung der nicht stichhaltigen ins Einzelne gehenden Ausführungen, die Lehre vom Sitz der Sehcentren in der Hirnrinde wieder bekräftigt und mit den thatsächlichen Befunden in Einklang gebracht und vereinfacht.



Meiner Ansicht nach ist die Bedeutung der Hirnhalb- und Kugeln für das Sehen nur bei den Säugethieren bewiesen, sie erstreckt sich bloß auf den rein feelischen Vorgang beim Sehen und ist das Ergebniß der besonderen Thätigkeit der Nervenzellen, die in der Rindenmasse der hinteren Lappen gelagert sind.

### Dritter Abschnitt.

*Ueber die Verletzungen der Sehbezirke der Hirnrinde, die beim Menschen Halbblindheit und Seelenblindheit bedingen. — Ueber den Sitz des optischen Gedächtnisses. — Ueber den Sitz des graphischen Gedächtnisses. — Entstehung der Trugbilder (Hallucinationen.) — Beurtheilung der Sehtätigkeit der Hirnhalb- und Kugeln.*

Wilbrand<sup>1)</sup> sagt, daß beim Menschen die Halbblindheit eine den Herderkrankungen einiger Bezirke der hinteren Lappen eigene Erscheinung sei und meint, das Centrum des Sehgedächtnisses nehme in diesen Lappen einen nicht im linearen Sinn, aber in dem Sinn der Flächenausdehnung begrenzten Bezirk ein. Darum sei bei Verletzungen an der Spitze eines Hinterhauptlappens oder seiner inneren Fläche, namentlich des Keils, die Möglichkeit des Auftretens von Halbblindheit gegeben, und wenn die Verletzung beiderseitig ist, von vollkommener Blindheit (Rindenblindheit); wenn hingegen beiderseits der Bezirk des Sehgedächtnisses — zwischen dem Sehbereich und dem Bereich des Gehörs gelegen — betroffen sei, sollen die Erscheinungen der Seelenblindheit auftreten. Im Centrum des Sehgedächtnisses, meint er, sei nicht jede Zelle von einem Erinnerungsbild besetzt; immer soll eine Anzahl derselben frei sein und zwar dadurch, daß alte Bilder mit der Zeit aus der Erinnerung schwinden. So können neue Gesichtseindrücke wieder untergebracht werden. Nach seiner Ansicht sind diese Zellen je nach den besonderen Zweigen der Thätigkeit dieses Gedächtnisses auch in besonderen Bereichen angeordnet. So beständen besondere Bereiche für die verschiedenen Zahlen, lateinische wie arabische, für die Buchstaben, gothische wie griechische, u. s. w. Ebenso

<sup>1)</sup> Wilbrand, Die Seelenblindheit als Herdererscheinung und ihre Beziehung zur homonymen Hemianopsie. Wiesbaden, 1887.



ferner für die verschiedenen Gegenstände. Der ganze Bereich der Erinnerungsbilder des Gesichtsinns soll so von Bildern verschiedener Gegenstände erfüllt sein; aber doch müssen sich bestimmte begrenzte Stellen in diesem Gedächtnisfeld finden, die vorzüglich mit den Erinnerungsbildern der Buchstaben, Silben und Worte, sowohl der Muttersprache als fremder Sprachen, besetzt gehalten werden. Diese Gedächtnisbezirke, die der Sprache, dem Lesen und der Schrift dienen, haben beiderseits an der gleichen Stelle des Sehbereichs ihren Sitz, stehen aber nur auf der linken Seite in Verbindung mit dem Bereich des Gehörs. So gehen die Verbindungsbahnen der oben aufgezählten Thätigkeiten alle nach dieser Stelle hin und laufen um so enger zusammen, je näher sie dem Bereich des Gehörs der linken Seite kommen, wo sie endlich zusammenlaufen.

Dieser Anschauung huldigen auch noch Andere in ähnlicher Weise. So verlegt *Seguin*<sup>1)</sup> das Centrum der Gesichtswahrnehmung in die Rindenmasse in die Nähe des Keils, *Herschel* verlegt den Hauptsitz der Wortblindheit in den gyrus angularis; auch glaubt er die erste Scheitelwindung mehr oder weniger dabei theiligt. Nach *Charcot* führen die Bewegungen beim Schreiben und Sprechen zu neuen Empfindungen, deren Erinnerung ihrerseits im Gehirn haften bleibt, so daß wir zwei weitere Theilgedächtnisse hätten, das Gedächtniß für die Bewegung des Sprechens und das Gedächtniß für die Bewegung des Schreibens. So hätte das Gedächtniß für die Schriftzeichen ein eigenes Centrum für sich. *Charcot* sucht daselbe im unteren Scheitelläppchen mit oder ohne Betheiligung des gyrus angularis.

*Wilbrand* beruft sich in seinen Ausführungen auf die Versuche *Munk's* an Hunden; so mußte sein Gebäude auch wankend werden, nachdem durch die Untersuchungen von *Goltz*, *Luciani*, *Tamburini* und *Seppilli* erwiesen worden, daß die Grundlage, auf der es sich aufbaut, nicht zuverlässig ist.

Die Rindenblindheit *Munk's*, der Grundgedanke seiner ganzen Lehre, konnte beim Hund bis jetzt noch niemals als dauernde

<sup>1)</sup> *Seguin*, Archives de Neurologie, 1888.



Erscheinung nachgewiesen werden, auch von ihm selbst nicht. Um nicht an seiner Anschauung untreu werden zu müssen, bestritt er irrthümlicherweise das Vorhandensein jeglicher Lichtempfindung nach Abtragung der Hirnhalbkuugeln auch bei den Vögeln. Ueber den Werth der *Munk'schen* Beobachtungen von Rindenblindheit und der Localisation der Seelenblindheit beim Hund ist anderwärts gesprochen worden.

Die Fälle von vollkommener Halbblindheit beim Menschen bei Herderkrankung in den Hinterhauptlappen scheinen auf den ersten Anblick für die Lehre der Localisation eines Sehcentrums in den Hinterhauptlappen zu sprechen. Aber eine genauere Betrachtung dieser Frage muß zu anderem Ergebniss führen.

Unter den Fällen von Halbblindheit, die zur Untersuchung an der Leiche kamen, zeigt der Fall von *Samelsohn*<sup>1)</sup> sicher sehr tiefgreifende Veränderungen, und doch waren die blinden Hälften der Netzhäute immer noch empfindlich für Licht gewesen. Ebenso in ähnlichen Fällen *Brandenburg's*<sup>2)</sup>. So zeigt die Beobachtung am Krankenbett, daß es Fälle giebt, in denen das Centrum der Lichtempfindung nicht in der besonderen Thätigkeit der Rindenzellen zu suchen ist. Es kann also die Halbblindheit auf eine mittelbare Einwirkung der Verletzung der Hinterhauptlappen zurückzuführen sein, auf eine Reizwirkung in die Ferne, welche bei den Verletzungen der Hinterhauptlappen auf die Centren des einfachen Sehens in den Ganglien der Basis ausgeübt wird.

Bei den Hunden ist dies zweifellos so; bei ihnen treten auch nach Verletzungen der Brücke, des verlängerten Marks und des Streifenkörpers solche Reizeinwirkungen auf. Daß auch beim Menschen die Verletzung auf die Ferne zu wirken im Stande ist, zeigen die von *Gowers* mitgetheilten Fälle, wo Blutungsherde, obgleich sie nicht den Verlauf der Sehfasern unmittelbar trafen, vorübergehende Halbblindheit zur Folge hatten. Halbblindheit durch Ausstrahlung des Reizes von der erkrankten Stelle aus

<sup>1)</sup> *Samelsohn*, Jahresb. für Ophthalmologie, 1882.

<sup>2)</sup> *Brandenburg*, *Graefe's Archiv*, 1887. III.



haben wir auch bei unvollständigen Zerstörungen der Ganglien des Hirnstamms. So berichten *Pflüger* und *Hughlings-Jackson* über Verletzungen nur des Sehhügels allein, wo doch auch vollkommener Verlust der Thätigkeit der übrigen Sehganglien des Hirnstamms eintrat. Hiernach muß, wenn die Verletzung einer Halbkugel tiefer geht und die Fasern in Mitleidenschaft zieht, welche der Hinterhauptlappen zu den Sehganglien des Hirnstamms schickt, folgerichtig angenommen werden, daß die vollkommene Halbblindheit von aufgehobener Thätigkeit der eingeschobenen Ganglien der Gesichtswahrnehmung herzuleiten ist.

Diese Auffassung gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch das Wesen der die Störung der Thätigkeit bedingenden Ursache. In den meisten Fällen sind dieses Geschwulste oder Erweichungsherde, das heißt also an Größe stetig zunehmende Herde, die durch eben diese ihre Eigenschaft es nicht zu einer Abnahme des ausstrahlenden Reizes und seiner Folgeerscheinungen kommen lassen, sondern eine stetige Steigerung bedingen. Wenn die vollkommene Halbblindheit dauernd bestehen bleibt, wie in einem Fall von *Seguin* <sup>1)</sup>, so ist dies durch eine nachträglich eingetretene absteigende Entartung der Sehfasern zu erklären. Die nachträgliche Entartung der Nervenfasern bis zum Rückenmark hin ist bei Herderkrankung der vorderen Theile der Hirnhalbkugeln eine von vielen Beobachtern bestätigte Erscheinung.

In neuester Zeit hat *Ziehen* <sup>2)</sup> am Rückenmark und Gehirn von drei Hunden Untersuchungen gemacht. Bei dem einen wurde linkerseits das Centrum für die Bewegungen der vorderen Glieder abgetragen; es waren nur im rechten Seitenstrang Erscheinungen absteigender Entartung nachweisbar. Beim zweiten wurde das Centrum für die Bewegungen des Nackens zerstört, es entarteten die den Fasern der Bewegung der Vorderbeine benachbarten Fasern. Beim dritten endlich wurde der Bewegungsbezirk für die Vorderbeine abgetragen, und es traten hier auch in den Bewegungen

<sup>1)</sup> *Seguin*, Arch. de Neurologie, 1886.

<sup>2)</sup> *Ziehen*, Archiv für Psychiatrie und Nervenkr. Vol. XVIII. S. 300.



des Nackens und der Hinterbeine die gleichen Störungen wie in den Vorderbeinen auf; die Entzündung hatte auch auf die Bewegungsbezirke dieser Theile übergreifen; es wurde eine beträchtliche Entartung im Rückenmark gefunden, die sich über den ganzen Pyramidenbahnenstrang der anderen Seite ausdehnte, mit alleiniger Ausnahme seines hinteren Theils, der unverfehrt geblieben war.

Das Gleiche beobachtet man nach Abtragung der hintern Theile der Hirnhalbkukeln. *Monakow* fand, nach Abtragung des Hinterhauptlappens bei neugeborenen Kätzchen, Schwund der Sehganglien des Hirnstamms und beider tractus optici. Es schließen also diese Beobachtungen das Vorhandensein eines Centrum des rohen Sehens in der Hirnrinde aus. Es wäre dies auch eine einzig dastehende Erscheinung in der Lehre von den Sinnen und scheint von vornherein unwahrscheinlich, wenn man in Erwägung zieht, daß das Centrum des Gehörs in der Hirnrinde ein feelfisches ist. *Charcot*<sup>1)</sup> selbst nimmt an, daß das mechanische Sprachorgan im Bulbärknoten des nervus hypoglossus sitze, indem er der dritten Stirnwindung den feelfischen Theil der Beherrschung der Lippenbewegung zuschreibt.

Meines Erachtens hat *Wilbrand* den Begriff der Seelenblindheit nicht ganz richtig aufgefaßt. Ein Kranker, den *Charcot*<sup>2)</sup> beobachtet hat, und die Kranken von *Wilbrand* und *Quaglino* zeigen keine vollkommene Seelenblindheit, aus der man, wie *Wilbrand* will, schließen könnte, daß jeder Zelle ein eigenes Bild entspreche, und noch weniger läßt sich annehmen, daß in den Fällen dieser Art die Verletzung nur das Centrum des Sehgedächtnisses allein betroffen habe. Der Kranke von *Charcot* hatte das Sehgedächtniß nicht vollkommen verloren, sondern es war nur bedeutend geschwächt. Er war früher ein tüchtiger Zeichner gewesen, und wenn auch seine Zeichnungen in der Folge nur sehr mangelhaft waren, so

<sup>1)</sup> *Charcot*, Les localisations cérébrales. Revue scientifique, 1876. N. 20. S. 465.

<sup>2)</sup> *Charcot*, Progrès medical, 1883.



zeigten sie doch immerhin ein gewisses Maß der Aehnlichkeit mit dem Gegenstand, den sie darstellen sollten. Die Gefichter seiner Angehörigen schienen ihm verändert; doch war er nach einiger Uebung wieder im Stand, sie zu erkennen oder wenigstens zu unterscheiden. Indem er sein ganzes Sehgedächtniß, so weit er es noch besaß, anstrengte, gelang es ihm, Orte, die er auf den ersten Blick nicht erkannte, doch wieder zu erkennen. Das Gedächtniß für die Schriftzeichen war merklich geschwächt, namentlich schwer wurde es dem Patienten, griechische Buchstaben zu lesen, aber er half sich, indem er zugleich die diesen Buchstaben entsprechende Schreibbewegung ausführte, und war dann durch den Reiz, den die Ausführung dieser Bewegung auf das geschwächte Centrum ausübte, in den Stand gesetzt, diese Buchstaben wieder zu erkennen. Auf diese Weise vermochte er zu lesen, aber ohne den Sinn des Gelesenen zu verstehen. Um zum Verständniß des Gelesenen zu gelangen, war er gezwungen, das Gelesene auch zu sprechen und zwar nicht nur leise die Lippen bewegend, sondern indem er es sich mit lauter Stimme vorlas. So mußte er also drei Hilfsmittel des Schriftgedächtnisses zu Hülfe nehmen (die Bewegung des Schreibens, die Bewegung des Sprechens und das acustische Bild), um das geschwächte Vermögen des Sehgedächtnisses stärker anzuregen. Zugleich zeigte dieser Kranke auch Schwäche der anderen Gebiete des Gedächtnisses, denn um etwas nicht zu vergessen, mußte er es seinem Gedächtniß dadurch einprägen, daß er es sich mehrmals mit lauter Stimme vorsprach. Bei diesem Kranken zeigte übrigens die Gleichgültigkeit für Schmerz und Freude, daß es sich nicht nur um eine Schwächung der Thätigkeit des Sehgedächtnisses handelte, sondern um einen allgemein veränderten feelischen Zustand.

Soll es richtig sein, daß der Verlust des optischen Erinnerungsbildes eines Gegenstands durch Untergang einer bestimmten Gruppe von Gedächtniszellen abhängt, so muß der Kranke auch nicht mehr im Stand sein, sich eine Vorstellung von diesem Gegenstand zu machen. Das ist aber nicht der Fall. *Wilbrand* führt einen



Fall an, der gegen diese seine Ansicht spricht. Seine Kranke erkannte ihre Vaterstadt nicht mehr und lernte dies auch niemals wieder, und doch war sie bei geschlossenen Augen vollkommen im Stand, sich das Erinnerungsbild dieser Stadt vorzustellen. Umgekehrt war es dagegen in dem Fall, welchen *Quaglino* mittheilt. Der Kranke hatte die Fähigkeit verloren, sich das Bild eines Gegenstandes vorzustellen, und doch war er im Stand, denselben zu erkennen. In einigen anderen Fällen, die berichtet werden (*Brandenburg*), war der Kranke nicht im Stand, irgend einen Gegenstand ohne weiteres zu erkennen, wohl aber erkannte er ihn und nannte ihn richtig mit Namen, sobald man ihm etwas nannte, was auf denselben Bezug hatte, oder wenn man ihm sagte, wozu der Gegenstand diene.

Mir scheint der Verlust des Sehgedächtnisses als Ganzes an Veränderungen des Centrums dieses Gedächtnisses gebunden zu sein, nicht aber der Verlust des Erinnerungsbildes eines einzelnen Gegenstandes an die Zerstörung je einer entsprechenden einzelnen Gedächtniszelle. So läßt es sich erklären, daß alle Erinnerungsbilder an Gegenstände in gleicher Weise leiden und daß in bestimmten Fällen nur die Fähigkeit, Gegenstände zu erkennen, verloren geht, nicht aber die Fähigkeit, sich ihr Bild vorzustellen.

Es könnte auf den ersten Blick scheinen, als ob manchmal der Kranke hauptsächlich eine bestimmte Art des Gedächtnisses verloren habe, wie im Fall von *Charcot*, wo der Kranke gerade die griechischen Schriftzeichen am schwersten wiedererkannte. Meiner Ansicht nach beruht das darauf, daß wir am leichtesten diejenigen Dinge vergessen, deren wir uns am seltensten bedienen; oder die vor sehr langer Zeit dem Gedächtniß eingeprägt worden waren. Ist die Gedächtniskraft geschwächt, so entfallen uns diese Dinge zuerst.

Will man die *Munk'sche* von *Wilbrand* angenommene Anschauung aufrecht halten, so muß man annehmen, daß jede einzelne Zelle des Sehgedächtnisses in gleichem Maße in Mitleidenenschaft gezogen sein muß, damit die Erinnerung einer unbe-



grenzten Menge von Gegenständen gleichmäßig verloren gehe und daß in einzelnen Fällen eine besondere Veränderung in der Zelle vor sich gehe, durch die sie außer Stand gesetzt wird, zu erkennen, während ihr die Fähigkeit der Vorstellung doch noch verbleibt. Hierin scheint mir das Schema, welches *Munk* für den Menschen aufstellt, ebenso unglücklich zu sein, wie jenes, welches er für das Sehgedächtniß beim Hund angenommen hat.

Nach *Wilbrand* hätte der Verlust des Sehgedächtnisses zur Folge:

- 1) Störungen der regelrechten Aneinanderreihung der optischen Bilder (Verdrehung der Vorstellung).
- 2) Mangelhaftes Urtheil über die Zeit.
- 3) Verwirrungen und Verwechslungen durch gleichzeitiges Andrängen zahlreicher neuer fremder Gesichtseindrücke.

Zu diesem Ergebnis führt ihn der von ihm beobachtete Fall, indem er ihn so in das von ihm aufgestellte Schema einzuordnen sucht. Die betreffende Kranke glaubte Gegenstände, die sie im Zimmer vor sich sah, auf der Straße befindlich; sie sah ein Dienstmädchen für einen gedeckten Tisch an. Mir scheint dies nicht als Untergang der Thätigkeit des betreffenden Theils des Centrum aufzufassen zu sein, sondern nur als falsche Deutung. Es wäre dies der gleiche Vorgang, wie bei Illusionen und Hallucinationen. Die Kranke hatte den Zeitfinn verloren; wenige Stunden kamen ihr vor wie Wochen. Bedenke ich, daß der Kranke, welcher des Sehgedächtnisses verlustig gegangen ist, im übrigen wohl einem Blindgeborenen gleich ist, daß aber bei diesem der Zeitfinn ganz richtig ausgebildet ist, so muß ich einen Zusammenhang zwischen dem Verlust des Zeitfinns und dem Untergang der Thätigkeit des Centrum des Sehgedächtnisses bezweifeln. Was den dritten von *Wilbrand* aufgeführten Punkt betrifft, so sollte meiner Ansicht nach gerade das Umgekehrte stattfinden; das optische Bild ist für den Kranken nicht vorhanden, wie kann es also irgend welche Unregelmäßigkeit bedingen? Hätte *Wilbrand* bei seiner Kranken nicht nur von Seiten des Sehgedächtnisses Hirn-



erscheinungen finden wollen, so hätte er wohl weniger voreingenommen geurtheilt <sup>1)</sup>).

Ergänzend zu all diesen oben weiter ausgeführten Beobachtungen über Verlust des Sehgedächtnisses treten noch die Erscheinungen der Aphasie hinzu. Auch diese beruht auf einer Erkrankung eines seelischen Centrum in der Hirnrinde, sie entsteht ebenso plötzlich und unter den gleichen Bedingungen wie die Seelenblindheit. Während aber die erstere so häufig ist, daß man Gelegenheit hatte, sie genau kennen zu lernen, ist die letztere so selten beobachtet, daß man ihr Wesen noch wenig erforscht hat, um so mehr, als man meiner Ansicht nach nicht den richtigen Weg gewählt hat, indem man die irrthümliche Lehre *Munk's* von der Seelenblindheit am Hundegehirn zur Richtschnur genommen hat.

Es giebt verschiedene Stufen der Aphasie; jeder derselben entspricht der Verlust eines Theils der Sprache. In den einfacheren Fällen hat der Kranke das Namengedächtniß verloren (die Hauptwörter). Er spricht in langen Sätzen und stockt nur dann, wenn er einen Namen aussprechen will. Durch lange Umschreibungen, indem er häufig durch entsprechende Zeit- oder Eigenschaftswörter das fehlende Hauptwort ersetzt, sucht er seine Gedanken auszudrücken. Erräth man zufällig das vom Kranken gesuchte Wort, so braucht man ihm nur die ersten Silben desselben vorzusagen, und in vielen Fällen wird sich der Kranke sogleich desselben wieder erinnern und das Wort schnell hervorstoßen, um es sogleich wieder zu vergessen.

In den schwereren Fällen, oder wenn der Kranke wiederholte Anfälle gehabt hat, folgt auf den Verlust der Namen und Hauptwörter der der Eigenschaftswörter und Zeitwörter; mit dem Ver-

---

<sup>1)</sup> Ausgebreitete Hirnerkrankungen führen immer zu Herabsetzung der geistigen Fähigkeiten. *Sazie*, welcher Untersuchungen über aphasische Kranke gemacht hat, meint es sei bei ihnen immer eine solche Herabsetzung zu beobachten, manchmal selbst in so hohem Maaß, daß die betreffenden Kranken als vollkommen dement anzusehen sind. *Sazie*, Thèse de Paris, 1879.



luft des Gedächtnisses schwindet der Wortschatz des Kranken immer mehr bis zur völligen Wortlosigkeit.

*Kussmaul*<sup>1)</sup> meint, ein Wort ginge um so leichter aus dem Gedächtniß verloren, je faßlicher der Gegenstand ist, den es bezeichnet; den Grund hierfür sucht er darin, daß die Kenntniß von Menschen und Gegenständen weniger eng mit ihrem Namen in Zusammenhang stehe als die abgeleiteten Begriffe, die ihren Zustand, ihre Eigenthümlichkeit und ihre Beziehungen bezeichnen. In der That dienen die Eigenschafts- und Zeitwörter zur Bezeichnung einer unbegrenzten Menge von Thatfachen, während das Hauptwort nur ein fest bestimmtes und unveränderliches Ding bezeichnet.

Noch ein wesentlicher Punkt wäre nicht zu übergehen, daß nämlich ein vollkommen wortloser Kranker manchmal für kurze Zeit der verloren gegangenen Worte theilhaftig werden kann. So kann es vorkommen, daß er in der Erregung lange Sätze wieder nachzusprechen im Stande ist; meistens oder fast ausnahmslos sind dies dann heftige Unwillensbezeugungen. Diese Erscheinung wurde von *Jackson* beobachtet und in der Folge häufig bestätigt.

Wie man sieht, hat kein Beobachter zur Deutung dieses gradweisen Verlustes der verschiedenen Bestandtheile der Sprache bei der Aphasie zu der künstlichen Erklärung *Munk's* gegriffen, mit der er klar machen will, wie bald das eine, bald das andere Erinnerungsbild des Sehgedächtnisses verloren geht. Wären die Namen in einer geforderten Zelleninsel untergebracht, in einer anderen die Zeitwörter u. s. w., ferner die Eigenschaftswörter und Bindewörter, so hätten wir nur den Ausweg gehabt, zu der wenig bedeutenden Annahme zu greifen, daß die Zelle, die ihr Erinnerungsbild behält, größere Widerstandskraft besäße oder an einem besonders begünstigten Ort liege. Wie viel aber gewohnheitsmäßige oder besonders tiefe Einprägung einer Sache in das Gedächtnißvermögen vermag, geht aus dem von *Dejerine* mitgetheilten

<sup>1)</sup> *Kussmaul*, Die Störungen der Sprache 1882.



Fall hervor. Ein halbseitig gelähmter und sprachloser Kranker — früherer Officier — vermochte sonst nur noch die eine Sylbe *tu* auszusprechen, war aber dabei noch im Stand, die ganze *Marfeillaife* von Anfang bis zu Ende zu singen. Von einem Arzte wurde mir folgender Fall mitgetheilt, der eine deutsche, in Rom lebende Dame betraf. Diese Kranke hatte nach einem Schlaganfall die ihr bis dahin ganz geläufige italienische Sprache bis auf das letzte Wort vollkommen verloren.

Wir müssen noch den Verletzungen des Gehirns, die zur Wortblindheit führen, besondere Beachtung und Besprechung widmen.

Das feelische Centrum des Gehörs scheint keinen unbedingten Zusammenhang mit dem Gedächtniß der Schriftzeichen zu haben; wenigstens werden Fälle von Worttaubheit mitgetheilt, in denen keine Wortblindheit vorhanden war.

*Magnan* bringt folgenden Fall<sup>1)</sup>:

Gehör: Unfähigkeit, das gesprochene Wort zu verstehen, bei an und für sich gutem Gehör;

andere Erscheinungen: motorische Aphasie; dabei ist die Fähigkeit, das gedruckte und geschriebene Wort zu verstehen, erhalten.

Leichenbefund: in der rechten Hirnhälfte nicht scharf umschriebene, ausgebreitete Bindegewebsentartung in der dritten Stirnwindung und der Insel; Erweichungsherd in der ersten und zweiten Schläfenwindung.

Gewöhnlich sieht man Wortblindheit ohne jegliche Worttaubheit. Hierher gehören einige Beobachtungen von *Seppilli*<sup>2)</sup>. In 17 Fällen von Worttaubheit sah er Zerstörungsherde in dem Schläfenlappen. War die Worttaubheit mit Wortblindheit verbunden, so ging mit der Veränderung im linken Schläfenlappen eine Veränderung links im Scheitellappen, im gyrus angularis und im Hinterhauptlappen einher.

<sup>1)</sup> *Magnan*, Gaz. des hospitaux Nr. 59, 1883.

<sup>2)</sup> *Seppilli*, La sordità verbale. La rivista sperimentale di freniatria, 1884.



Ich glaube, daß vom Centrum der gegliederten Bewegungen der Sprache das Gleiche nicht gilt. In allen Fällen von Worttaubheit finden sich wenigstens im Anfang auch aphasische Erscheinungen und halbseitige Lähmung des Körpers.

*Magnan* <sup>1)</sup> sah bei einem 65jährigen Kranken Wortlosigkeit und Lähmung der rechten Seite. Die Aphasie und die Lähmung besserten sich aber, die Wortblindheit blieb unverändert bestehen.

*Trousseau* <sup>2)</sup> theilte einen Fall mit, in dem die rechtsseitige Lähmung und die Aphasie nur vorübergehend waren; der Kranke sprach wieder ganz tadellos, und doch war er der Fähigkeit, geschriebene und gedruckte Schrift zu lesen, vollkommen verlustig gegangen.

Ein Fall von *van den Abeele* <sup>3)</sup> entspricht im Wesentlichen dem eben angeführten von *Trousseau*. Zehn Monate nach einem Schlaganfall bemerkt der Kranke, daß er seine eigene Schrift nicht zu lesen vermag, ebenfowenig irgend welche geschriebene oder gedruckte Schriftzeichen. Nach mehrmonatlicher Uebung erreicht er es, zur Noth einige Worte wieder lesen zu können. Die geistigen Fähigkeiten waren etwas herabgesetzt, das Gedächtniß geschwächt.

Die Aphasie und rechtsseitige Lähmung stehen in so innigem Zusammenhang mit der Wortblindheit, daß wir auch in dem Fall von *Samelsohn* alle diese Erscheinungen vereint finden, wo doch die Verletzung ausschließlich im Hinterhauptlappen saß. In einigen Fällen scheint die Wortblindheit zu fehlen, aber sie tritt hier nur nicht so offen zu Tage. Es sind dann keine aphasischen Erscheinungen vorhanden. Ein Beispiel hierfür giebt ein Fall von *Charcot*. Der betreffende Kranke vermochte die Schrift nur zu lesen und zu verstehen, wenn er zu gleicher Zeit die entsprechende Schreibbewegung und die entsprechenden Bewegungen der Lippen

<sup>1)</sup> *Magnan*, Commun. à la Société de biologie, citirt von *Robin*. Paris. Thèse 1880.

<sup>2)</sup> *Trousseau*, Arch. gén. de med., 1865.

<sup>3)</sup> *Van den Abeele*, Bulletin de l'académie de méd. de Belgique, 1865.



ausführte und noch das Gehör zu Hülfe nahm. Die Herabsetzung des Sehgedächtnisses war bei diesen Kranken gewiß auch mit einer Schwächung des graphischen Gedächtnisses verbunden. Doch gelang es ihnen vollkommen, diesen Fehler auszugleichen, wenn sie das feelische Sehcentrum durch jene drei Hülfs-thätigkeiten der Sprache und Schrift in höhere Erregung versetzten.

Aus all dem Gefagten geht deutlich hervor, daß sowohl Verletzungen des Hinterhauptlappens, als solche des *Broca'schen* Centrum zu Wortblindheit Veranlassung geben können.

In den meisten Fällen aber ist der Sitz der Erkrankung in der zweiten Scheitelwindung und dem gyrus angularis linkerseits.

Zwei Erklärungen werden für die Erscheinung der Wortblindheit gegeben. Die eine, die von *Charcot*, *Wilbrand*, *Armaignac* und *Berlin*, hält an einem im Gehirn vorhandenen besonderen Centrum der Sprache fest; die andere, die von *Wernicke* aufgestellte, giebt nicht zu, daß die Wortblindheit auf Verlust einer Thätigkeit gleicher Ordnung mit dem Sehen beruhe, die nur eigens dem Gedächtniß der Schriftzeichen diene, sondern nimmt an, daß die Wortblindheit eine Erscheinung zweiter Ordnung sei und durch Unterbrechung der verbindenden Leitungsbahnen zwischen dem Erinnerungsbild des Sehgedächtnisses und den entsprechenden Sprachcentren entstehe.

Nach den oben angeführten Beobachtungen glaube ich berechtigt zu sein, nach ihren Ursachen dreierlei Arten von Wortblindheit zu unterscheiden:

- 1) sensorische Wortblindheit;
- 2) auf motorischer Störung beruhende Wortblindheit;
- 3) auf Leitungsunterbrechung beruhende Wortblindheit.

Die sensorische Wortblindheit geht mit dem Verlust des Sehgedächtnisses einher, welches, meiner Ansicht nach, das Gedächtniß für die Schrift mit umfaßt. Demnach gäbe es nur ein einziges Centrum feelischer Thätigkeit für das Gedächtniß und die Wiedervorstellung der Gegenstände mit Einschluß der



geschriebenen und gedruckten Schriftzeichen. Fälle reiner Seelenblindheit sind sehr selten; indeß mußte man in denen, die zur Beobachtung gekommen sind, doch auch gefunden haben, daß der Kranke die Fähigkeit, die Schrift zu erkennen und zu verstehen, nicht verloren habe, wenn es wirklich ein eigenes Centrum für die Schriftbilder gäbe, das unabhängig wäre von dem allgemeinen Sehgedächtniß. In einem der mitgetheilten Fälle war die Seelenblindheit von Unfähigkeit zu lesen (Alexie) begleitet. Es bestand Erweichung des Hinterhaupt- und des Sphenoidallappens. Die dritte Stirnwindung war leicht entartet; die zweite Schläfenwindung und der gyrus angularis waren unverfehrt. In einem anderen Fall, der von *Samelsohn* berichtet wird, zeigte sich bei ausgebreiteter Zerstörung des linken Hinterhauptlappens Verlust des Sehgedächtnisses auch für gedruckte und geschriebene Schriftzeichen. Außerdem findet sich bei Kranken mit Schwächung des Sehgedächtnisses im Allgemeinen auch stets Herabsetzung des Gedächtnisses für die Schriftzeichen. Alles dies zusammen weist darauf hin, daß die Verletzungen des Sehgedächtnisses Wortblindheit zur Folge haben können, wenn auch die zweite Schläfenwindung und der gyrus angularis nicht mit ergriffen sind.

Die Wortblindheit durch Bewegungsstörung schließt jegliche Veränderung des Sehgedächtnisses aus, sie ist an aphasische Erscheinungen gebunden, gleichviel ob diese von Verletzung der dritten Stirnwindung oder von einer zwischen dieser und dem Centrum in der ersten Schläfenwindung liegenden abhängen. Thatächlich sind vollständig wortlose Kranke auch nicht im Stand, die Schrift zu verstehen, wahrscheinlich weil sie zu den betreffenden Schriftzeichen sich die entsprechenden Bewegungen der Lippen u. s. w. nicht in's Gedächtniß und Bewußtsein zurückzurufen vermögen.

Es werden Fälle von Aphasie mitgetheilt, in denen der Kranke das Gedächtniß für die Bewegungen beim Sprechen der Worte vollkommen verloren hatte und doch noch im Geist zu lesen im



Stande war, d. h. er verstand die Schrift, vermochte aber auch nicht ein einziges Wort laut zu lesen. Dies steht durchaus nicht im Widerspruch mit dem oben Gefagten, denn es ist ganz gut zu vereinigen, daß bei dem Untergang des feelischen Centrums der Aussprache nur das Gedächtniß für den körperlichen Vorgang des Aussprechens verloren geht, das Gedächtniß für das Aussprechen im Geist aber vorhanden bleibt. In allen diesbezüglichen Fällen waren die Kranken nicht vollkommen aphasisch, sondern sie vermochten einige Sylben hervorzubringen; einige derselben waren im Stand, Gelesenes zu verstehen, vermochten aber für jedes Wort nur die eine Sylbe oder das eine Wort hervorzubringen, das ihnen geblieben war.

Die Wortblindheit durch Unterbrechung der Leitungsbahnen ist die, welche am häufigsten vorkommt; sie beruht auf einer Heerderkrankung mit Zerstörung der Verbindungsfasern, welche die articulirte Bewegung des gesprochenen Lautes mit dem entsprechenden Gedächtnißbild in Zusammenhang bringen; die Bahnen, die von einem dieser Centren zum andern führen, scheinen durch die zweite Schläfenwindung und den gyrus angularis zu gehen. *Charcot* hält den betreffenden Bereich für ein eigenes feelisches Centrum; wäre dem so, so müßte jedenfalls dieses Centrum unabhängig sein von Veränderungen, welchen das Sehgedächtniß für Gegenstände und das feelische Centrum des gesprochenen Wortes unterliegen; das Gedächtniß des Verständnisses für gelesene Schrift müßte bei Aphasischen unverfehrt sein; Verletzungen der Rinde der Hinterhauptlappen dürften keinen Einfluß auf das Gedächtniß der Schriftzeichen haben; Verlust des Gedächtnisses für Schriftzeichen müßte endlich — wenn es unabhängig von Aphasie wäre — wenigstens in einzelnen Fällen ohne aphasische Störungen beobachtet worden sein. Aber wir finden gerade das Umgekehrte. Es sind keine Fälle von Wortblindheit ohne Aphasie bekannt, bei Aphasie nach tiefliegenden Verletzungen, welche aber die zweite Scheitelwindung und den gyrus angularis frei lassen, findet sich nicht das Erhaltensein der Fähigkeit, im Geiste zu lesen; endlich



kann Verlust des Sehgedächtnisses vom Verlust des Gedächtnisses für gedruckte und geschriebene Schriftzeichen begleitet sein.

Die vergleichende Untersuchung der Krankheitsveränderungen bei Wortblindheit und der Krankheitsveränderungen bei Aphasie zeigt am deutlichsten, daß man mehrere Arten von Wortblindheit zu unterscheiden hat.

*Magnan* <sup>1)</sup> unterscheidet nach dem Grad der Erscheinung zwei Arten von Aphasie: *Amnesia verbalis* einerseits und *Logoplegia* andererseits.

Er sagt: «Lege ich mehrere Gegenstände dem Kranken vor, einen Federhalter, ein Stück Kreide und eine Uhr, und sage dem Aphasischen, mir die Uhr oder den Federhalter zu zeigen, so bleibt er gleichgültig, er versteht den Sinn meiner Worte nicht, er erfährt nicht den Zusammenhang zwischen den Worten und dem Gedanken, welchen sie ausdrücken sollen; er hat das Gedächtniß verloren für das Symbol, das den Gedanken zum Ausdruck bringt, ihm eine greifbare, verständliche Gestalt giebt; er hat gewissermaßen die geistige, innere Sprache verloren, d. h. der Kranke leidet an *Amnesia verbalis*».

«Bitte ich hingegen den Aphasischen der anderen Art, mir die Uhr zu geben, so reicht er sie mir her, ebenso die Kreide; frage ich ihn aber: ‚was ist dies?‘ indem ich auf Uhr oder Kreide deute, so ist er nicht im Stande, mir die Antwort zu geben, ja er ist manchmal auch nicht einmal fähig, den Gebrauch des Gegenstandes durch Gebärden auszudrücken. Dieser Kranke hat die ‚innere Sprache‘ nicht verloren (das Verständniß, die Begriffe), er weiß noch den Gedanken und den Ausdruck desselben in ihrem Zusammenhang zu erkennen; die den Gegenstand bezeichnenden Laute erwecken in seinem Geist ein wohlbekanntes Bild, aber er ist nicht im Stand, es durch Laute wiederzugeben. Er ist *logoplegisch*.»

Vergleichen wir nun die Erscheinungen der verbalen Amnesie und der Logoplegie mit denen der Wortblindheit.

<sup>1)</sup> *Magnan*, Leçons faites en 1880 à l'asile Ste-Anne. Tribune médicale, 1880.



Verbale Amnesie tritt bei Verletzung des Centrum der Wortbildung auf. Der Name des Gegenstands ist dem Kranken ganz fremd. Dem Gedächtniß eines Wortes beim Aphasischen entspricht der Werth des Erinnerungsbildes, der Schrift beim Wortblinden; ist nun das Centrum des Sehgedächtnisses zerstört, so wird das Bild der Schrift keinen Werth mehr für uns haben, weil wir das Verständniß für ihre Bedeutung verloren haben; wir werden sie darum nicht mehr lesen und nicht mehr schreiben können, wenn wir sie auch noch auszusprechen im Stand sind, aber das Ausprechen eines Wortes wird weder das entsprechende Bild, noch den entsprechenden Begriff in uns wach rufen. Andererseits werden wir, wenn das Centrum der Aussprache zerstört ist, wohl noch die Bedeutung und den Sinn eines Schriftzeichens begreifen, aber sein Name wird uns nicht Erinnerunglich sein, er wird uns als etwas ganz Fremdes erscheinen. Im ersteren Fall ist das Centrum der Aussprache unbeschädigt, wir können aber keinen Gebrauch davon machen, denn die Schriftzeichen sind uns fremd; im zweiten Fall macht der Verlust des Bewußtseins der Bewegung des Aussprechens uns sogar das Lesen im Geiste unmöglich, und die Schrift wird nicht in ihrer ganzen Bedeutung begriffen werden.

Bei der Logoplegie ist das Centrum der Wortbildung unverfehrt, aber die Leitungsbahn ist unterbrochen. Der Kranke ist im Besitz des Namens und des Begriffs des Gegenstands, aber er vermag den Gegenstand, den er bezeichnen will, nicht mit dem ihm eigenen Namen anzugeben. Er vermag den Gegenstand in seiner Bedeutung zu bezeichnen, giebt ihm aber einen ihm nicht zukommenden Namen, und zeigt man ihm nun den Gegenstand, dessen Namen er fälschlich dem anderen beigelegt hat, so vermag er nun diesen Namen auch nicht mehr zu finden. Ist die Verbindungsbahn zwischen dem Sehcentrum und dem Centrum der Aussprache zerstört, so ist der Kranke im Besitz des Erinnerungsbildes des Schriftzeichens, er vermag es niederzuschreiben, kennt auch seinen Namen, weiß es aber, wenn er es sieht, nicht zu benennen. Dies sind die Fälle von reiner Wortblindheit, in welchen



der Kranke die Sprachfähigkeit vollkommen behalten und das Sehgedächtniß für die Schriftzeichen nicht verloren hat, wo aber die Verbindung zwischen diesen Centren unterbrochen ist und es dadurch zu dem gleichen Ergebniß kommt, als ob eines dieser Centren oder beide zerstört wären.

Ehe wir diesen Abschnitt beschließen, müssen wir über den Sitz und den Entstehungsvorgang der Trugbilder (Hallucinationen) sprechen.

*Westphal* fand an der Leiche eines an Farbenhallucinationen leidenden Kranken einen Erweichungsherd im rechten Hinterhauptlappen. *Gowers* fand bei einem anderen, der immer eine goldene Schlange zu sehen gemeint hatte, eine Geschwulst im rechten Hinterhauptlappen. Ebenso sahen *Monakow*, *Tamburini* und *Riva*<sup>1)</sup> bei Kranken mit solchen Trugbildern stets Veränderungen in den Hinterhauptlappen.

*Tamburini*<sup>2)</sup> war es, der zuerst die Lehre aufstellte, daß die Hallucinationen ihren Sitz in den Sinnescentren der Hirnrinde haben. Er meint, daß ein Reizungszustand der Hirnrinde diese Erscheinung ebenso hervorriefe, wie Reizungszustände der psychomotorischen Centren Krampfanfälle bedingen, nämlich durch Uebertragung auf die äußeren neuromuskulären Theile. Die Gesichtshallucinationen wären demnach die unmittelbaren Erscheinungen eines wahren Krampfs des Sehbezirks.

*Wetter*<sup>3)</sup> theilt die Krankengeschichte einer Frau mit, die bei Halbblindheit an Gesichtshallucinationen in den blinden Gesichtsfeldhälften litt. *Pick*<sup>4)</sup> berichtet von einem Kranken, dessen rechtes Gesichtsfeld oben stark und innen ein wenig eingeengt war; derselbe litt an Gesichtshallucinationen und zwar sah er nur die obere Hälfte der Trugbilder.

<sup>1)</sup> *Tamburini* und *Riva*, Atti del congresso freniatico, 1884.

<sup>2)</sup> *Tamburini*, Rivista sper. di freniatria, 1880.

<sup>3)</sup> *Wetter*, Deutsch. Archiv für Klin. Med., 1882.

<sup>4)</sup> *Pick*, Lehrbuch der Psychiatrie, 1880.



*Luciani* und *Seppilli* nehmen für den Fall von *Wetter* eine Erkrankung an, die das rechte intracerebrale Bündel der optischen Fasern verfehrt habe, welche von der rechten Hälfte beider Netzhäute stammen, und meinen, diese Zerstörung habe eine Reizung der den verletzten Fasern entsprechenden Sehb Bestandtheile der Hirnrinde bedingt. Ich glaube, auch den Fall von *Pick* kann man auf gleiche Weise erklären, so daß man berechtigt ist anzunehmen, daß ein von außen nach innen gehender Reiz im Stande ist, Trugbilder hervorzurufen. Die Ansicht *Tamburini's*, daß eine krankhafte Reizung der psychomotorischen Rindencentren einen Krampfanfall hervorrufe durch Ausstrahlung auf äußere neuromuskuläre Theile, würde mit einer von innen nach außen gehenden Erregung zusammenfallen, welche von den Rindenzellen aus die äußeren Theile erregte. Es wäre demnach sowohl die Möglichkeit gegeben, daß ein Erkrankungsherd, der die Sehbahnen reizt, eine Uebertragung des Reizes auf die Rindentheile zur Folge hätte, als auch, daß eine Erregung, die sich im Rindenherd entwickelt, sich auf die äußeren Theile übertrüge.

Es widerspricht dem die Annahme nicht, daß die Erregung der Gehirnzelle, in den Fasern der Sehnerven fortgeleitet, sich als Reiz auf die Bestandtheile der Netzhaut übertrage, worauf diese mit der ihnen eigenen Energie antworten würden.

Demnach wären Lichterscheinungen — wenn solche in den Hallucinationen auftreten — auf die den Netzhauttheilchen eigene Zusammenziehung zurückzuführen. In anderen Fällen kann auch der aufsteigende Reiz — das Ergebniß der in der Netzhaut aufgetretenen Erregung — im Stande sein, die feehische Sehzelle in Erregung zu versetzen, welche ihrerseits irrthümlicher Weise diesen Reiz auf ein bekanntes Erinnerungsbild bezieht.

Ich schließe hiermit den Abschnitt über die Localisation der Gehirn-Sehcentren, indem ich mir wohl bewußt bin, in manchen Fragen, die das cerebrale Sehen betreffen, auf Grund meiner Versuche und gewichtiger Thatfachen von den von anderen Untersuchern verfochtenen Anschauungen abgewichen zu sein.



So mußte ich die Eigenschaft der Netzhaut, auf jeden Licht- und Farbenreiz mit einer eigenen Thätigkeit zu antworten, betonen und muß darum der Netzhaut die Aufgabe zuerkennen, den Licht- und Farbeindruck zu unterscheiden und einen centripetalen Reiz zu entwickeln, der die Außenwelt mit dem empfindenden und wahrnehmenden Centrum in Verbindung bringt.

Dem Sehcentrum im Gehirn sind zwei Aufgaben vorbehalten, erstens den centripetalen Reiz zu empfinden; das Ergebnis dieser Empfindung ist das einfache (unbewußte) Sehen; zweitens die Wahrnehmung dieses Vorgangs des blöden Sehens. Im ersteren Fall sieht das betreffende Geschöpf, ohne daß ihm zum Bewußtsein kommt, was es sieht; diese Fähigkeit wird ihm nur dann zu Theil, wenn das Wahrnehmungscentrum des Sehens im Stande ist, die einfache Empfindung aufzunehmen. Ich habe betont, daß das Centrum des Gehirn-Sehens kein einfaches ist; in der That kommt das einfache Sehen den Nervenzellen der Ganglien zu, die im Verlauf der Sehnervenfaser eingeschoben sind, während das Centrum des bewußten (intellektuellen) Sehens, d. h. jenes Centrum, dem das Erinnerungsbild des Gesehenen innewohnt, und in dem die Vorstellung desselben sich bildet, von den Nervenzellen gebildet wird, welche in der Hinterhaupttrindenmasse liegen.

Nur bei solcher Anordnung vermag ich es mir zu erklären, wie das Sehen jedem Geschöpf gegeben ist, bei welchem das peripherische Organ des Sehens mit den Sehganglien des Mittelhirns in Verbindung steht. Der Vorgang des Sehens findet bei ihnen auch dann statt, wenn letztere auch nur unvollständig ausgebildet sind. Aber das Geschöpf bringt Sehen und Handeln nur reflectorisch in Einklang, es empfindet ohne Theilnahme des Bewußtseins, und handelt ohne sich dessen bewußt zu sein.

Das bewußte Sehen ist nur den Thieren eigen, deren Gehirn sich bis zu den Halbkugeln entwickelt hat; aber die unter den Säugethieren stehenden Wirbelthiere scheinen mir dieses bewußte Sehen nur in sehr geringem Maß zu besitzen, vielleicht in so geringem Maße, daß seine Aeüßerungen nicht nachzuweisen sind.



Ein Beispiel hierfür haben wir an den Tauben, denen die Hirnhalb-  
kugeln abgetragen wurden.

Beim Menschen giebt es nur ein Sehen mit Theilnahme der Seele, er kennt kein unbewußtes Zusammenwirken von Sehempfindungen und Handlungen. Er durchlebt sein Dasein, indem er sich in all seinen Handlungen an die Urtheile hält, die das Ergebnis von Eindrücken sind, welche er mittelst der Sinne empfangen und mit der Seele verstanden hat. So geht beim Menschen ein Act des Verstandes nicht nur aus der bestimmten Thätigkeit eines einzigen feelischen Centrum hervor, sondern meistens aus dem Zusammenwirken verschiedener Centren; hierfür kann die Thätigkeit des Schreibens und des Lesens als Beispiel dienen. Es bedürfen die feelischen Vorgänge, die aus zusammengesetzten Thätigkeiten, bei welchen mehrere besondere Centren zusammenwirken, hervorgehen, keines eigenen feelischen Rindencentrums. Ich halte es also für unzulässig, für die Thätigkeit des Lesens ein besonderes Rindencentrum beim Menschen aufzustellen.

## Erklärung der Tafeln.

### Tafel I.

Die den Abbildungen beige-*setzten* Buchstaben haben folgende Bedeutung:

- a b* Spitze der Stäbchen.
- b p* Farbstoffhaltiger Zellkörper.
- b s* Stäbchen mit kurzem äußeren Glied (*Schwalbe'sches* Stäbchen).
- c* Zapfen.
- c l* Lymphraum.
- c i* Unbewegliches Zäpfchen.
- c p* Protoplasmatische Kuppe.
- g a* Aleuronoïdes Körnchen.
- g e b* Äußeres Korn des Stäbchens.
- g e c* Äußeres Korn des Zapfens.
- g o* Fetttröpfchen der Epithelzelle.
- g o c* Fetttröpfchen des Zapfens.
- l b* Linse der Stäbchen.
- l c* Linse der Zapfen.
- m e b* Äußeres Glied der Stäbchen.



am c c Aeüßeres Glied der Zapfen.  
 am l e Membrana limitans externa.  
 am m b Myoïdes Glied der Stäbchen.  
 am m c Myoïdes Glied der Zapfen.  
 am r Membrana reticularis der Netzhaut.  
 am Kern der Epithelzelle.

pp r Netzhautpigment.

- Fig. 1. Epithelzelle der Froschnetzhaut. Zustand in Dunkelheit. Hartnack, Ocul. 2. Objectiv 9.
- Fig. 2. Epithelzelle der Froschnetzhaut. Zustand in Beleuchtung. H. 2. 9.
- Fig. 3. Froschnetzhaut, Dunkelheit, Stäbchen- und Zapfenschicht. H. 4. 7.
- Fig. 4. Froschnetzhaut. Netzhautbild. Gleichzeitige Einwirkung von Hell und Dunkel auf an einander grenzende Stellen. H. 4. 7.
- Fig. 5. Froschnetzhaut. Stäbchen- und Zapfenschicht. Zustand im Halbdunkel. H. 2. 7.
- Fig. 6. Froschnetzhaut. Stäbchen- und Zapfenschicht. Fünf Minuten langes Einwirken von Kerzenlicht. H. 2. 7.
- Fig. 7. 8. Netzhautbild in der Netzhaut eines Auges, das im Leben zwanzig Minuten lang einem Druck ausgesetzt gewesen war. (Abbildg. 7.) Netzhautbezirk aus der Nähe der gedrückten Stelle. (Abbildg. 8.) Stelle der stärksten Druckeinwirkung. H. 2. 5.
- Fig. 9. Farbstoffhaltige Epithelialzellen der Netzhaut einer Testudo marina. Zustand im Dunkeln. H. 2. 9.
- Fig. 10. Zapfenschicht der Testudo marina. Zustand im Dunkeln. H. 2. 9.
- Fig. 11. Farbstoffhaltige Epithelialzellen der Netzhaut von Testudo marina nach Einwirkung von Licht. H. 2. 9.
- Fig. 12. Zapfenschicht der Netzhaut von Testudo marina nach Einwirkung von Licht. H. 2. 9.
- Fig. 13. Stäbchen- und Zapfenschicht der Netzhaut von Salamandra maculata. Zustand im Dunkeln. H. 2. 7.
- Fig. 14. Stäbchen- und Zapfenschicht der Netzhaut von Salamandra maculata nach Einwirkung von Licht. H. 2. 7.
- Fig. 15. Epithelialzelle der Netzhaut eines Albino-Kaninchens von der Fläche gesehen nach Einwirkung von Licht. H. 2. 9.
- Fig. 16. Epithelialzelle der Netzhaut eines Albino-Kaninchens von der Fläche gesehen. Zustand im Dunkeln. H. 2. 9.
- Fig. 17. Farbstoffhaltige Epithelialzelle der Netzhaut vom Kaninchen nach Einwirkung von Licht. H. 2. 9.
- Fig. 18. Farbstoffhaltige Epithelialzelle der Netzhaut vom Kaninchen im Dunkeln. H. 2. 9.
- Fig. 19. Stäbchen- und Zapfenschicht der Froschnetzhaut nach Einwirkung von Licht. H. 3. 8.
- Fig. 20. Stäbchen- und Zapfenschicht der Netzhaut vom Frosch nach einer 1 Stunde langen Einwirkung von Tönen. H. 3. 8.



- Fig. 21. Stäbchen-, Zapfen- und Epithelialzellenschicht der Netzhaut vom Frosch nach einer zehn Minuten langen Einwirkung rothen Spectrallichts. H. 4. 5.
- Fig. 22. Desgleichen nach Einwirkung gelben Spectrallichts.
- Fig. 23. Desgleichen nach Einwirkung grünen Spectrallichts.
- Fig. 24. Desgleichen nach Einwirkung violetten Spectrallichts.
- Fig. 25. Desgleichen nach Einwirkung blauen Spectrallichts.
- Fig. 26. Stäbchen- und Zapfenschicht der Netzhaut von *Columba livia*. Hier ist der besondere Bau der Netzhaut im Bereich des größten Umkreises des Augapfels wiedergegeben, wie er allen Wirbelthieren eigen ist. Die Epithelialzelle streckt sich mit ihrem farbstoffhaltigen Körper nach vorn und stellt sich schief zur Richtung der Stäbchen. Dieser eigenthümliche Bau ist sicher nicht ohne optische Bedeutung. H. 2. 9.
- Fig. 27. Netzhaut vom Frosch. Schicht der Stäbchen, Zapfen und Epithelialzellen nach zehn Minuten langer Einwirkung von rothem Licht. H. 1. 5.
- Fig. 28. Desgleichen nach Einwirkung von gelbem Licht. H. 1. 5.
- Fig. 29. Desgleichen nach Einwirkung von grünem Licht. H. 1. 5.
- Fig. 30. Desgleichen nach Einwirkung von blauem Licht. H. 1. 5.
- Fig. 31. Desgleichen nach Einwirkung von hellviolettem Licht. H. 1. 5.
- Fig. 32. Schicht der Stäbchen, Zapfen und Epithelialzellen der Netzhaut von *Columba livia*. Zustand im Dunkeln. H. 2. 7.
- Fig. 33. Schicht der Stäbchen, Zapfen und Epithelialzellen der Netzhaut von *Columba livia* nach Einwirkung von Licht. H. 2. 7.
- Fig. 34. Epithelialzellenschicht vom Frosch, von der Fläche gesehen. Auf derselben breitet sich die membrana reticularis der Netzhaut aus.

### Tafel II.

Die den Abbildungen beigefetzten Buchstaben haben folgende Bedeutung:

- c* Commissur.
- c g e* Aeüßerer Kniehöcker (lateral).
- c g i* Innerer Kniehöcker (medial).
- c g* Gudden'sche Verbindungsfasern.
- c M* Meynert'sche Verbindungsfasern.
- e m* Eminentiae mamillares.
- f c* Gekreuztes Bündel.
- f d* Ungekreuztes Bündel.
- f l* Luys'sches Bündel.
- F O* Optisches Bündel.
- n o d* Rechter Sehnerv.
- n o s* Linker Sehnerv.
- p* Pedunculi.
- p u* Kissen (pulvinar).
- t o* Tractus opticus.



*t o d* Rechter tractus opticus.

*t o s* Linker tractus opticus.

- Fig. 1. Tractus opticus vom Kaninchen mit Schwund des rechten Sehnerven nach Herausnahme des rechten Auges. Schwund des tractus der anderen Seite. Natürl. Größe.
- Fig. 2. Schwund des Sehnerven rechts, beide tractus scheinen entartet (vom Hirn eines Hundes). Natürl. Größe.
- Fig. 3. Schwund des Sehnerven rechts; vom Menschen. Beide tractus sind deutlich entartet. Natürl. Größe.
- Fig. 4. Wagerechter Schnitt durch das Chiasma beim Kaninchen, entsprechend der Abbildung 1. Vergrößerung 9 mal.
- Fig. 5. Sehganglien der Hirnbasis von Fig. 3. Natürl. Größe.
- Fig. 6. Wagerechter Schnitt durch das Chiasma. Entsprechend dem in Abbildung 2 wiedergegebenen Fall. Vergrößerung 10 mal.
- Fig. 7. Senkrechter Schnitt durch den tractus links von dem in Fig. 2 wiedergegebenen Fall. Vergrößerung 33 mal.
- Fig. 8. Desgleichen vom rechten tractus. Vergrößerung 33 mal.
- Fig. 9. Wagerechter Schnitt durch das Chiasma des Menschen nach Schwund des rechten Sehnerven. Vergrößerung 7 mal.
- Fig. 10. Senkrechter Schnitt durch den rechten tractus vom vorhergehenden Fall. Vergrößerung 11 mal.
- Fig. 11. Desgleichen senkrechter Schnitt durch den linken tractus. Vergrößerung 11 mal.
- Fig. 12. Tractus opticus vom Menschen in der Nähe des äußeren Kniehockers. Längsschnitt. Vergrößerung  $3\frac{1}{2}$  mal.
-



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

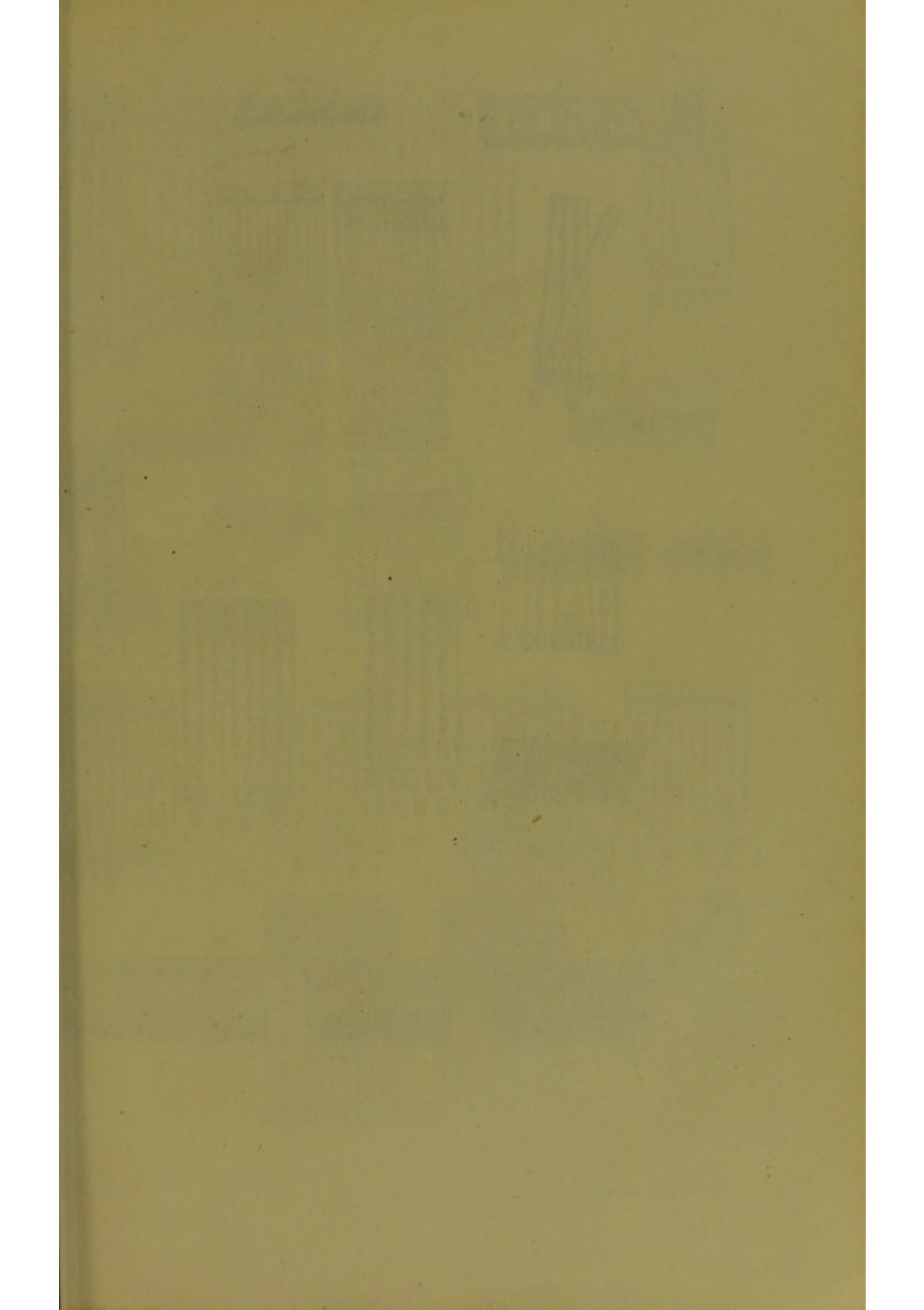
THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

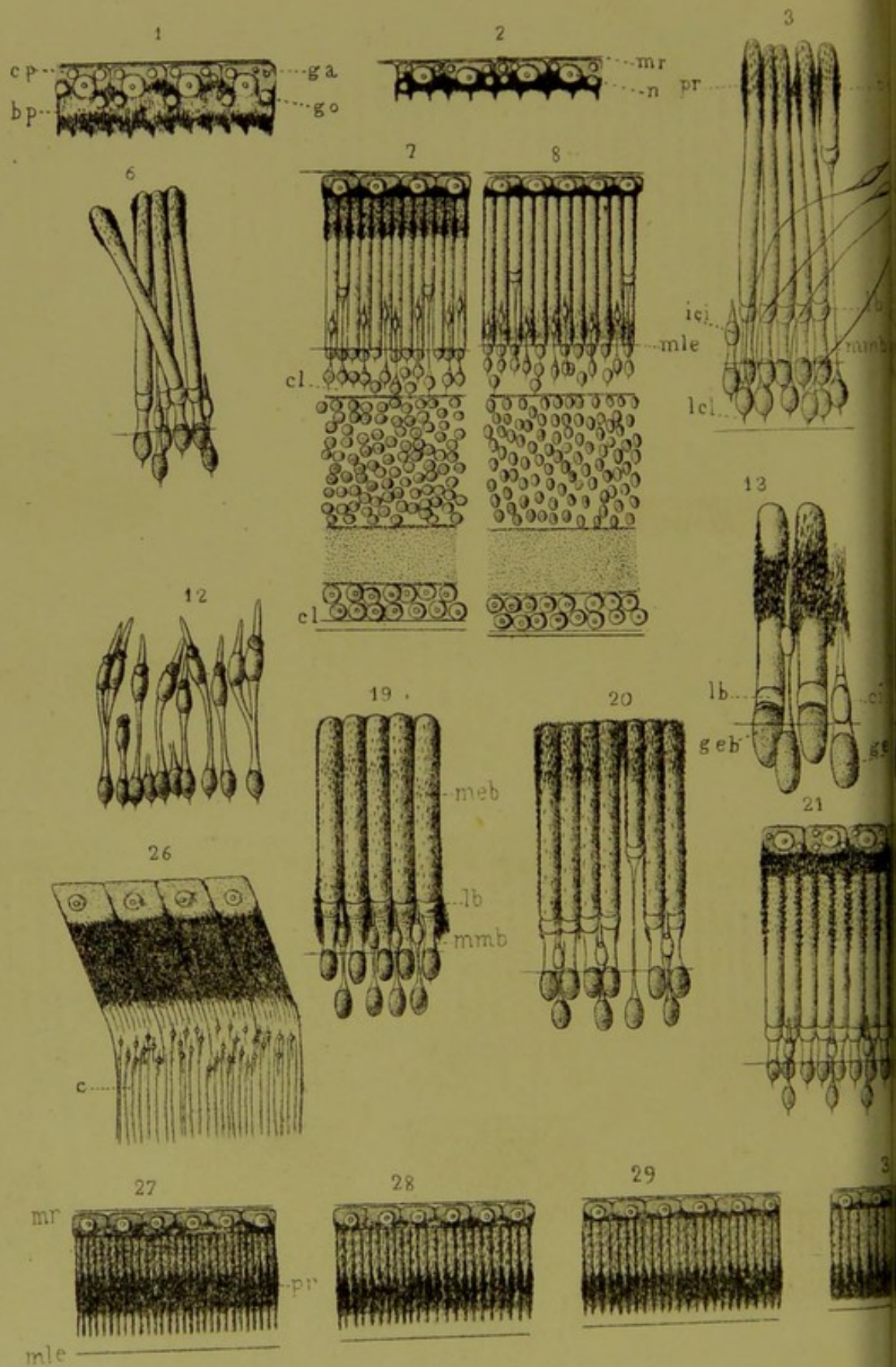
THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

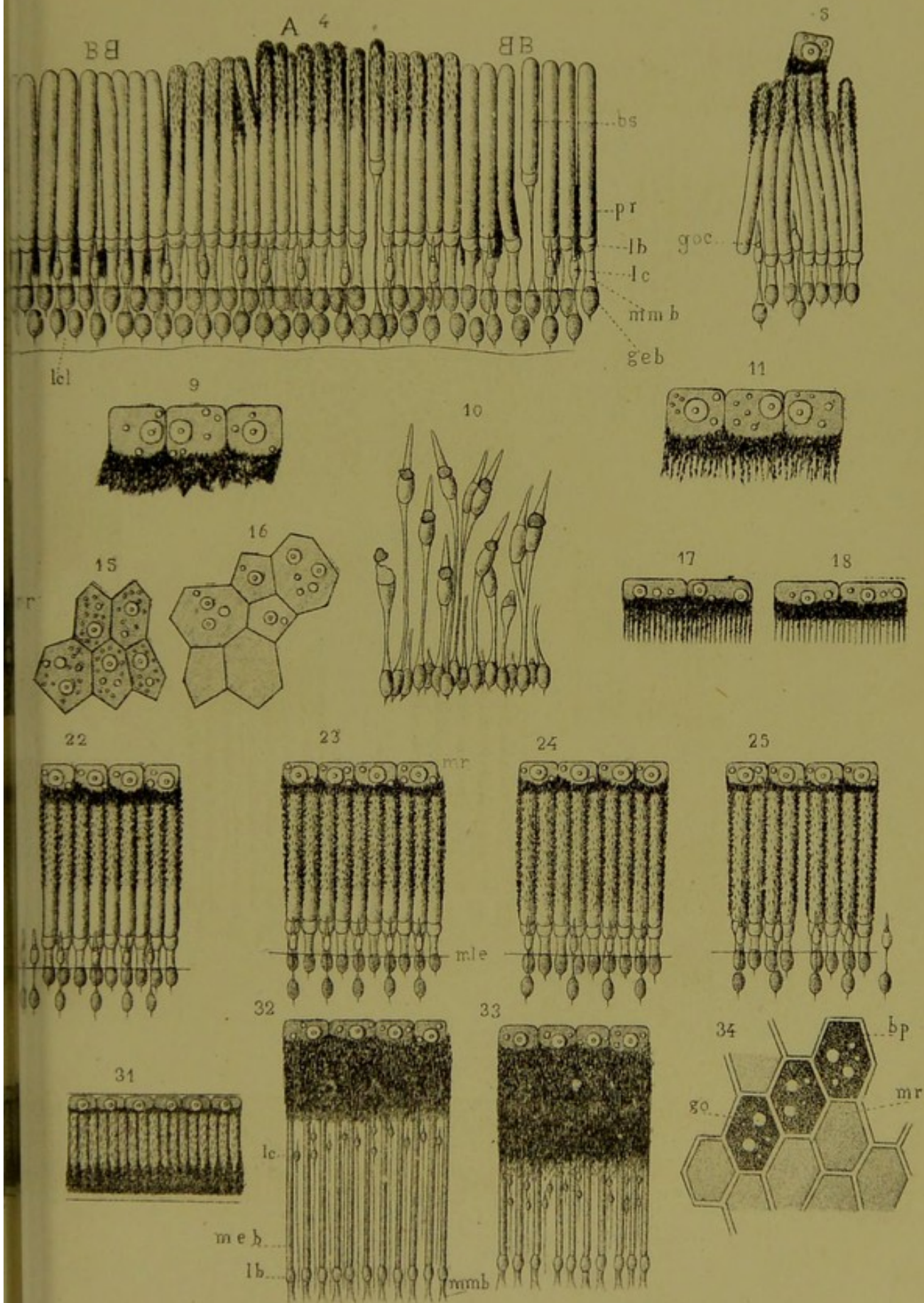




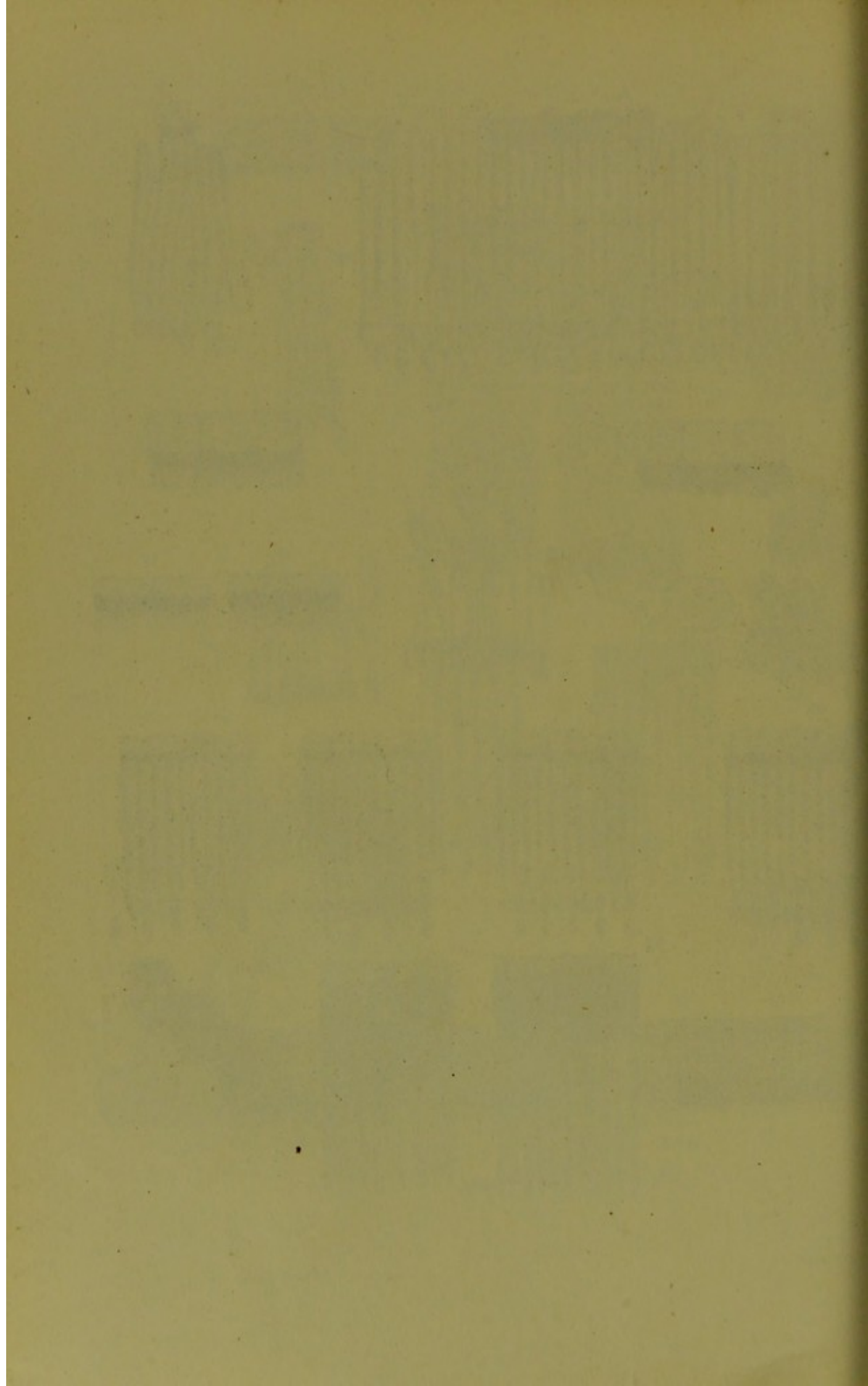








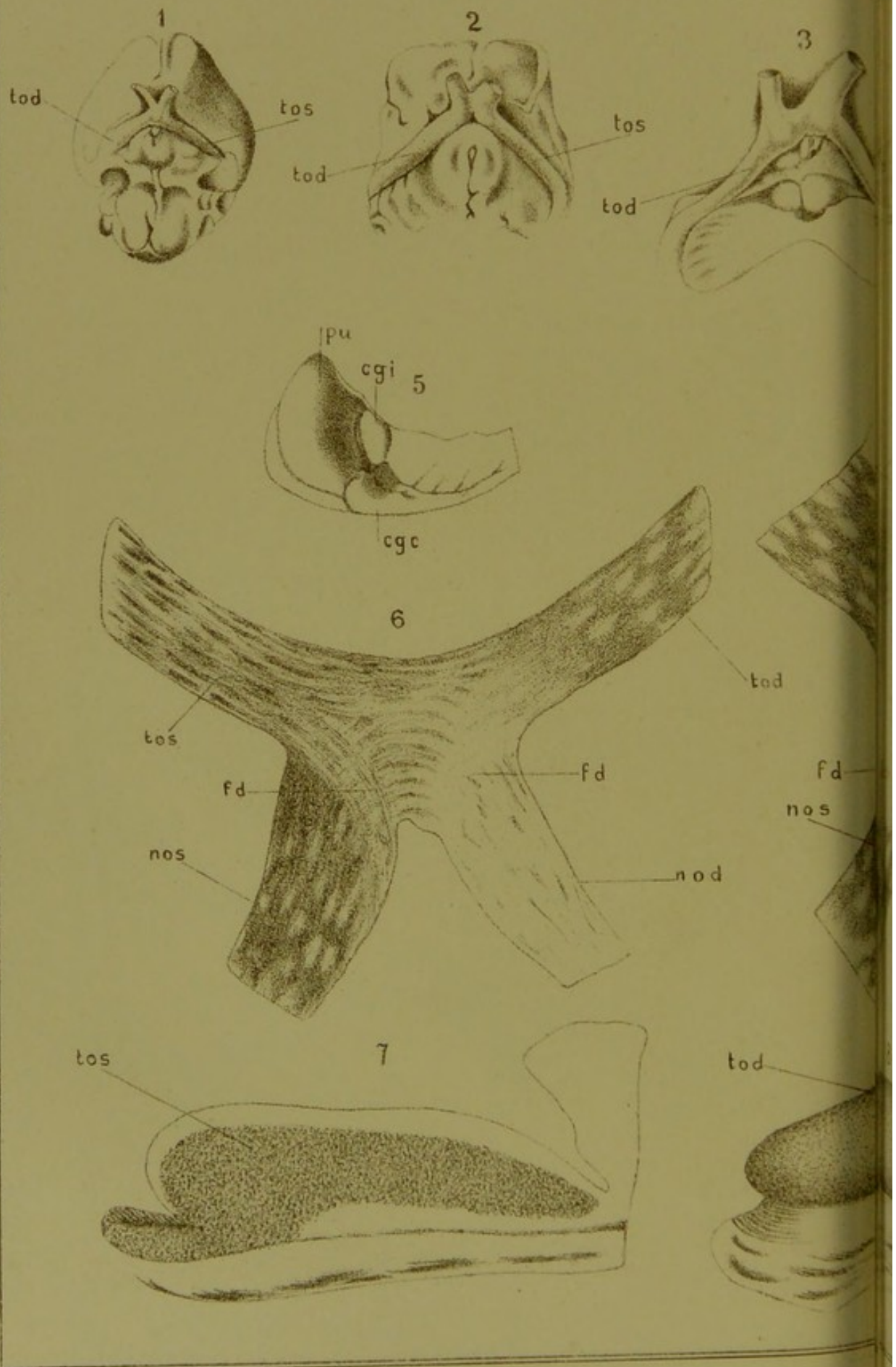




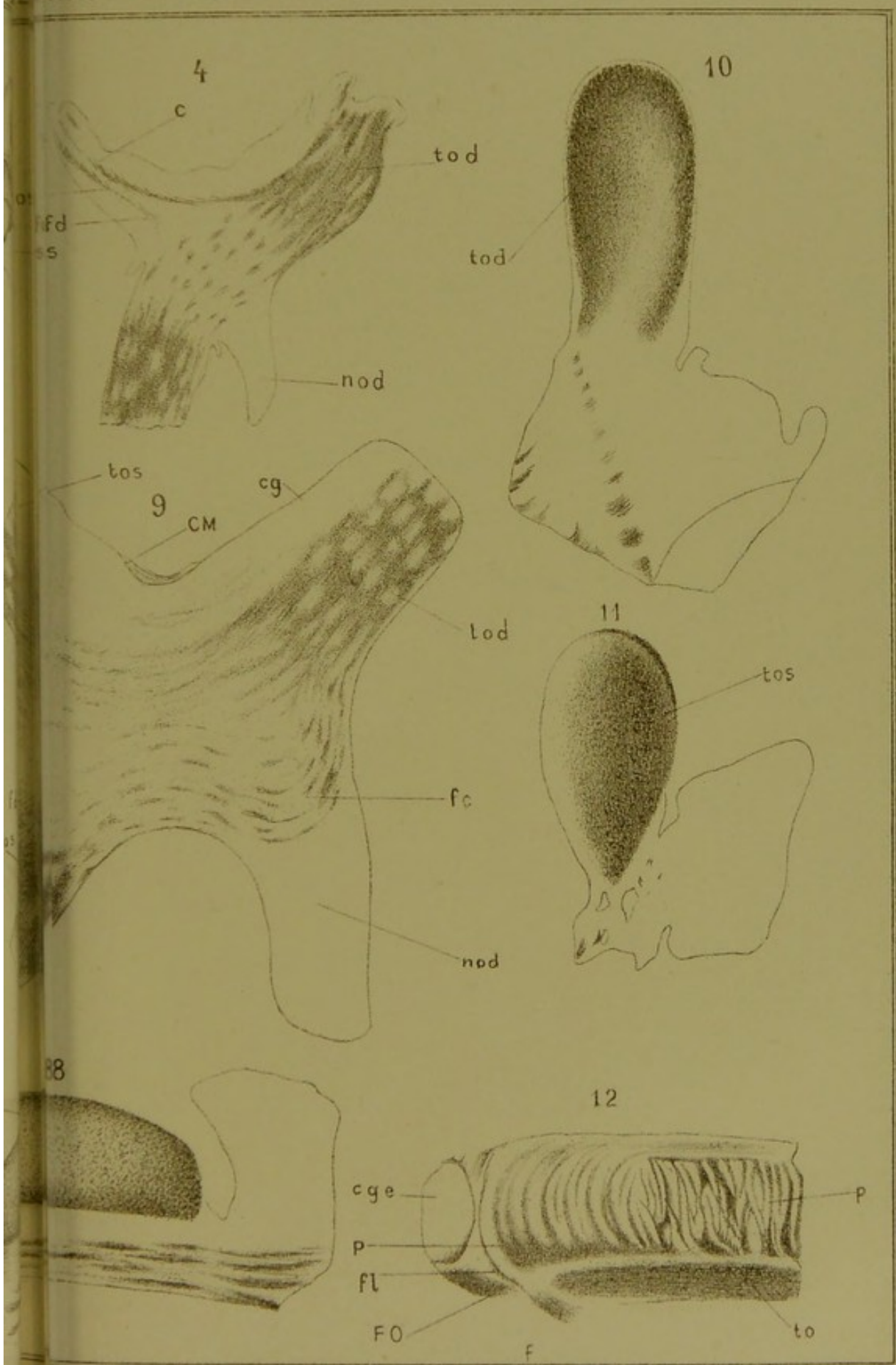




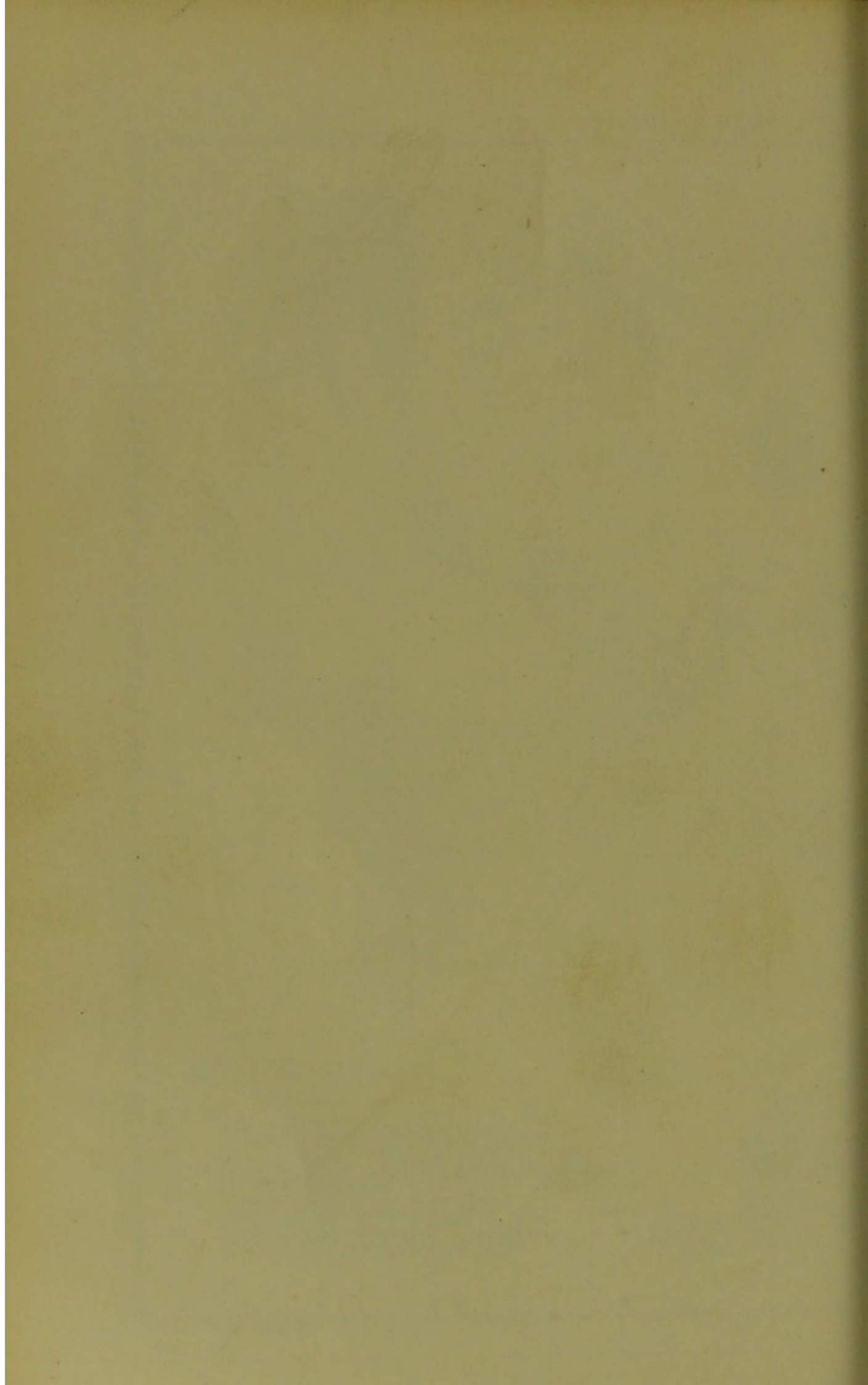


















TIGHT GUTTERS.