

DIE
MEMBRANA FENESTRATA

DER
RETINA

VON
W. KRAUSE,
PROFESSOR IN GÖTTINGEN.

MIT ZWEI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON WILHELM ESSELMANN.

1888.

Inhalt.

	Seite
I. Historisches	1
II. Anatomisches	4
Membra interna	5
Stiches, Zellen und innere Körner	10
Ganglien und Nervenzellen	16
Innere Körner	14
Granulärschicht	14
Muscula interna	12
Untersuchungsmethoden	14
III. Physiologisches	18
Tafel-Erlebung	18

II. Anatomisches.

Die Bedeutung der ellipsoidischen Körper, welche, wie erwähnt, in den Stäbchen und Zapfen vorkommen, konnte nicht ermittelt werden, ohne die Verfrage zu beantworten, ob die Stäbchen und Zapfen in anatomischen Zusammenhang mit den Fasern des N. opticus stehen. Wie ein rother Faden schlingt sich durch alle Bemühungen um den Bau der Retina das Bestreben der Anatomien, diesen Zusammenhang aufzufinden. Verloren wurde seit der Wiederentdeckung der Stäbchen durch Treviranus (1833) — bekanntlich hatte Leewenhoek (1722) die Stäbchen des Frosches zuerst gesehen — die Frage nach diesem Zusammenhang bejaht. Später wurden dafür, wie es schien, immer festere Grundlagen geliefert. Zuerst glaubte H. Müller und Kelliker des directen Nachweis geführt zu haben. Dann erklärte Heale die von ihm sogenannte äussere Faserschicht für nervös, und M. Schultze, der früher (1864) die Zapfenfasern am gelben Fleck für eine eminent bündelgewebige Substanz, die Zapfenfasern (die äussere Faserschicht) als Nervenfasern angesehen zu haben, dieselben Fasern (die äussere Faserschicht) als Nervenfasern angesehen zu haben, und sah von den kegelförmigen Anschwellungen der Zapfenfasern an der sogen. Zwischenkörnerschicht feine Fortsetzungen in die letztere einströmen. Seit vollends Kelliker in seinem bekannten Schema der Zusammenhänge der Stäbchenfasern, die nach M. Schultze in spindel förmigen Verdickungen an der sogen. Zwischenkörnerschicht aufhören sollten, mit den Opticusfasern in grösster Klarheit vor Augen faßte — sei es ein zweifelt wohl Niemand mehr an der nervösen Natur der Stäbchen und Zapfen. Die weitere Untersuchung musste in anatomischer Hinsicht darauf ausgehen, die Fortsetzungen der Zapfenfasern und Stäbchenfasern nach der inneren Körnerschicht hin zu verfolgen. Es erschien dabei gerathen, die Retina einmal auf Flächenschnitten zu untersuchen, nachdem die früheren Beobachter sich mit senkrechten Durchschnitten oder auch zerlegten Bruchstücken begnügt hatten. Da die ganze Membrana in Mexico 0,1 Mm. Dicke hat, so wurden Hinzunehmen der Technik notwendig. Nach F. P. du Petit¹⁾ hat man meistens die frischen Bulbi gefrieren lassen, oder ein dazwischen Verfahren konnte für die

letzigen Anbeforderungen nicht mehr genügen. Es wurden daher die mit Bogenzangen behandelten Augen durch Kältemischungen in Eis versenkt. Nähere Angaben über die Untersuchungsverfahren findet man weiter unten in einem besonderen Capitel.

Es ergab sich nun unerwartete Weise, dass die kegelförmigen Anschwellungen der Zapfenfasern und die kelbenförmigen Verdickungen der Stäbchenfasern in Zellen übergehen, die einer gefestigten Membran angehören. Bei der strahlenscheinenden Wichtigkeit, welche die betreffende Membrana fenestrata für die Auflösung der gesamten Retina-Architectur besitzt, erscheint es unergötzlich, diese Membran zuerst abzutrennen, und dann nicht in der gewöhnlichen Reihenfolge, sondern mit Rücksicht auf den physiologischen Zusammenhang der Dinge dasjenige anzuschauen, was sich über den Bau der übrigen Retina-Schichten ermitteln lässt.

Den früheren Auseinandersetzungen soll hier zunächst die folgende Einteilung der Retina von aussen nach innen fortsetzend vorausgeschickt werden, wofür auch die beigelegte schematische Abbildung (T. II, Fig. 21) zu vergleichen ist.

Äusseres Blut: Fibrinenschicht.

Inneres Blut: Stäbchenschicht

}	Stäbchen	Amnionglied	Ellipsoide
	Zapfen	Innenglieder	Axonfasern
	Nadeln		

Membrana limitans externa.

Äussere Körnerschicht:

}	Stäbchenkömer,
	Zapfenkömer.

Zapfenfaserschicht:

}	Zapfenfasern — Zapfenkegel,
	Stäbchenfasern — Stäbchenkegel.

Membrana fenestrata.

Innere Körnerschicht:

}	Membrana parvula bei Fischen	}	Radialfasern
	äussere Lage		
	innere Lage		
	Kerne der Radialfasern		

Gewandte Schicht:

}	Radialfasern,
	Amibien der Ganglienzellen,

Ganglienzellschicht:

}	Radialfasern,
	Radialfasern.

Membrana limitans interna.

Membrana hyalina (des Glaskörpers).

1. Membrana fenestrata.

Nicht man Flächenschnitte der Retina an gefrorenen Augen, die vorher in verdünnten Chromsäure-Lösungen oder in Kali bichromicum gehärtet worden waren, so bekommt man zunächst Flächen-Ansichten der Membrana limitans

¹⁾ Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris. 1782.

externa. Solche Flächen-Ansichten waren, wie es schon, bisher von Niemandem¹⁾ erhalten worden. Man sieht an denselben ein feines Maschenwerk, entsprechend dem Masch der Stäbchen und Zapfen, aber die Maschen in natürlicher Weise nicht durchsichtig (Taf. I, Fig. 4), nachdem sie von den Stäbchen und Zapfen befreit worden ist. Grössere Lücken bezeichnen die Stellen, an welchen sich Zapfen befanden hatten. Die von H. Müller²⁾ vertretene Ansicht, dass die von Bonart³⁾ und Max Schultze an *Membres angustioris* (Linné) externa nicht wie eine solche Substanz sind, ist jedenfalls als besiegelt anzusehen. An den Rändern von den geschichteten Flächen-Ansichten der *Membrana limitans externa* sind nun kleine spitze Nadeln hervorgegangen (Taf. I, Fig. 4 u. 5), welche mit den Fäden des Maschenwerks kontinuierlich zusammenhängen. Dieselben Nadeln findet man auf senkrechten Durchschnitten an Präparaten mit Kali bichromicum oder Oxidumarsen. (Taf. I, Fig. 7). Sie liegen in den Zwischenräumen der Stäbchen und Zapfen, so dass zwischen je zwei Stäbchen, resp. zwischen je einem Stäbchen und einem Zapfen eine solche Nadel sitzt. Dass es keine Gerinnungsproducte sind, beweist der Umstand, dass sie sich in verdünnter Oxidumarsen erbalten. Aehnliche, aber vielleicht anders zu deutende Nadeln sind an der wahrscheinlich analogen Stelle von *Sepia* und *Eledone*⁴⁾ bereits beobachtet, ebenso beim Huhn⁵⁾. Beim letzteren Thier wurden sie jedoch für abgerissene Stücke der Pigmentschichten gehalten, welche sich von den Zellen des Retinal-Pigments zwischen die Ausstrahlungen einsetzen. Letztere Darstellung ist aus zwei Gründen falsch. Erstens hängen die Nadeln durch eine wenig breite Basis mit der *Membrana limitans externa*, resp. mit den Fäden des Maschenwerks, aus welchem sie gebildet ist, zusammen; zweitens haben sämtliche Nadeln dieselbe constante Länge — von 0,604—0,666 Mm. auf 0,9918 Mm. Dicke der Basis an Oxidumarsen-Präparaten von Schaf und in Kali bichromicum beim Kaninchen — sie können also nicht abgerissene Fäden der Pigmentschichten sein. Die Nadeln sind vielmehr ein drittes bei den höheren Wirbelthieren constant vorhandenes Element der Stäbchen- und Zapfenschicht. In anatomischer Hinsicht füllen sie die Lücken aus, welche zwischen den ein wenig kurzigen Innengliedern der Stäbchen und Zapfen bleiben. Nach der Entwicklungsgeschichte aber stellen sie eine kleinste Sorte von Stäbchen resp. Zapfen dar, insofern sie eine Cuticularbildung sind, wie die Stäbchen und Zapfen, was von den letzteren heisst unten noch ausführlich gesagt werden wird.

Die *Membrana limitans externa* ist nach dem Gesagten auf Flächenansichten

1) Arch. f. mikrosc. Anat. 1864. Bd. II, S. 205.

2) Wirtb. naturwiss. Zeitschr. 1862. Bd. III, S. 20.

3) Kölliker, Microscop. Anatomie. 1856. Bd. I, S. 5. 692. Wirtb. naturw. Zeitschr.

4) S. 6.

5) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. 1865. Bd. XV, Taf. XV, Fig. 23 u. 24.

6) Arch. f. mikroscop. Anat. 1866. Bd. II, S. 251. Taf. XI, Fig. 51.

der Retina leicht zu erkennen; die Flächenansicht der *Membrana limitans interna* ist seit Kölliker⁶⁾ und H. Müller bekannt. Ganz anders erscheint eine netzartige Membran, welche zwischen äusserer und innerer Körnerschicht liegt. Sie ist von mir *Membrana fenestrata*⁷⁾ der Retina genannt worden. Man sieht eine sehr durchsichtige, fein granulirte Membran, welche in ziemlich regelmäßigen Abständen von Lücken durchbrochen, also perforirt ist. Die Lücken sind rundlich oder oval; sie haben beim Menschen 0,0038 bis 0,0037 Mm. Durchmesser. Die *Membrana fenestrata* ist aus einem zusammengehörigen, Letztere sind gross, beim Menschen o, 012 Mm. lang und breit, streifenförmig, unipolar, mit längeren und kürzeren, auch veränderten Ausläufern versehen. Durch Verknüpfung dieser Zellen entsteht die geschichtete Membran. Die Ausläufer der Zellen verlaufen sich zum Theil direct untereinander, zum Theil legt ein Ausläufer der einen Zelle zwischen zwei Ausläufer der benachbarten Zelle hinein. Entweder wird auf diese Art der Zwischenraum zwischen zwei Ausläufern derselben Zelle ganz ausgefüllt oder es bleiben Lücken zwischen denselben. Auch die Zellen selbst können Lücken enthalten (Taf. I, Fig. 4 A, Fig. 16 u. 18). Die Grenzen der einzelnen Zellen erscheinen auf der Flächenansicht der Membran als nette Linien (Taf. I, Fig. 9). Die Zellen sind leicht zu kaliren und enthalten Kerne (Taf. I, Fig. 5, B, C), die man am besten beim Kaliren sieht; letztere sind abgeplattet oval, an Oxidumarsen-Präparaten granulirt, von 0,0043—0,0051 Mm. Durchmesser. An ihrem körnigen Inhalt sind sie leicht von den ganz durchsichtigen Lücken der Membran zu unterscheiden.

Die *Membrana fenestrata* ist bei allen Wirbelthieren constant vorhanden. Untersuchungen wurden von den Säugern: Mensch, Affe (*Cercopithecus aethiops*), Katze, Hund, *Hyæna striata*, *Nasella putorius*, Igel, Kaninchen, Schaf, Hind; von Vögeln: *Falco tinnuncius*, *Sitta europaea*, *Astur palmarum*, Huhn; von Amphibien: *Lacerta agilis*, *Bolitoglossa maculata*, Frosch; von Fischen: Hecht, Aal, *Carpio carpio* und *carassius*. Die Verhältnisse sind überall wesentlich dieselben. Die Zellen sind sehr resistirt und erbalten sich nicht nur lange nach dem Tode unverändert, sondern auch in den verschiedensten Reagenzien und Concentrationen derselben, namentlich in Äggen, die in Sprengpapier Essigsäure aufbewahrt wurden. Auf den vertikalen Durchschnitten erscheint bei dieser von mir schon vor längerer Zeit angegriffenen Untersuchungsart⁸⁾ in der Vogel-Retina eine glänzende Linie anstatt einer granulirten Zwischenkörnerschicht, die aus den Zapfengliedern und den Querschnitten der *Membrana fenestrata* zusammengesetzt ist. Auch nach Ueberrückung der mikroskopischen Präparate mit Natriumhydrogenuhlohen die Zellen resistirt; ebenso in Oxidumarsen, Kali bichromicum, Oxidumarsen, verdünnter Schwefelsäure, Oxidumarsen, Kali carbonicum, Chloracrium mit Ammoniak, ammoniakaltem Natrium etc.

Was die Dimensionen der Zellen anlangt, so fand sich beim Menschen

1) W. Krause, Göttinger Nachrichten Nr. 7, 79. Febr. 1865.

2) W. Krause, Anatomische Untersuchungen. 1867. S. 81.

(Osmiumsäure) die Länge resp. Breite 0,0144—0,0154 Mm. bei *Cercopithecus aethiops* (Osmiumsäure) 0,019; beim Kalbe (Chromsäure) von 1,05 pCl. 0,0281 bis 0,0189; beim Kaninchen (Kalbichromsäure) 0,006 Mm.

Die Zellen der *Membrana fenestrata* sind ausserdem p1att. Sie haben nur ca. 0,0015 Mm. Durchmesser (Taf. I, Fig. 1 C), wenn man die reine Profil-Ansicht von denselben oder der Membran selber (Taf. I, Fig. 15) zu sehen bekommt. Diese Verhältnisse zeigen sofort, dass die gesamte Membran nur aus einer einzigen Lage von Zellen besteht. Bemerkenswert ist, dass reine Profil-Ansichten selten sind. Oder vielmehr, dass es schwer ist, solche mit Sicherheit zu erkennen, wenn man sie vor sich hat, was nützlich auf Querschnitten nur an ihrer anatomischen Lage zwischen äusserer und innerer Kirtenschicht möglich ist. Die Sache ist genau wie bei den netzartigen Endplatten der quergestreiften Muskelfasern. Wenn man es erst weiss, dass es sich um platte Gebilde handelt, so ist die Sache ausserordentlich einfach. Die zahlreichen Abbildungen, welche Querschnitte der Retina darstellen (T. I, Fig. 3, Fig. 8, Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14, Fig. 20; Taf. II Fig. 32, Fig. 29, Fig. 34, Fig. 44) und zugleich die Zellen der *Membrana fenestrata* zeigen, sind vollständig ungetreu. In allen diesen Figuren, welche die Verhältnisse so darstellen, wie man sie gewöhnlich sieht, sind die Zellen theils von der Fläche, theils in mehr oder weniger vollständiger Profil-Ansicht sichtbar. Die reine Profil-Ansicht (Taf. I, Fig. 15) ist nur einmal dargestellt. Messungen aber wurden an Chreosäure-Präparaten in grosser Anzahl und bei verschiedenen Säugethieren vorgenommen, sie gaben stets dasselbe Resultat. An der frischen Retina des Kaninchens erscheint auf Querschnitten die *Membrana fenestrata* als scharfe Linie von 0,002 Mm. Dicke. Achtet man dagegen nur auf die Bilder, wie man sie gewöhnlich sieht, so kann man leicht verführt werden, irrthümlich den fraglichen Zellen eine bedeutende Dicke zuzuschreiben, gerade wie es manchen Beobachtern mit den netzartigen Endplatten gegungen ist. Von letzteren waren in den ersten Abbildungen 2 die Profilansichten auch so dargestellt, wie man sie gewöhnlich sieht. Der Text gab richtig die sehr geringen wahren Durchmesser der Endplatten an, welche aus zahlreichen sorgfältigen Messungen erhalten war. Andere Beobachter aber, welche diese unseinerliche Zahl übernahmen und sich an die Abbildungen hielten, glaubten die dünnen Endplatten für Mägel erklären zu dürfen. Um eines nahe liegenden analogen Missverständnisses von vornherein vorzubeugen, musste diese Auseinandersetzung hier eingeschaltet werden.

Die Zwischenkirtenschicht im bisherigen Sinne existirt also nicht, und was man seit H. Müller für feinkörnige Masse oder netzartiges, zum Theil fischschaltes feueriges Bindegewebe derselben gehalten hat, sind einerseits von der Kamme gehörende, leicht granulirte platte Zellen, andererseits die noch zu erörternden Ansätze der Stäbchenfasern gewesen, welche bei schwächeren Ver-

grösserungen punktförmig erscheinen. Die Zellen der *Membrana fenestrata* sind übrigens schon mehrfach gesehen worden und nur die richtige Deutung der mikroskopischen Präparationen wird erst vermisst.

Was zunächst die Fische anlangt, so liegt nach innen von der äusseren Kirtenschicht eine *Membrana fenestrata* von derselben Beschaffenheit, wie bei den höheren Wirbelthieren. Sie besteht aus einer zusammenhängenden Lage von verhältnismässig grossen, deren platte Körper keine Ausläufer haben und Lücken zwischen sich lassen (Taf. II, Fig. 43 n.). Nach innen von dieser Membran folgt eine zweite Lage, aus erstere beschriebenen Zellen bestehend, die ebenfalls eine zusammenhängende Membran bilden. Man kann diese nur bei Fischen vornehmend zweite oder innere Lage zum Unterschiede die *Membrana perforata* (Taf. II, Fig. 44 m.) nennen. Die Lücken derselben werden von den Radialfasern perforirt. Die Zellen der inneren Lage sind ebenfalls platt, aber in Kalb höherem Grade viel deutlicher granulirt und zunächst mit deutlichen Kernen versehen (Taf. II, Fig. 44). Der Hauptunterschied liegt jedoch darin, dass sie längere Fortsätze haben, so dass sie viel leichter als Zellen erkennbar sind, als diejenigen der eigentlichen *Membrana fenestrata*. Diese Beschreibung bezieht sich zunächst auf den Hecht, doch sind die Verhältnisse bei *Carpio carpio* und *Carpio auratus* ganz analog.

Virtchow's (1) hat multipolare Zellen aus dieser Gegend der Retina von Karpfen abgebildet, über ihre Lage jedoch eine unklare Angabe gemacht; auch Leydig (2) scheint sie beim Stör gesehen zu haben. H. Müller (3) beschreibt bei *Aurina nasca* die beiden Zelllagen, wie sie eben geschildert wurden und fand analoge Verhältnisse auch bei *Cyprinus barbus* und *Lutjanus*, bei Hecht und Heis, sowie bei *Pomoxynus*.

M. Schultze (4) bildet die granulirten Zellen der *Membrana perforata* von *Haja clematis* ab und wählte für dieselben die Bezeichnung als *Stratum intermedium fenestratum*. Die eigentliche *Membrana fenestrata* oder die äussere Zellenschicht von H. Müller aber vermochte Schultze nicht als Zellen zu erkennen; er hielt diese Schicht für scheinbar kein granulirtes Bindegewebe. Die Zellen der *Membrana perforata* sollen nach demselben Beobachter mit Radialfasern zusammenhängen. So liebt man sich von dem Zusammenhang mit radial verlaufenden Fasern überzeugen kann, so ist es doch schwierig, mit Sicherheit darzuthun, dass dies wirklich jene bindegewebigen Radialfasern sind, welche sich nach innen an die *Membrana limitans interna* ansetzen, welche Schwierigkeit auch in der citirten Figur deutlich genug ausgesprochen ist.

Die Verhältnisse waren desselben beim Hecht, bei den *Cypriniden* und *Plagiostenen*.

1) Berichte der k. k. Ak. d. Wissensch. in Wien. 1823. Bd. XI. S. 945, Fig. 12.

2) Anat. histol. Daten über Fische u. Säugeth. 462, S. 9.

3) Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie. 1857. S. 194. 1856. Bd. VII. S. 19. Taf. I, Fig. 2—4.

4) Observat. de retina oculi. par. 3. n. Fig. 5 u. 6.

1) W. Krause, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1859. Bd. XVIII. Taf. VI.

Bei höheren Wirbeltieren fehlt es ebenfalls nicht an Andeutungen über die Zellen der Membrana fenestrata. Bei der Schilkröte wurden sie von H. Müller¹⁾ gesehen und von Steinlin²⁾ bestätigt. Beim Frosch beschriebene Mann³⁾ und bei Amphibien Halko⁴⁾ die Zwischenkörnerschicht als ein Plexus von horizontalen Fasern gebildet und wies sie in Manx's Abbildung sind die Fenster der zusammenhängenden platten Zellen unverkennbar. Die in den Lücken liegenden grossen runden Körper gebören der inneren Körnerschicht an. Bei Vögeln fand Heinemann⁵⁾ kleine Zellen, beim Hahn sah auch Steinlin⁶⁾ Andeutungen von solchen in der sogenannten Zwischenkörnerschicht. Von Hilde hat Kölliker⁷⁾ die fraglichen Zellen beschrieben und Hentle⁸⁾ hat sie erstmals beim Menschen weitergenommen. M. Schultze⁹⁾ endlich erwähnt das vereinzelte Vorkommen von Körnern in der Zwischenkörnerschicht, die nur den Zellen der Membrana fenestrata angehört haben können.

Nach Auffindung der Membrana fenestrata in allen Wirbeltierclassen sehen es zunächst darauf anzukommen, das Verhältnis ihrer Lücken zu etwa durchstehenden Zapfen- oder Radialfasern festzustellen. Indessen lehrten sehr bald feine Querschnitte, die zum Theil an gefrorenen Präparaten angefertigt wurden, diese Voraussetzung sei nicht stichhaltig. Mit Leichtigkeit ergab sich, dass die Radialfasern mit den Zellen der Membrana fenestrata zusammenhängen. Man sieht theils dickere Radialfasern sich gleichsam zu einer Platte verdichten (Taf. I, Fig. 13, Fig. 29, Taf. II, Fig. 29). Minuter hingegen jedoch dieselben durch feinere Ausläufer mit Ausläufern der multipolaren Zellen zusammen (Taf. I, Fig. 14). Stets erliegen die Radialfasern in den betreffenden Zellen und niemals wird die gefensterter Membran von Ausläufern der einen durchbohrt. Alle diese Verhältnisse kehren in derselben Weise bei den untersten Wirbeltieren wieder. Am besondern gelingt die Nachweis beim Kaninchen nach Einlegen der Retina in Lösungen von neutralisirtem Natrium oder kohlensaurem Kali. Es lässt sich mit letzterem Belegen zeigen, dass diese Fasern beim Kaninchen, auch wenn sie isolirt sind, eine ganz constante Länge von ca. 0,985 Mikr. haben. Oder man verwendet Chromsäure-Lösungen von 0,043—0,06 pCt. In Kali bichromicum sind die Ausläufer der Radialfasern an die Membrana fenestrata ebenfalls leicht zu erkennen (Taf. I, Fig. 3, Fig. 19); die Fortsetzungen nach innen und den Ansatz an die Membrana interna internus aber ermittelt man besser nach Anwendung der ergrünenden Reagenzien, auch in verdünnter Gemüthsaure (Taf. I, Fig. 7).

1) Zeltische, I. wissenschaftl. Zoologie, 1856, Bd. VIII, S. 92.

2) Verhandl. der naturforsch. Gesellsch. zu St. Gallen 1865—1866, Rep.—Abh. S. 43.

3) Zeltische, I. naturf. Medizins, 1869, Bd. X, S. 322, Taf. 5, Fig. 1-6.

4) London Ophthalmic Hosp. reports 1865, Vol. IV, Pl. III, Fig. 2. Journ. of anat. and physiol. 1867, Nr. 7, S. 91.

5) Arch. f. pathol. Anat. 1861, Bd. 29, S. 256.

6) Arch. f. intern. Anat. 1868, Bd. IV, S. 18.

7) Oculistisches, 1863, S. 272. 8. Eingeweidelchre 1865, S. 657, Fig. 115.

9) Arch. f. natur. Anat. 1866, Bd. I, S. 220.

Die Lücken der Membrana fenestrata sind nicht leer. In denselben ruhen die äusseren Kerne der inneren Körnerschicht. Dieselben unterscheiden sich von den übrigen auf eine Art, die unten genauer erörtert werden soll. Man sieht sie selten in den Lücken selbst (Taf. I, Fig. 9); gewöhnlich erstrecken sie an den Querschnitten in einer Reihe unterhalb der Durchschnittslinie der Membrana fenestrata (Taf. I, Fig. 10).

Das Verhalten der Zapfen- und Stäbchenfasern zu der Membrana fenestrata erschien schwieriger aufzuklären. Aus anderen Gründen waren die Untersuchungen am Ferkelohr und der Retina interna des Menschen begrenzter worden, weil die Erforschung gerade dieser Stellen am meisten Licht auf die Endigung des N. opticus zuwerfen verspricht. Es ergab sich aus, dass dieselben Stellen ganz vorzugsweise für die Ermittlung der fraglichen Verhältnisse der Membrana fenestrata geeignet sich herausstellten. Der folgerichtige Beweisführung halber wird im Folgenden zunächst das Verhalten der Zapfenfasern zu der Membrana fenestrata an der Macula lateralis des Menschen und Affen, dann an der übrigen Retina des Menschen, dann bei den Vögeln und Säugeth., dann bei den anderen Säugeth., dann bei den Fischen erörtert. Weiter unten wird das Verhalten der Stäbchenfasern beim Frosch (hessen Zapfenfasern mit Berücksichtigung werden), bei den Fischen, Vögeln und Säugern geschildert.

Am gelben Fleck des Menschen sind, wie man seit Hentle weiss, nur Zapfen vorhanden. Die von denselben ausgehenden Zapfenfasern stellen breite sphaeroconische Bündel dar, welche in sehr schräge Richtung zur Membrana fenestrata verlaufen. Sie streichen eine lange Strecke fast in der Ebene der Retina und bilden die horizontale Zapfenfaserachse, wie sie nach ihrem Hauptbestandtheile genannt werden mag. Von der Fovea centralis an werden die Zapfenfasern (H. Schultze) nach der Peripherie hin immer länger; sie liegen an der Membrana fenestrata ziemlich plattlich an und gehen in kegelförmige Körperchen (Hentle) über, die schon H. Müller bei Fischen gesehen hat. Man kann sie Zapfenkegel nennen.

Über die Lage derselben besteht eine ausserordentlich schwierige Controverso. Hentle¹⁾ verlegte sie an die äussere, H. Schultze an die innere Seite der Zapfenfaserachse. Solche Differenzen über die Schichtungsverhältnisse sind bekanntlich in der Geschichte der Retina etwas Gewöhnliches. Die Sache ist aber sehr leicht zu entscheiden, sobald man viele menschliche Augen zur Verfügung hat. Die Zapfenkegel liegen an genau senkrechten Durchschnitten stets an der inneren Seite der Zapfenfasern, deren Ende sie bilden, — wenn M. Schultze vollkommen in Recht ist — und unmittelbar an der Membrana fenestrata. An der äusseren Seite der Zapfenfaserachse dagegen kommen in Wahrheit niemals kegelförmige Körperchen vor. Macht man jedoch an einer zufällig gebildeten Stelle der Retina senkrechte Längsschnitte durch die Fovea, so projiciren sich die Zapfenkegel unter Umständen, welche von selbst einleucht-

1) Eingeweidelchre 1861, Fig. 545.

ten, an der äusseren Seite der Zapfenfasern. Solche Faltenbildung ereignet sich häufig an mit Wasserzersetzung gekörnten Präparaten; sie bewirkt menschliche und, wenn die Schnittlinie einen Theil der Retina umfasst, schwer zu erkennende Verschiebungen der Schichten. Dass die Faltenbildung aber übersehen werden kann, lehren unter Anderem die Querschnitte durch die Macula lutea, welche Blossig¹⁾ und Kolliker²⁾ in früherer Zeit abbildeten, und die in Wahrheit Durchschnitte durch eine Plica centralis darstellen. Hierbei mag gleich noch bemerkt werden, dass unter der grossen Anzahl von mir untersuchter, eine Viertelstunde nach dem Tode in Kali bichromicum oder osmium gebräunter menschlicher Augen niemals eines bemerkt wurde, welches mit einer Plica centralis behaftet war. Ueber die Untersuchungsverfahren und die Beschaffung des Materials s. unten.

Zwischen dem schief verlaufenden Zapfenbündel der Zapfenfaserschicht nicht nur ein, niemals in senkrecht rechtwinkliger Richtung verlaufendes Fasern. Man mag beliebige Concentrationen von Chromsäure oder Osmiumsäure anwenden, oder Kali bichromicum gebrauchen — auch durch andere Reagentien, welche die Radialfasern der inneren Schichten aufs verfeinlichste darstellen, erhält man keine Spur von Radialfasern in der Zapfenfaserschicht. Die Schnitte mögen noch so dick, resp. bei Kali bichromicum durch Natriumoxal durchsichtig gemacht sein, oder an gefrorenen Präparaten so fein erhalten werden, dass sie nur die Dicke eines einzigen Korns der Körnerschichten haben — niemals zeigen sie auch nur eine Andeutung von Radialfasern. Nicht nur Querschnitte durch die Peripherie der Macula lutea, welche die von der Fovea centralis ausstrahlenden Zapfenfaserbündel rechtwinklig schneiden (Tab. I, Fig. 42) — welche Schritte Henle³⁾ und Hass⁴⁾ missglückt zu sein scheinen — in sieht man zunächst noch innen vordem äusseren Korne der Körnerschichten der Zapfenfasern. Dasselbe sind deutlich länglich — oval (Tab. I, Fig. 13 a f); die Fasern sind also abgeplattet, was auf dem Querschnitt mit Sicherheit festzustellen ist. Aus Tinkturen dieser abgeplatteten Fasern erkennen sich auch die Varicositäten, welche H. Schick⁵⁾ der die Abplattung nicht erkannt hatte, in denselben ausserordentlich beobachtet haben wollte. Man findet die Zapfenkegel mit ziemlich denselben Besten-durchmesser, wie sie sonst mögen — dieselben sind folglich nicht abgeplattet — auch auf diesen Schnitten an der Membrana fenestrata, aber keine Spur von Radialfasern, die doch unter diesen Umständen ausserordentlich leicht sichtbar sein müssten. Statt dessen ergibt sich, dass die Zapfenkegel direct in die Membrana fenestrata übergehen.

Zu erwähnen ist, dass auch Hulke⁶⁾ am gelben Fleck des Menschen die

meisten Radialfasern an der Membrana fenestrata (sagen Zwischenkörnerschicht) verfolgen sah, während H. Müller⁷⁾ in der Zapfenfaserschicht des Chamaeleon rechtwinklig die letztere kreuzende Radialfasern abbildete. Da die Zapfenfasern im ganzen Augenhintergrund dieses Thieres horizontal verlaufen, so existieren hier wohlgeordnet besondere Stützfaser, welche von der Limitans externa zur Membrana fenestrata reichen. Es sind aber auch mehrere Quellen der Täuschung vorhanden, wenn man sehr brüchige Chromsäurepräparate untersucht, wie die H. Müller zur Verfügung stehendes seiner Artgattung nach gewesen sind. Die Abbildungen lassen die betreffenden Fasern nur bis zur Zwischenkörnerschicht verfolgen, während ein Zusammenhang mit den Radialfasern der inneren Schichten nicht nachgewiesen ist. Es wird durch diese Untersuchungen festzustellen sein, ob ein Irrthum und welcher hier zu Grunde gelegen haben kann; jedenfalls hat H. Müller seine Resultate einer Nachprüfung an besser conservirten Präparaten für dringend bedürftig gehalten.

In der menschlichen Retina ist der Übergang der Zapfenkegel in die Zellen der Membrana fenestrata in derselben Weise auch auf Querschnitten wahrzunehmen, welche einer beliebigen Stelle des Hintergrundes des Auges entnommen wurden. Da die Zapfenkegel beim Menschen sehr markirte Gebilde sind, so ist es nicht schwer, dieselben, sowie die Zapfenfasern in der Zapfenfaserschicht auch in der ganzen übrigen Ausdehnung der Netzhaut nachzuweisen. In der That ist nämlich die Zapfenfaserschicht an allen Stellen der Retina vorhanden, und zwar nicht nur beim Menschen, sondern auch bei den Säugethieren und allen Wirbelthieren überhaupt. Ausser der Ebene der Retina in ihrem Verlauf sich abzuschleifen, wie es bekanntlich in einem grossen Theile des Bulbus beim Chamaeleon und ausserdem an die Macula lutea des Menschen und Affen der Fall ist, verlaufen die Zapfenfasern über den sich anschließenden Stäbchenfasern radial, und bilden so in der That eine niemals fehlende äussere Körnerschicht, wie sie Henle genannt hat. H. Müller⁸⁾ bezeichnet die letztere als feine Zwischenkörnerschicht, M. Schultze⁹⁾ als äussere Abtheilung der äusseren Körnerschicht, gegen welche Bemerkung nur einzuwenden ist, dass diese gegen Abtheilung der Körnerschicht niemals Körner enthält. Als verständlichsten scheint die Bezeichnung als »Zapfenfaserschicht«, da sie vor Allem von den Zapfenbündeln gebildet wird, während die Stäbchenfasern namentlich an der Macula lutea sehr zurücktreten. Seit H. Müller ist es bekannt, dass die Retina an stark gekrümmten Präparaten sich sehr leicht gerade in der Gegend der Membrana fenestrata in eine äussere und eine innere Abtheilung spaltet. Die Erklärung für dieses oft besprochene Factum ist jetzt sehr einfach aus dem Verhältnisse der letztgenannten Mem-

1) De retinae texture. Europ. 1850. Fig. IV.

2) Microsc. Anat. 1816. Bd. II, S. 82.

3) Engeströmlere 1862. S. 685.

4) Zeitschr. f. mikros. Med. 1867. Bd. 23, S. 158.

5) Arch. f. mikros. Anat. 1866. Bd. II, S. 155.

6) Philo. transact. 1847. P. 2, S. 319.

7) Württ. naturwiss. Zeitschr. 1862. Bd. III, Teil. 2, Fig. 1 und 2, S. 18, 21, Anmerk.

8) Zeitschr. f. wiss. Zool. 1862. Bd. VIII, S. 21.

9) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861. S. 730.

brän zu erstrecken. Zu einer Trennung der äusseren und inneren Abtheilung ist anatomischen Sinne oder durch eine specielle Nomenclatur scheint jedoch kein Anlass vorhanden zu sein, weil der Zusammenhang beider in Wahrheit ein continuirlicher ist. Die Membrana fenestrata folgt bei der betreffenden Spaltung entweder dem inneren oder dem äusseren Theile, was öfters auch an verschiedenen Stellen desselben Präparates vorkommt.

Man findet nun beim Menschen, wenn sich die Retina geputzt hat, die Zellen der Membrana fenestrata theils an der inneren Abtheilung anhängend und dann ist die oben geschilderte Verbindung derselben mit den Endothelien, die von der Membrana limitans interna kommen, leicht zu beobachten. Oder die Zellen sitzen an dem äusseren Theile und in diesem Falle sind die Zapfenkegel in continuirlichem Zusammenhange mit dem betreffenden Zellen. Wie sich das microscopische Bild darstellt, hängt von der zufälligen Lagerung der betreffenden Elemente ab. Stellen die Zapfenfasern auf einem Querschnitt in ihrer Lage, während die Zelle ihre Fläche dem Beobachter wendet, so ist der Übergang ein ganz directer (Taf. I, Fig. 8), und die Zapfenfaser erscheint als Ausläufer der gefestigten Zelle. Man könnte glauben, dass vielleicht die letzteren Zellen nichts anderes wären, als von der Fläche gesprossene Zapfenkegel, und dass die Lücken der Membrana fenestrata in Wahrheit die concave ausgehöhlte Basis der Zapfenkegel selbst darstellen. Dies ist jedoch nicht so. Auf reinen Querschnitten sieht man die Zapfenkegel in relativ beträchtlicher Entfernung von den Querschnitten der gefestigten Zellen und der Zusammenhang findet durch Ausläufer statt, welche von den seitlichen Rändern der Zapfenkegelbasis ausgehen (Taf. I, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, Fig. 12). Diese Ausläufer sind natürlich Verlängerungen des Kegelmantels und auf Ansichten, welche den Zapfenkegel und die gefestigte Zelle zugleich in der Flächenansicht zeigen, findet man den Zapfenkegel sich stets neben einer Lücke der Membrana fenestrata ansetzen. Die Sache ist also nicht etwa so, dass die Basis des Zapfenkegels auf einer solchen Lücke stünde, wenn diese Basis noch viel zu klein wäre — sie hat beim Menschen ein gelbes Fleck circa 0,0028 Mm. Durchmesser, die Lücken dagegen haben wie gesagt bis 0,0037 Mm. — sondern die Zapfenkegel setzen sich direct in die Substanz der gefestigten Zellen fort. An reinen Flächenansichten erscheint der Ansatz des Zapfenkegels als ein seltener Kranz. Bei Vögeln oder beim Frosch, wo die Zapfenkegel (resp. Stäbchenkegel) eine ebene, nicht nach dem Glaskörper hin convex ausgehöhlte Basis haben, verschmilzt diese Basis in ihrer ganzen Ausdehnung mit der betreffenden Stelle der Membrana fenestrata (Taf. II, Fig. 28, Fig. 34). An Osmundium-Präparaten von Säugern löst sich die concave ausgehöhlte Kegelbasis sehr leicht und die Falten sind es, die in situ für keine in die Zwischenkörnerschicht austretende Fasern imponieren können (Taf. I, Fig. 17), wofür M. Schultze das Bild gewonnen hat. Ist die Basis des Zapfenkegels von der gefestigten Zelle abgerissen, so erscheint erstere natürlich in der Profilansicht unregelmässig gefaltet, wobei es gleichgültig ist, ob sie in viele kleine Fort-

setzungen auszustreben scheint, wie es gewöhnlich der Fall ist, oder ob zufällig drei sich finden, von denen einige Male gesehen und mit der Young-Helmholtz'schen Farbentheorie in Verbindung zu bringen nicht unbeschwerlich ist. Dagegen zeigen die Abbildungen von Bionia unvertebrate Zapfenkegel, deren Basis beim Menschen wie gesagt stets ausgehöhlte ist und scheinbar nur zwei Fortsätze an der Peripherie aufweist, die natürlich Verlängerungen des Kegelmantels ausgehen (Taf. I, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, Fig. 12, Fig. 16). Die beim Menschen geschilderten Verhältnisse kehren beim Affen in ganz derselben Weise wieder.

Der Darstellung des Verhältnisses bei den übrigen Säugethieren soll jedoch dasjenige bei den Vögeln (und Reptilien) voranzugestellt werden, weil es gleich zu erwähnenden Gründen die Retina der letzteren bestimmte Erleuchtung für die Ermessung gewährt. Die Zapfenkegel sind nämlich ebenfalls sehr deutlich und die innere Körnerschicht nur sehr wenige Reihen von solchen übereinander stehend, nicht selten, die Zapfenfasern durch die ganze Dicke der Retina zu verfolgen. Man findet auch hier mit Sicherheit fast in jedem Präparat den Zusammenhang der Zapfenkegel mit den Zellen der Membrana fenestrata (Taf. II, Fig. 34, 35), und es unterliegt keinem Zweifel, dass es von Affen die Zapfenfasern sind, welche die Verbindung zwischen Membrana fenestrata und Membrana limitans externa herstellen. Die Verhältnisse sind bei allen untersuchten Vögeln dieselben. Was die Dimensionen anlangt, so beträgt die Distanz zwischen Limitans externa und Membrana fenestrata bei Falco tinnunculus nur 0,85 Mm. Die Zapfenkegel haben an Osmundium-Präparaten 0,0015 Mm. Höhe und an der Basis 0,0027 Mm. Durchmesser; bei Otus palustris zeigen die Lücken der Membrana fenestrata z. B. in Kalb Ichneumonum 0,005 Durchmesser.

Unter den Reptilien ist es bei Lacerta agilis auch am frischen Präparat (unter Zusatz von wasserarmer Ammoniak) möglich, die isolirten Zapfenfasern mit dem granulirten Zellen der Membrana fenestrata in Verbindung zu sehen.

Bei den Säugethieren — mit Ausnahme des Menschen und Affen — ist die Verfolgung der Zapfenfasern schwieriger. Bekanntlich erreicht die äussere Körnerschicht einen viel bedeutenderen Durchmesser als bei den Vögeln, weil mehr Reihen von äusseren Körnern übereinander geschildert sind (Taf. I, Fig. 12 und Taf. II, Fig. 34). Die Vermehrung der äusseren Körner ist abhängig von der relativ grösseren Anzahl der Stäbchen. Da letztere einen viel geringeren Durchmesser haben als die Zapfen und Stäbchen der Vögel, und wie diese stets mit einem einzigen Kern der äusseren Körnerschicht in Verbindung stehen, so muss die Zahl der Körner und damit die Dicke der genannten Schicht in jedem Abschnitt der Retina eine beschreibbare werden. Die Zapfenfasern sind daher weit länger und deshalb schwieriger zu verfolgen. Dann kommt ein etwas verschiedenes Verhalten der Zapfenkegel. Während dieselben beim Menschen und Affen höchst charakteristisch und der continuirlicher Zusammenhang mit den Zellen der Membrana fenestrata an der Membrana

lutes in allen nützlichen Reagenzien leicht zu festschmelzen ist, sind die Zapfenkerne bei den übrigen Säugethieren zwar auch constant vorhanden und bilden die regelrechte Endigung der Zapfenfasern nach innen, aber die Kerne sind niedriger und deshalb weniger leicht zu erkennen. Doch gelingt es mit passenden Reagenzien namentlich mit arsenigsaurem Natrium beim Kaninchen oder mit kohlensaurem Kali beim Hunde (Taf. I, Fig. 13) dennoch nachzuweisen, dass die äussere Körnerschicht in regelmässigen Abständen von stärkeren radiären Fasern durchsetzt wird. Dieselben erstrecken sich bis in die Nähe der Membrana limitans externa und sind nichts weiter als die Zapfenfasern, welche an Chromatinsäure-Präparaten (Taf. I, Fig. 19) ausser in directem Zusammenhang mit den Zapfenkernen nachgewiesen werden können. Diese Fasern gehen mit an Präparaten mit kohlensaurem Kali direct in die Membrana fenestrata über, die an solchen Präparaten nach dem Aufquellen desselben auch auf Querschnitten leicht als Membran erkannt werden kann (Taf. I, Fig. 14). Durch die regelmässige Anordnung der Zapfenfasern kommt die bekannte säulenförmige Richtung der äusseren Körner zu Stande, welche auch an gekochten Präparaten hervortritt. Sie entspricht an die Richtung der Korpelzellen am Verknöcherungsrande. Somit sind für die übrigen Säugethiere die Nachweisungen in derselben Weise möglich, wenn auch etwas schwieriger als beim Menschen und Affen, insofern man sich den Kali bicromatium nicht erspart. Mit Osmiumsäure kann man wie beim Menschen die Zapfenkerne in Zusammenhang mit den Zellen der Membrana fenestrata halten (Taf. I, Fig. 17 u. 18).

Was die Fische anlangt, so ist beim Hecht (Taf. II, Fig. 41) wiederum der betreffende Nachweis äusserst leicht, da die äussere Körnerschicht relativ geringe Mächtigkeit hat und die Zapfenkerne bei Fischen charakteristisch hervortreten. Sie besitzen beim Hecht in Kali bicromatium 6,0076 Mm. Höhe, während die Breite 0,8414 Durchmesser hat.

Die Verhältnisse der Stäbchenfasern zur Membrana fenestrata sind bei niederen Wirbelthieren leicht zu ermitteln. Man sieht an deutlichen beim Frosch die Stäbchenfasern auf dem verkochten Durchschnitt in die kegelförmige Körperchen übergehen, welche unmittelbar an der Membrana fenestrata ansetzt und Stäbchenkegel genannt werden mag. Die Zapfenkerne liegen zwischen den Stäbchenkegeln, sind aber weniger markirt, da die Zapfenkerne in grösserer Entfernung von der Membrana limitans externa liegen, als die Stäbchenkerne, und die Zapfenfasern wie bekannt bei diesem Thier ausserordentlich kurz sind. Die Zapfenkerne sitzen gleichsam direct an den Zapfenkernen. Die Stäbchenkerne stehen nun beim Frosch in genau derselben Weise mit den Zellen der Membrana fenestrata in Verbindung (Taf. II, Fig. 39), wie es verhält von den Zapfenkernen der höheren Wirbelthiere gebildet wurde.

Bei den Fischen sind die Stäbchenkerne ebenfalls sehr deutlich (Taf. II, Fig. 41); sie enthalten seltener eine kleine Bildung, die der *convex marginated Zapfenkerne* beim Menschen analog sein dürfte.

Was die Vögel anlangt, so treten die Stäbchen derselben bekanntlich in Zahl mehr zurück; doch sind auch hier Stäbchenkerne vorhanden, welche sich gerade so verhalten wie die Zapfenkerne. Sie haben bei *Asio polareus* in Kali bicromatium 9,0021 Mm. Durchmesser.

Bei Säugern sind die Verhältnisse der Stäbchenfasern zur Membrana fenestrata schwieriger zu erkennen. In sehr verdünnten Chromatinsäure- oder Osmiumsäure-Lösungen werden sie bekanntlich variös (Taf. I, Fig. 7, Fig. 15). Sie erscheinen denn als äusserst feine (bei der Katze von 6,0008 Mm. Dicke in 0,95procent. Chromatinsäure) gestreckte, leicht bewegliche Fasern, in regelmässigen Abständen mit kleinsten räumlichähnlichen Anschwellungen versehen. Jede Faser ist an einer einzigen Stelle ihres Verlaufs irgendwo von einem Stäbchenkerne unterbrochen. Schon H. Müller¹⁾ hat davor gewarnt, die Variositäten-Bildung nicht für ein Kennzeichen von Nervenfasern zu halten. Er ist allerdings richtig, dass feinste Nervenfasern in Lösungen von bestimmten Concentrationen constant variös werden, aber sehr viele andere Fasern werden es auch. Z. B. die Radialfasern des Kaninchens, die sich an die Membrana limitans interna ansetzen und unverwundlich keine Nervenfasern sind — in verdünnter Osmiumsäure. Der Glaube an die Stäbchenkerne dieses vermistlichen Kriterium scheint schon anderweitig Irthümer in der Lehre von der Nerven-Endigung hervorgebracht zu haben, wie Knäuel²⁾ bei einer andern Gelegenheit angedeutet wurde.

Bleibt man ein wenig stärkere Chromatinsäure- (0,63—0,66 pCt.) oder Osmiumsäure- oder Essigsäure-Lösungen, so verändert sich der Gesamteindruck der äusseren Körnerschicht ein wenig. Die Stäbchenfasern verschwinden nicht etwa, sondern ordnen sich etwas glänzender, ganz glatt und verlaufen gezogen. Sie winden sich nach links und rechts zwischen den dicht zusammengebrachten Körnern hindurch und bilden auf diese Art ein Netzwerk, welches die äusseren Körner umspinnt, dessen Aestchen ausserordentlich optische sind. Man kann dieses Netzwerk an Präparaten mit kohlensaurem Kali nicht erkennen, weil die Cellulose der aufgekochten Stäbchenkerne zu stark Lichtbrechung sind, während die dickere Zapfenfasern dieser Umstände deutlich hervortreten (Taf. I, Fig. 14). Dagegen tritt in arsenigsaurem Natrium auf der Flächenansicht der beiden Körnerschichten seltener eine Adhärenz mit dem fälschlich stereoförmig aussehenden Hohlkörperchen des Schichtenquerchnitts zu Tage. An isolirten Stäbchenkernen sieht man in Chromatinsäure von 0,85 pCt. etc. die Fortsetzungen der abgebrochenen Stäbchenfasern als kurze fadenförmige Anhänge, die schon Pacini³⁾ aus der fischen Retina bekannt waren. Auch unter diesen Umständen gelingt es noch, die Stäbchenfasern in Zusammenhang mit den Stäbchenkernen anfallende Strecken

1) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, 1858, Bd. VIII, S. 184.

2) W. Krause, Anatomie des Kaninchens, 1865, S. 152.

3) Novae Annales de Sci. Natur. d'histoire, 1812, Nov. II, T. IV, S. 51.

zu isolieren und man überzeugt sich an senkrechten Querschnitten, sowohl an Chironomiden-, wie an Omalimastix-Präparaten, beim Kasachen, dem Hinde, dem Hunde etc. (Taf. I, Fig. 7, Fig. 13, Taf. II, Fig. 22), dass auch die Stäbchenfasern in kontinuierlichem Zusammenhange mit den Zellen der Membrana fenestrata stehen.

Am inneren Ende der Stäbchenfasern findet sich bei den Stägern constant eine kleine kolbenförmige, auch wohl spindelförmige Anschwellung (beim Menschen an Omalimastix-Präparaten von höchstens 0,402 Mm.), die den bei niederen Wirbeltieren beschriebenen Stäbchenkegel analog ist und ebenfalls Stäbchenkegel genannt werden soll. Sie stellt einer grösseren Varietät ähnlich, ist aber constant vorhanden (Taf. I, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 13, Fig. 14, Fig. 20), und mittelst der Stäbchenkegel setzen sich die Stäbchenfasern an die Membrana fenestrata. Diese Stäbchenkegel bilden somit nicht das Ende der Stäbchenfasern, was M. Schulze vorläufige annahm; sie setzen sich auch nicht in Nervenfasern fort, wie Hassel, gestützt auf die spindelförmige Anschwellung (Taf. I, Fig. 13 b) einzelner Stäbchenkegel behauptete. Die Angaben beider Forscher sind, insofern verschiedene Fälle vorkommen, richtig: M. Schulze hat Recht mit der Behauptung, dass die Stäbchenfasern an der Zwischenkörnerschicht aufhören, Hassel mit dem Glauben an eine faserige Fortsetzung der Stäbchenkegel nach innen. Die Sache ist so, dass die Stäbchenkegel entweder direct an die Zellen der Membrana fenestrata sich ansetzen (Taf. I, Fig. 3, Fig. 14), oder dass sie mit einem Zellfortsatzläufer in Verbindung stehen (Taf. I, Fig. 15). In letzteren Fall erscheint der Stäbchenkegel spindelförmig, indem eine feine kurze Faser nach innen zu daranhängt. Die Stäbchenkegel sehen bei schwächeren Vergrößerungen, wie gewöh, punktförmig aus; sie vorzüglich haben durch ihre grosse Anzahl bei Stägelnieren die früher sogenannte Zwischenkörnerschicht in den Ruf gebracht körrig zu sein.

Bei Vögeln, Amphibien, Fischen ist die körrige Beschaffenheit unter schwächeren Vergrößerungen weniger deutlich, weil die Stäbchenkegel bei diesen Thieren so gross sind (Taf. II, Fig. 29, Fig. 33, Fig. 44), um mit Körnern verwechselt werden zu können. Indessen sind die Zellen der Membrana fenestrata selbst leicht granulirt. Bei sämtlichen Wirbeltieren erscheinen sie in manchen Reagenzien (namentlich in Säuren) körrig, in anderen (Alkalien und sehr verdünnten Säuren) nicht. Man würde daher ihre körrige Beschaffenheit nicht behaupten können, wenn sich dieselbe nicht auch am frischen, in Glaskörperfestigkeit unterworfenen Präparat nachweisen lässt. Dies ist unter starken Vergrößerungen z. B. bei Stria, fassend auf den senkrechten Retinadurchschnitt der Fall. Auf Flöhenansichten der Membrana fenestrata oder ihrer Zellen (Taf. I, Fig. 17) sieht man bei Stägern an Chironomiden-Präparaten die Stäbchenkegel von oben punktförmig aber die auseinander granulirte Zellsubstanz ausgedehnt. Mit den Lücken der Membran stehen sie insofern in Beziehung, als sie sich ringsum am Rande derselben befestigen.

Wendet man noch stärkere Concentrationen von Chromsäure oder Os-

miumsäure an, so schrumpft die Membran und mit ihr die röhrenförmige bedeckende zusammen. Die Stäbchenfasern sind in den stärksten Lösungen (Chromsäure von 0,1—0,2—0,6—1 pCt.) immer noch vorhanden, wie man bei successiven, sehr allmählig abgemessenen Uebergängen von den schwächsten Lösungen erkennt. Sie haben stärker ausgesprochene Knickungen erfahren, was sich der Schrumpfung der Retina durch Wasserentziehung anzurechnen lässt, und sind glasartig spröde. In Folge davon springen die Stäbchenfasern aus ihrem Zusammenhange mit den Stäbchenfasern sehr leicht heraus und schwimmen zu Tausenden als runde Körper ohne irgend eine ansetzende Faser in der Flüssigkeit — wodurch wie es scheint Heile veranlasst wurde, die Stäbchenfasern in Abrede zu stellen. An Stellen, wo die Stäbchenkegel grössentheils verloren gegangen sind und die übrig gebliebenen Stäbchenfasern sich zu einem runden, verästerten Netzwerk zusammengefügt haben (Taf. I, Fig. 19), sieht es natürlich so aus, als ob dasselbe mit der Membrana fenestrata extern in unmittelbarem Zusammenhange stünde, weil die Stäbchenfasern von dem inneren Schlichte der äusseren Körner direct zu den Stäbchenfasern getreten. Dieses Netzwerk der Stäbchenfasern in Zusammenhang mit den stärkeren Zapfenfasern hat die Veranlassung zu der allgem. verbreiteten Annahme gegeben, dass die Radialfasern die angezogene Zwischenkörnerschicht durchsetzten und sich an die Membrana fenestrata extern ansetzten. Wäre die Nachweibung der wahren Verhältnisse nicht beim Menschen (Taf. I, Fig. 8) und beim Finken (Taf. II, Fig. 34) so ausserordentlich leicht und schlagend, so würde es bei den Stägelnieren kaum möglich gewesen sein, die Gründe des verbreiteten Irrthums aufzufinden.

Die Sache ist also so, dass bei allen Wirbeltieren die Radialfasern von der Membrana fenestrata intern kommen und sich an die Membrana fenestrata extern ansetzen, an welcher sie endigen (Taf. II, Fig. 24). An die Aussenseite der Membrana fenestrata setzen sich die Zapfen- und Stäbchenfasern mittelst der Zapfenkegel und Stäbchenkegel. Die Zapfenfasern sind bei den Stägern an Stärke den Stäbchenfasern so bedeutend überlegen, dass sie es vorzüglich sind, welche eine feste Verbindung zwischen Membrana fenestrata extern und Membrana fenestrata intern herstellen, obgleich jede Stäbchenfaser ebenfalls mit beiden Membranen in Verbindung steht. Irgend welche andere Radialfasern, mit Ausnahme der Zapfen- und Stäbchenfasern existieren in der äusseren Körnerschicht nirgends und bei keinem Wirbeltiere (vielleicht mit Ausnahme des Chironom).

Dieses erwartete Resultat, welches mit dem Ansehen der Zapfen- und Stäbchenfasern an die Membrana fenestrata in nächster Beziehung steht, ist, wie mehrmals hervorgehoben werden soll, ganz leicht zu erweisen. Von dem Ansatz der Radialfasern an die Membrana fenestrata war schon oben (S. 10) die Rede und was die Zapfenfasern anlangt, so braucht man nur ein Vogelauge, am besten von Finken, in Kollidionum zu härten und in Kollidionum sehr feine Querschnitte anzufertigen, deren Dicke stets nur ein einziges Kör-

enthalten soll, um die geschilderten Verhältnisse nachzuweisen. Nach mehr empfahl sich die *Macula lutea* des ebenso beschriebenen menschlichen Auges. Bei den Säugethieren thierkali carbonicum und beim Kanarienvogel *zinnigraes* Nitron dieselben Dienste; in concentrirten Oximuriat-Präparaten gelingt es, Zapfenfasern sammt einer zugehörigen Zelle der *Membrana fenestrata* zu isoliren. In deren Zellen, wo unten bei den Durchsichtsmethoden orientirt werden wird, der Fixation widerstehen, so besuche die zu untersuchenden menschlichen Augen nicht einmal ganz frisch zu sein.

Aus den gegebenen Nachweisungen lassen sich jetzt auch die bekannnten Bilder richtig deuten, welche H. Müller früher erhalten hatte. Bisher figurirte überall die oft abgebildete Zeichnung¹⁾ von einer Radialfaser, an welcher die inneren Körner ansitzen, wie Johannisbeeren an ihren Stielen. Diese aus Kolliker's neuester Auflage mit Recht verschwundene Figur erklärt sich jetzt durch die geschilderten Thatsachen vollständig. Gewöhnlich setzen nämlich Zapfenfasern und Radialfasern bei Säugethieren nicht ganz einander gegenüber an die Außen- und Innenseite der *Membrana fenestrata* (Taf. I, Fig. 13, Taf. II, Fig. 33, Fig. 41). Zweitens jedoch geschieht es (Taf. I, Fig. 13) und dann kann das Isoliren einer längeren Faser so erfolgen, dass die Radialfaser und Zapfenfaser direct in einander überzugehen scheinen (Taf. II, Fig. 22 u. f.), während sie in Wahrheit durch ein Stückchen Zellenkörper aus der *Membrana fenestrata* unterbrochen sind. Oder es sah, als man diese Membran noch nicht kannte, so aus, als ob Radialfasern die anhängende, feingekrümmte Masse der sogenannten Zwischenkörnerepithel durchstießen. Für Bruchstücke der letzteren konnten die geschnittenen Zellen leicht genommen werden.

Einige besondere Verhältnisse der *Macula lutea* und der *Ora serrata* des Menschen bedürfen noch einer Erwähnung. An der *Macula lutea* ist die *Membrana fenestrata* vorhanden, und die hier in der Ebene der Retina verlaufenden Zapfenfasern setzen sich, wie gesagt, mit den Zellen der Membran in Verbindung. In der *Fovea centralis* aber fehlt die *Membrana fenestrata* und sie erscheint erst am Rande derselben, wo sich Zapfenfasern anhängen, um mit Zapfenkegeln zu endigen. Die am Rande der *Fovea centralis* gelegenen Zellen der *Membrana fenestrata* (Taf. I, Fig. 11) bieten nichts Besonderes dar.

Der eigenenthümliche Verlauf der Zapfenfasern, welche am gelben Fleck eine liegende Fasernsicht (Taf. I, Fig. 10) von beträchtlicher Dicke und Ausdehnung bilden, erklärt sich aus der Entwickelungsgeschichte. Man weiß, dass die *Fovea centralis* gleichsam einen Rest der Stielen Augenspitze darstellt. Um die letztere zu schließen, müssen sich bei der relativ bedeutenden Dicke der Zapfen-Innenglieder die betreffenden Zapfenfasern so bedeutend verhängern,

wie es in der That der Fall ist. Das ungleiche Wachstum verschiedener Theile des Bulbus und mithin der Retina während der Entwicklung wird am besten durch die Gestaltveränderungen des Augapfels noch nach der Geburt beim neugeborenen Kindehen bewiesen. Am ersten Lebenstage hat der Bulbus die Gestalt eines operierliegenden, an beiden Enden zugespitzten Ovoids von beispielsweise 10 Mm. Länge, 7,5 Mm. Breite und 8 Mm. Dicke. Beim erwachsenen Kindehen betragen die Dimensionen²⁾ 16, 17, 18 Mm.

Nach vorn von der *Ora serrata* hört die Retina des Menschen bekanntlich mit einer *Para ciliaris* auf, deren microscopischen Bau Kolliker³⁾ richtig geschildert hat. Weiter rückwärts von diesem äusseren Theile zeigt sich die Retina beträchtlich verdickt und von grösserem Durchmesser als in der ganzen Ausdehnung zwischen der *Ora serrata* und dem Aquasator des Bulbus. An dieser dickeren Stelle beschrieben Bleaunig⁴⁾ und H. Müller⁵⁾ eine stielartige Anordnung der Radialfasern, wodurch das Plöcken eines Gefässes vergleichbare Balken entstehen, mit Lücken zwischen denselben. Die Dicke des Gefässes gleichsam wird von den inneren Schichten der Retina gebildet. H. Müller hielt diese Bildung für eine Leichenerscheinung; Boule⁶⁾ fand sie nicht constant und verlegte Blutgefässe in die geschilderten Pfeiler, was unbedingt für die pathologische Natur derselben sprechen würde, da in den inneren Retinaschichten sonst niemals Blutgefässe vorkommen. Kolliker⁷⁾ konnte sich nicht entschliessen, dieselben als normale Bildungen anzusehen. Die Pfeiler sind aber weder ohne Leichenerscheinung, noch eine pathologische Bildung, denn ich habe sie bei der grossen Anzahl menschlicher Augen, die mir, wie gesagt, eine Viertelstunde nach dem Tode zur Verfügung standen, stets in derselben Weise angetroffen. Auch in dieser Gegend ist die *Membrana fenestrata* vorhanden; sie liegt am *lo serrata* Ende der besprochenen Pfeiler und letztere zeigen sich zwischen der Membran und den äusseren Körnern eingeschaltet. Sie sind nichts anderes als eine eigenenthümlich angeordnete Partie der Zapfenfasersicht, die hier wiederum massenhaft auftritt, ähnlich wie am gelben Fleck, aber mit radialer, nicht mit horizontaler Faserung. Natürlich handelt es sich bei der geringeren Anzahl von Zapfen in dieser Gegend auch um Stäbchenfasern, die wie die Zapfenfasern hier auf einer embryonalen Entwickelungsstufe zu verharnen scheinen. Blutgefässe kommen in der Norm nicht in den Pfeilern vor, was sich nach der geschilderten anatomischen Lage von selbst versteht, und wenn sie sich zeigen sollten, so müssen es pathologische Neubildungen sein.

1) K. W. Krause, *Anat. des Knochens*. 1849. S. 618.

2) Gouvalchère 1887. Fig. 181.

3) De retina striata. *Desp.* 1815. Fig. 1.

4) Zeitsch. f. wissenschaftl. Zool. 1856. Bd. VII. S. 71.

5) *Einigenetische*. 1912. S. 649.

6) *Gouvalchère*. 1887. S. 638.

1) Kolliker, *Microscop. Anat.* 1816. Bd. II. 2. S. 677. Fig. 165. Gouvalchère 1887. Fig. 181. 2.

2. Stübchen, Zapfen und äussere Körner.

Stübchen.

Die im historischen Theil dieser Abhandlung geschilderten Befunde von Längstreifung und Querstreifung der Aussenglieder für die Stübchen niedriger Wirbelthiere, namentlich des Frosches, widersprechen sich offenbar vollständig. Das Aussenglied wird als aus Plättchen zusammengesetzt angesehen und doch soll es eine (Ritter), drei (Hensen) oder mehrere (M. Schultze) Fasern enthalten.

Was zunächst die Ritter'schen Fasern anlangt, so haben bekanntlich diejenigen, welche sie beschrieben, nicht einmal von den Innengliedern des Froschstübchens Kunde gehabt. Freilich ist nichts leichter, als ähnliche Fäden nachzuweisen, wenn man die dafür geeigneten Chromsäure-Lösungen benutzt¹⁾. Aber die Verwerrung, welche die Aussenglieder unter diesen Umständen erleiden, ist eine so beträchtliche, ihre Abweichung von der Cylindrogestalt eine so zufällige, dass Untersuchungen, welche die Chromsäure etc. nicht selbst anwendeten, wie Hensen,²⁾ zu der Vermuthung kommen konnten, die Abbildungen von Schiöen seien schematische, während sie doch nur Bilder der sorgfältig unzuverlässigen Untersuchungsmethode unzutreu wiedergegeben. In Wahrheit sieht man an derartigen Präparaten noch viel wunderbarer Dinge als Ritter'sche Fäden. Dasselbe gilt auch von den Oxidations-Lösungen, die Hensen³⁾ benutzte, und dadurch spindelförmige Auswickelungen der Aussenglieder hervorrief. Am demselben Grundes ist es auch ganz unthunlich, nach Anwendung so eingreifender Reagentien die Existenz einer Hülle an den Stübchen zu beweisen. Um zu verstehen, wie Ritter⁴⁾ dazu kommen konnte, aus solchen Bildern die Existenz seiner Faser abzuleiten, muss man sich erinnern, dass damals gerade in den cylindrischen Endköpfen der Stögthiere eine in dessen Axe verlaufende Terminalfaser nachgewiesen war, wobei die Aehnlichkeit dieser Endköpfe mit den aus Hülle, Werk und Axonhülle nach Ritter bestehenden Stübchen eine überraschende sein würde. Man konnte dann die Stübchenachse als eine grosse Anzahl solcher gestellter, sehr kleiner Endköpfe auffassen, wozu die Apparate für Lichterpfundungen nicht im Princip, sondern nur durch ihre Dimensionen, äussere Anordnung etc. von denselben verschiedne sein würden, welche Tact- resp. Wärme-Tapfundungen zu vermitteln haben. Aber für die Nachweisung des sogen. Ritter'schen Fadens als eines normalen Gebildes muss man doch allermindestens fordern, dass die Mittel, welche ihn sichtbar machen, die cylindrische Gestalt des Stübchens nicht merklich ändern.

Diese Forderung schien erfüllt zu sein durch die Wahrnehmung eines centralen Punktes im optischen Querschnitt der frischen Stübchen. In der

That ist es bei jedem Säugthier (z. B. Schwein, Kaninchen, Schaf, Kalf, Vespertilio murinus, Maus — Mensch), dessen Retina man frisch in Glaskörperflüssigkeit untersucht, ganz leicht bei Einstellung des Focuss auf die inneren Enden der Aussenglieder des von M. Schultze und Hensen beschriebenen centralen Punktes zu sehen. Vorausgesetzt wird, dass die Längsaxe der Stübchen senkrecht auf die Ebene des Objectives orientirt ist. Liegt das Stübchen etwas schief, so erhält man die von M. Schultze erwähnte Ansicht einer kurzen Linie. Zu diesen Beobachtungen reichen 30fache Vergrösserungen hin. Um über die Natur der geschilderten Erscheinung ins Klare zu kommen, ist es jedoch nothwendig, eine mindestens 90fache Vergrösserung einer guten Immersionslinse anzuwenden, so dass der Stübchenquerschnitt so bequem mehrere Scheibe erscheint. Besitzt man dann schiefe Beleuchtung, so findet sich, dass der angebliche Querschnitt einer centralen Ritter'schen Faser mit der Verschiebung des Spiegels innerhalb des schiefenförmigen Stübchen-Querschnitts nach links oder rechts hin wandert, dem Spiegel folgend, weil das Microscop umkehrt (Tab. II, Fig. 35). Dieser vermeintliche Querschnitt des Ritter'schen Fadens nach Hensen, oder des vagespitzten inneren Endes des Innengliedes (M. Schultze) ist also nichts weiter als eine optische Erscheinung, ein Bild des Spiegels unter dem Microscop. Sie ist aber von Wichtigkeit, weil diese Erscheinung beweist, dass die Stübchen für sich allein oder mit den übrigen Schichten der Retina denselben Bilder äusserer Gegenstände auf die Choroidea zu werfen vermögen, was mit der Annahme einer katoptrischen Leistung derselben, einer Spiegelfang, die wesentlich in der Pigmentschicht stattfindet, sehr gut übereinstimmt.

Was die Plättchen-Struktur betrifft, so fanden M. Schultze und Zenker⁵⁾ dieselben von 0,4405—0,46087 Mik. Dicke schwankend. Nach M. Schultze⁶⁾ kommen Plättchen von noch geringerer Dicke durchmesser vor, und die Bestimmung der unteren Grenze für die Plättchendicke sei demnach unnieher. Die obere Grenze sei leichter zu messen, weil die Plättchen desselben Aussehendes für gewöhnlich Variationen in der Dicke nicht unterworfen zu sein scheinen.

Die letztere Behauptung, auf welche für eine etwaige Berechnung des Ganges der Lichtstrahlen innerhalb der Aussenglieder Alles ankommen würde, ist leider nicht richtig. In Wahrheit kommen ausserordentlich schwankende Dicken durchmesser der angeblichen Plättchen vor, die z. B. beim Frosch das Doppelte und Dreifache der angegebenen Durchmesser betragen. Offenbar hat M. Schultze zufolge seiner Abbildungen in solchen häufig im beobachtenden Fäden angenommen, dass es sich dann oben nicht um ein einziges Plättchen, sondern um eine Gruppe von 2—6 oder drei an einander liegenden handelt. Aber wenn diese Deutung des mikroskopischen Bildes die richtige wäre, so müssten die Durchmesser der dickeren Plättchen offenbar einfache Multipla der Dicke

1) W. Krause, Anatomische Untersuchungen. 1861. S. 59.

2) Arch. f. ophthal. Anat. 1867. Bd. 28. S. 485.

3) Arch. f. ophthal. Anat. 1867. Bd. 28. S. 484.

der primären einfachen Plättchen darstellen. Letztere sind jedoch nicht im mindesten der Fall, sondern die Dicke schwankt in demselben Ausaugliede in allen möglichen Zweckerstufen, was sehr leicht mit Zahlen belegt werden kann. Versuch ist also die Annahme einer constanten Dicke der Plättchen der Grundlamelle, mit dessen Nachweisung alle darauf gebauenen physiologischen Folgerungen selbstverständlich in sich zusammenfallen.

Nach dem Vorgelagten sind also die Ausauglieder der Stäbchen (und der Zapfen) einfache, homogene, wesentlich cylindrische Gebilde, ohne Hülle, ohne Längstreifen, ohne Ritter'schen Fäden, der man wohl aus den anatomischen Darstellungen der Ausauglieder verschwinden dürfte, ohne Schultze'sche Plattenstruktur. Auch hier wie in so vielen anderen Fällen ist die Untersuchung am ganz frischen Präparat ohne Zusatz jenseit der mit der Stäbchensubstanz in endosmotischem Gleichgewicht befindlichen Glaskörperflüssigkeit des zugehörigen Auges) entscheidend. Wie jeder weiss, verhalten sich unter diesen Umständen die Ausauglieder so, wie sie eben beschrieben wurden. Alle Angaben über einen eingeleiteten Iou derselben stellen in Wahrheit nur Schilderungen der mannichfaltigen Veränderungen dar, welche sie durch Anwendung umfassender oder eingreifender Reagentien erkeiden, wovon sich die anstehenden Widersprüche leicht lösen. Worauf es in Einzelnen beruht, dass die Spaltung der Ausaugliedersubstanz bald in der Quer- bald in der Längsrichtung überwiegend verläuft, ist eine an sich bedeutungslose Frage, sobald nur feststeht, dass diese Erscheinungen durch physikalische oder chemische Agentien, namentlich durch Erwärmen, erst in der ursprünglich homogenen Substanz hervorgebracht wurden. Die Stäbchenschicht gehört nun einmal zu denjenigen Objecten, deren Vergänglichkeit und Veränderlichkeit, wie M. Schultze irgendwo so schön sagt, schon manche Mühe zu Schanden gemacht hat.

Aus Gründen, die im physiologischen Theil dieser Abhandlung näher orientirt werden sollen, schien es wünschenswerth, eine erste Annäherung für den Werth des Brechungsindex der Ausauglieder zu erhalten. Offenbar kann man einen homogenen (cylindrischen) durchsichtigen Körper, wie ihn das Ausauglied darstellt, nur dann sehen, wenn die umgebende, eine chemische Einwirkung nicht ausübende Flüssigkeit entweder höheres oder niedrigeren Brechungsindex hat als Erstere. Nun sieht man die Ausauglieder der Fröschstäbchen sehr gut in Glaskörperflüssigkeit des Biudes, deren Brechungsindex bekanntlich etwa 1,25 $\frac{1}{2}$ [Wasser = 1,335] beträgt. Bringt man die Stäbchen in die äussere Schicht der Krystalline von Binde oder Kälbe, indem man dieselbe auf den Objectträger ausbreitet, Binnensubstanz darauf bringt und dann mit Linsenmasse bedeckt, so wirken die Ausauglieder zwar blauer und weniger dunkelrothig, sie bleiben aber vollkommen deutlich (Taf. II, Fig.

10 A), auch in ihrer cylindrischen Form und ihrem Dimensionen unverändert. Dasselbe Verhalten zeigt sich bei Anwendung der mittleren Schichten und des Kerns der Kollidire. Die äussere Schicht hat einen Brechungsindex von ungefähr 1,38—1,40, der Linsenkern von 1,43—1,45. Die Substanz der Ausauglieder der Fröschstäbchen muss also einem höheren Brechungsindex haben als 1,45, sonst könnten sie unter diesen Umständen nicht sichtbar bleiben und dasselbe gilt auch von den Stäbchen des Kalbes, die sich ganz ähnlich verhalten. Durch Prüfung der Stäbchen mit den verschiedenen Linsenmischungen überzeugt man sich sehr leicht, dass nicht etwa eine Schicht vorhanden ist, in der die Stäbchen ganz und gar oder doch theilweife verschwinden: sie werden continuirlich blauer, wenn man successive von aussen nach dem Kern hin die Linsenmasse benutzt.

Legt man nun die Ausauglieder der Fröschstäbchen in Olivenöl, dessen Brechungsindex = 1,47 so setzen sie, so ändert sich das Aussehen der Stäbchen. Während sie in schwächer lichtbrechenden Flüssigkeiten nach innen von ihrer äusseren Contour dunkel schattirt erscheinen, zeigen mikroskopischen Fein, nur blauer, so zeigt sich in Olivenöl die dunkle Schattirung ausserhalb (Taf. II, Fig. 10 B) der Contour des Stäbchens, während die cylindrische Form sich nicht ändert. Da die Contour des Stäbchens dunkel bleibt, so kann eine optisch wirksame dasselbe überziehende Wasserschicht nicht vorhanden sein. Man ist daher berechtigt, aus dem beschriebenen Verhalten den Schluss zu ziehen, dass der Brechungsindex der Ausauglieder von Fröschstäbchen zwischen

$$1,43 - 1,47$$

liegen müsse und wahrscheinlich nicht diese Grösse in der ganzen Thierreihe nehmen dürfte.

Da die Contouren der Zapfen bei den Vögeln in Olivenöl, mit dem sie sich nicht mischen, sichtbar sind, blauer, aber an der Innenseite ihrer äusseren Contour schwarz erscheinen, so ist anzunehmen, dass deren Brechungsindex höher als 1,47 und wahrscheinlich nichtunbeträchtlich höher anzusetzen ist. Dies gilt zunächst für *Actus palmarius* und das Huhn.

Dass die Ausauglieder der Stäbchen doppeltbrechende Eigenschaften besitzen, ist durch Valentin¹⁾ bekannt geworden und von M. Schultze bestätigt. Die Unterscheidung einer äusseren und inneren Abtheilung an den Stäbchen ist bei den Säugethieren zuerst von Lehmann²⁾ (beim Hunde), später von Brauer³⁾ (beim Kaninchen) durchgeführt. Die von mir⁴⁾ beim Menschen aufgefundenen Differenzen von Innengliedern und Ausaugliedern wurden durch Bonie (1845) und M. Schultze (1866) nach eigenen Untersuchungen bestätigt.

1) Ztschr. f. ration. Medicin. 1840. Bd. XVI. S. 130.

2) Experim. quad. & a. opt. diss. Corp. 1837. S. 38.

3) Sammelber. d. k. Acad. d. Wissensch. Bd. XLII. S. 53.

4) Ztschr. f. ration. Medicin. 1861. Bd. XI. S. 472.

1) W. Krause, die Brechungsindizes der durchsichtigen Medien des menschlichen Auges. 1855.

Die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen enthalten bei manchen Thieren an ihrem inneren Ende den mehrfach erweiterten ellipsoidischen Körper. Die Zapfen-Ellipsoide des Hühners sind von den Stäbchen-Ellipsoiden in ihrer Beschaffenheit nicht verschieden; letztere sind etwas schmaler. Bei der Taube haben die frisch in verdünnter Glycerin untersuchten Zapfen-Ellipsoide 4,003 Mm. Länge, 0,003 Dicke, die Stäbchen-Ellipsoide 0,003 Länge auf 4,031 Dicke. Beim Huhn und Frosch sind die ellipsoidischen Körper am ganz frischen Auge in Glaskörperflüssigkeit leicht zu sehen, wovon ihr Vorhandensein im Leben mit Grund nicht mehr herbeiführt werden kann.

Anderer steht die Sache mit der Axenfaser im Innenglied. Man sieht sie am schönsten an Essigsäure-Präparaten und in direktem Zusammenhang mit dem Zapfen-Ellipsoid (Tab. II, Fig. 26). Zuweilen ist die Faser von dem letzteren wie abgerissen und endigt dann mit einer leichten Verdickung. Man kann den Zusammenhang bei der Taube an der frischen, mit verdünnter Glycerin untersuchten Netina ebenfalls wahrnehmen; die Axenfaser hat 4,000 Mm. Dicke. Beim Menschen beträgt ihr Durchmesser in den Stäbchen-Innengliedern an Essigsäure-Präparaten nur 0,0063 Mm. Gleich die Axenfaser auch in Kali bichromicum und Osmiumsäure auftritt (s. Historiesches S. 2), so ist es doch bisher noch Niemandem gelungen, sie an der frischen, mit Glaskörperflüssigkeit untersuchten Netina zu demonstrieren.

So lange dies nicht geschehen ist, liegt die Sache genau so wie bei den Axengliedern der doppeltcontourirten Nervenfasern. Unser Kenntniss der physiologischen Bewegungen, die in der gereizten Nervenfaser vor sich gehen, sind mit der Annahme einer festen eiweißartigen Substanz, in welcher diese Bewegungen verlaufen würden, schlechthin unvereinbar. Die anatomischen Gründe aber, welche für die Präsenz der Axenglieder sprechen sollten, haben ihren Werth größtentheils verloren. Denn an den peripherischen Endigungen der einfach sensiblen wie der motorischen Nerven, auch an den Theilungsstellen der doppeltcontourirten Fasern, existiren nirgends freie Axenglieder, sondern stets sind sie von einer dünnen Lage Nervenmark umhüllt. Dieses Verhalten ist an den Fächersehen Körperchen des Affen¹⁾ schon lange nachgewiesen, wie immer wieder hervorzuheben sein dürfte. Die schließliche Emigration aber, welche Axenglieder vor Augen bringen, haben für die Frage nach der Präsenz desselben selbstständlich gar keinen Werth. Ob im Inneren der mit doppeltcontourirtem Mark gefüllten Nerventöhre sich ein fester Faden befindet, oder ob dieses constant zu beobachtende Gebilde ein Gerinnungsproduct ist, welches seine Form dem cylindrischen Röhre verdrängt, in welchem es entsteht — diese Frage wird nicht eher in ersterem Sinne beantwortet sein, bis man die Axenglieder in der lebenden Nervenfaser beobachtet hat. Dass dafür aber keine Präparate benutzt werden können, die von

Nerven eines lebenden Thieres gewonnen und mit angeblich indifferenten Zusatzflüssigkeiten untersucht werden, leuchtet wohl von selbst ein. Die abgesehen von den Enden der betreffenden Nerventöhren, aus denen das Nervenmark herausquillt und an welchen man die Axenglieder hervortreten sieht, sind doch ganz sicher nicht wech leistungsfähig.

Nach dieser Darlegung lässt sich also von den Axenfäsern der Innenglieder wie von den Axengliedern nur aussagen, dass ihre Existenz im Leben möglich, Menschen vielleicht auch wahrscheinlich, aber zur Zeit noch nicht bewiesen sei. Vielleicht sind auch in der primitiven Nervenfaser noch feine Strukturverhältnisse verborgen, die bisher angenommenen.

Zapfen.

Es gibt in der Literatur viele Angaben, wovon diesem oder jenem Thier hier die Zapfen, dort die Stäbchen fehlen sollen. Die Sache ist von Wichtigkeit geworden, seit man die Zapfen mit den Farben-Empfindungen in Zusammenhang gebracht hat (s. unten). Es ist daher an der Zeit, die anatomischen Unterlagen der negativen Behauptungen recht genau prüfen. Seit H. Müller²⁾ unterscheidet man als Stäbchen die schmälere Schicht und als Zapfen die dickeren bauchigen Elemente der Stäbchenschicht. An dieser Unterscheidung ist durchaus festzuhalten; nur sind dabei nach unseren jetzigen Kenntnissen die Innenglieder auszugehend. Trotz aller Verschiedenheiten in den absoluten Dimensionen bleibt bei den Stäbchen-Auszugliedern der verschiedensten Thiere das Verhältniss von Dicke zur Länge sehr nahe dasselbe, nämlich annähernd wie 1:10.

H. Müller³⁾ hatte angegeben, dass unter den beschuppten Amphibien manche keine Stäbchen, sondern nur Zapfen besitzen, was H. Schultze bestätigte. Da man nach der oben angeführten Definition von Stäbchen und Zapfen Grund hat, von Leydig's⁴⁾ hiermit in Widerspruch stehenden Angaben abzugehen, was von mir⁵⁾ schon hervorgehoben wurde, so bleiben für die betreffenden Reptilien nur zwei Beobachtungen in der Literatur übrig, welche von mir⁶⁾ und von Hulke⁷⁾ herrühren. Meine damalige Bemerkung, dass die Innenglieder der Zapfen kernartig seien, bezieht sich auf einen eigenthümlichen, auch von H. Schultze gesehenen, nach dem inneren Ende des Zapfen-Innengliedes hin gelagerten Körper, der nicht mit dem Zapfen-Ellipsoid des inneren Endes zu verwechseln ist. Da die Arbeit von Hulke schwer zugänglich zu sein scheint, so mag hier seine Originalabtheilung Platz finden:

1) Zehner, I. wissenschaft. Zoologie 1856, Bd. VII, S. 80.

2) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1868, S. 452.

3) Zehner, I. ration. Medicin. 1860, Bd. XX, S. 7.

4) Ophthalmic hospital reports. 1841, Bd. IV, S. 214.

1) W. Krause, die tierischen Körperchen 1868, Tab. I, Fig. 5 u. 6.

Anguis fragilis. Beckley's Layer.

Ectop. These are long, slender, flask-like objects.

Contents. These are more club-shaped, and stouter than the rods. The outer end of the consobody contains a pale green bead.

Hiernach ist offenbar die Unterscheidung von zwei bei verschieden geformten, schlankeren und dickeren, zugleich mit Öltröpfchen versehenen Elementen, nämlich von Stäbchen und Zapfen, bei *Anguis fragilis* durchgeführt.

In Gegensatz zu den angeblich fehlenden Stäbchen (bei den Reptilien sollen in anderen Augen die Zapfen fehlen. Dies haben Han naver¹⁾ und M. Schultze²⁾ von Aul behauptet. Indessen hat schon Nunnally³⁾ die Zapfen des Aals nicht übersehen und seine Angaben sind im Wesentlichen zu bestätigen (Taf. II, Fig. 87). Die Dimensionen betragen an Präparaten mit Kalibichromat in Mm.:

	Aussenglieder		Innenglieder	
	Länge.	Dicke.	Länge.	Dicke.
Stäbchen	0,0216	0,0021	0,0462	0,0016
Zapfen	0,0872	0,0012	0,0976	0,0014

Am frischen Präparat erscheinen die Zapfen-Aussenglieder kürzer. Die Distanz zwischen je zwei Zapfen beträgt im Hintergrund des Auges ungefähr so viel wie die Dicke ihrer Innenglieder. Zwillingzapfen wurden in der Retina dieses Fisches bisher nicht bemerkt. Derselbe zeichnet sich übrigens von allen Vögeln, Amphibien, Fischen so viel bis jetzt bekannt ist, dadurch aus, dass die innere Retinaschicht incl. der inneren Körnerschicht zahlreiche Blutgefäße enthalten, wie auf ankrethtes Durchschneiden der Retina sich herausstellt (Taf. II, Fig. 37). Wenn M. Schultze⁴⁾ sie gefunden hätte, als sich dieser Beobachter bei Gelegenheit seiner Untersuchung der Aal-Retina in phylogenetische Speculationen verlor, so würde er vielleicht auch den Aal für einen sehr vornehmen vertikokratischen Fisch erklärt haben.

Bei den Vögeln sollen nach M. Schultze⁵⁾ alle Zapfen den Eulen fast vollständig fehlen. Dass in der Eulen-Retina wesentlich nur hölzerne Pigmentkugeln (kainerothen etc.) vorkommen, ist seit Michaelis⁶⁾ bekannt, der dieselben Arten (*Strix flammea*, *Strix passerina*) untersuchte, wie M. Schultze und die colorierte Abbildung von Michaelis ist sogar in Bezug auf den Parameter notargrouer, als die von Schultze, der sonst mit Michaelis über-

einstimmig. Beiläufig bemerkt gab Michaelis an der citirten Stelle auch eine colorirte schematische Abbildung der Fovea centralis des Menschen, die den meisten an Schönheit nahesteht. Deckt ist die in der Abbildung den Zapfenfasern des gelben Flecks entsprechende Schichte für Nervenfasern angedeutet worden. — Was nun die Angabe von M. Schultze betrifft, dass die Zapfen bei den Eulen an Zahl zurücktreten, so ist sie gänzlich falsch, wie sehr leicht gezeigt werden kann, wenn man das Messik der frischen Retina von einem her betrachtet. Bei Falco lunex fanden sich in einem Gesichtsfeld von 0,1 Mm. Durchmesser 716 Öltröpfchen, deren jeder einem Zapfen entspricht; bei *Strix noctua* in einem solchen von 0,25 Mm. Durchmesser 181. Dies ergibt auf ein Quadratmillimeter Netzhaut im Hintergrund des Auges beim Falco 11,264 Öltröpfchen, bei der Eule 11,897. Letztere hat also jedenfalls nicht, wie einige Öltröpfchen als der Falco, während die Uebereinstimmung beider Zahlen zugleich ein ausreichendes Zeugnis für die Untersuchungsmethode abgibt. Wenn M. Schultze bei dieser Gelegenheit sagt: An der Dämmerung giebten keine Farben. Was sollte die Eule mit dem farbempfindenden Elementen so ist dabei die Kürzheit der Schlussfolgerung zu bewundern. Weil wir in der Dämmerung keine Farben sehen, so sieht die Eule auch keine? Aber die Eule hat doch einen so entwickelten Lichtsinn, dass sie in der Dunkelheit Lichtformen unterscheidet, die für uns wie für die meisten Thiere nicht mehr wahrnehmbar sind — was beweist denn nun, dass sie nicht auch einen in demselben Grade feineren Farbensinn besitzt? Aus der Abwesenheit der Zapfen wenigstens kann dies nicht gefolgert werden, denn, wie schon gesagt, die Eule hat deren mindestens ebenso viel wie der Falco.

Unter den gezähnten 384 Öltröpfchen fanden sich vier orangefarbene von 0,012 Mm. Durchmesser. *Strix flammea* besitzt zahlreiche und intensive orange gefärbte unter den gelben Fettkugeln als *Strix noctua*; bei *Strix aluco* ist es eingekohlet. Beim Falco dagegen stellen sich die Verhältnisse so:

72 rotte,
124 orange,
32 blauschwarz,
168 gelbe und gelbgrüne.
791 in Summa.

Bei *Lucerna agilis*¹⁾ habe ich gefunden, dass drei Arten von farbigen Fettkugeln in den Zapfen dieses Thieres vorkommen, nämlich orangefarb, gelbgrünlich und blauschwarz. Wie überall sind die ersteren die meisten, die letzteren die kleinsten. Es kommen nämlich in der Retina der Vogel ganz allgemein (Falco lunex, *Astur palmarum*, Hahn) diese Fettkugeln vor, die bisher für farblos gehalten wurden, weil ihre Farbe sehr blass ist. Ob die blaugrünen (pale green) Fettkugeln, welche Halko bei *Anguis fragilis* und Schildkröten

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1848. S. 304.

2) Arch. f. microsc. Anat. 1867. Bd. III. S. 217.

3) Journ. of science. Ser. 1835. Vol. VI. Taf. XI, Fig. 17.

4) Arch. f. microsc. Anat. 1857. Bd. III. S. 214.

5) Arch. f. microsc. Anat. 1866. Bd. II. S. 218.

6) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1837. S. XII. Nov. act. anal. Leop. Carol. 1838. T. XIX.

[Terpene europaea, *Cholestin mydas*] hat, einen ähnlichen Farbstoffes haben, ist zweifelhaft. Durch Benützung von über- und unterschichtigten Systemen classiert von die Föhler, welche z. B. aus amorphem Achromasin der Microscopa hervorgehen könnten. Bemerkenswert ist es, dass bei Föhler heute stets ein orangefarbiger Fettropfen in unmittelbarer Nähe eines röhrenförmigen Stütze; beide sind dann von einem Kreise gelber oder gelblichgrüner umgeben, während die blauschwarze sparsamer und unregelmäßiger vertheilt sind.

Unter den Säugethieren sollen den nördlichen Thieren nach Schultze die Zapfen fehlen. Dies war vor dem Bekanntwerden der Weibchen *Emstrata* ganz plausibel. Nachdem sich aber hergestellt hatte, dass diese röhrenförmigen Weibchen wegen der Feinheit der Stützfibrillen wesentlich durch die Zapfenfasern in ihrer Lage erhalten und in die Weibchen *Emstrata* externer befestigt werden muss, drängte sich die Frage auf, ob denn bei den nördlichen Thieren auch die Zapfenfasern fehlen. Dies ist nun keineswegs der Fall, wofür als nächstes Beispiel das Kaninchen dienen mag, welches nach M. Schultze ebenfalls nur Stützfibrillen von Zapfen besitzen sollte. Bereits früher war von mir¹⁾ gezeigt, dass das Kaninchen sehr deutliche Zapfen hat, und in der That bieten die Aequatorgegenden der frischen Retina von *mus* betrachtet ein regelmäßiges Mosaik (Taf. II, Fig. 38) mit ebenso zahlreichen Zapfen dar, wie bei anderen Säugern. Im Hintergrunde des Auges wird die Unterbrechung durch die Plexus doppeltcontourierter Nervenfasern etwas erschwert. Die Zapfen sind in frischem Zustande wie in *Kali bichromicum* birnenförmig, 0,314 Mm. lang, wovon 0,004 auf das Aussaugglied kommen. Letzteres ist 0,010 Mm. dick, während das Innenglied 0,163—0,304 Mm. Querdurchmesser hat. Die Innenglieder der Stütchen sind dagegen nur 0,032 Mm. dick auf 0,166—0,207 Länge; ihre Aussaugglieder haben in frischem Zustande 0,163 Länge und 0,002 Dicke.

Abgesehen vom Kaninchen stellte sich aber sehr bald heraus, dass auch bei anderen, sehr entschieden nördlichen Thieren Zapfen vorkommen. Zwar hat M. Schultze vollkommen Recht mit der Angabe, dass bei der Betrachtung des frischen Mosaiks keine Zapfen wahrnehmbar sind. Benützt man aber eine Lösung von wasserfreiem Ammoniak, um die Retina ein wenig aufquellen zu machen, so rücken die Stütchen mehr auseinander und die Zapfen treten z. B. auch im Hintergrunde des Kaninchenauges hervor. Ferner kann man z. B. bei der Maus (Taf. II, Fig. 28) die Zapfen durch *Kali bichromicum* darstellen. Sie sind nicht rudimentär, sondern ihre Innenglieder stehen im gewöhnlichen Verhältnis zu denjenigen der Stütchen, während bei Zapfen und Stütchen die Aussaugglieder sehr stark entwickelt sind. Bei der Maus beträgt in Mm.:

	Aussaugglieder		Innenglieder		Ammare Körner	
	Länge	Dicke	Länge	Dicke	Länge	Dicke
Stütchen	0,0189	0,0015	0,0318	0,0012	0,0015	0,0015
Zapfen	0,0114	0,0012	0,0038	0,0021	0,0076	0,0054

Beim Igel sind die Verhältnisse ähnlich wie bei der Katze. Die Innenglieder der Stütchen und Zapfen zeigen in *Kali bichromicum* in wahrscheinlich etwas geschwungenen Zustände 0,014—0,15 Mm. Länge; erstere haben es, 0,0014 Dicke, die Zapfen 0,0012 an ihrer Basis. Die Zapfenkörner bieten mehrere Querstreifen dar, die Stütchenkörner nur einen.

Auch *Hyas* striata besitzt Zapfen, deren Innenglieder 0,014 Mm. Länge auf 0,003 Dicke haben, während diejenigen der Stütchen 0,0014 Durchmesser aufweisen. Die Dicke der Zapfen erscheint im frischen Zustande noch etwas größer als in Osmiumsäure oder *Kali bichromicum*, wofür sich die angegebenen Zahlen beziehen. Bei *Mastula putorius* haben die Zapfen-Innenglieder 0,163 Mm. Dicke, die Aussaugglieder 0,0109 Mm.

Nachdem also von uns abgesehen für drei eminent nördliche Thiere (*Hyas*, Maus, Igel) und ferner für mehrere Thiere, bei denen M. Schultze keine Zapfen oder nur Spuren Stützen konnte (Aaf, Maus, Kaninchen, Igel), die Existenz von solchen dargethan war, erschien es klar, dass M. Schultze nur durch eine ungenügende Untersuchungsmethode an der Auffindung der Zapfen gehindert worden sein dürfte. Wenn man bei einem Thiere in dem Stütchen-Mosaik nicht ohne Weiteres Zapfen erkennt, so ist dies offenbar nur eine Aufzählung mit besseren Hilfsmitteln nachzukommen.

Jedenfalls musste man aber doch irgend ein Grund vorhanden sein, weshalb gerade bei den nördlichen Thieren die einfachste Untersuchungsmethode nicht ausreichte wählte. Der Grund davon liegt in der überausigen Entwicklung der stark lichtbrechenden Aussaugglieder bei den Nördlichen, die sowohl diejenigen der Stütchen wie der Zapfen betrifft. Es handelt von selbst ein, wenn man Fig. 28 auf Taf. II. betrachtet, was denn nach von den kleinen Zapfen-Innengliedern auf der Fächerartheit des Stütchen-Mosaiks sichtbar werden wird! Ohne Zweifel sind sie gar nicht wahrnehmbar, wie es in der That die directe Beobachtung lehrt. M. Schultze hat die relativ colossale Entwicklung der Stütchen-Aussaugglieder bei den Nördlichen ebenfalls bemerkt. Dass dies der einzige wesentliche Unterschied im Bau der Retina sei, ist ihm aber entgangen, weil er die Zapfen überhaupt vernachlässigt, während sie doch ebenfalls relativ enorme Aussaugglieder besitzen (Taf. II, Fig. 28. 2). Die Kenntnis von der Netzhaut wird bald so weit vorgeschritten sein, dass man aus der relativen Entwicklung der Aussaugglieder im Vergleich zu den Innengliedern in hiesiger Hinsicht die Lebensweise eines Thieres wird bestimmen können.

1) Anatomie des Kaninchens. 1868. S. 429.

Was die Dimensionen der Zapfen in der Fovea centralis des Menschen anbelangt, so ist die Länge derselben (incl. der Pigmentschicht von M. Schultze zu 0,118 Mm. angegeben worden. Diese Zahl hat jedoch gar keinen Sinn, da man nicht weiss, wie viel auf die Dicke der Pigmentzelle abgerechnet werden muss. Es mag deshalb erwähnt werden, dass nach mehreren übereinstimmenden Messungen an vollständig normalen und absolut frisch in Kali bichromicum gelegten Augen die Länge der Zapfen im Centrum der Fovea zu 0,076 Mm. gefunden wurde, wovon auf das Innenglied 0,023 kommen. Die Aussenglieder haben 0,007—0,0018 Mm. Dicke.

Bei *Cercopithecus aethiops* enthalten die Zapfen der Macula lutea an ihrem äusseren Ende den ellipsoidischen Körper (Taf. II, Fig. 26 C). Auch beim Menschen fällt an sektrierten Durchschnitten der Retina die starke Lichtbrechungsvermögen der betreffenden Stellen der Innenglieder auf.

Äussere Körnerschicht.

An der äusseren Körnerschicht soll die eigentümliche Querstreifung, welche, wie man durch Hente weiss, für die Stäbchenkörner charakteristisch ist, nach mehrfachen Angaben des Zapfenkörners fehlen.

Die Querstreifung der Stäbchenkörner kommt bei verschiedenen Stageschritten am besten zur Anschauung, wenn man verdünnte Säuren angewendet. Essigsäure von 3%, Oxal säure etc. haben die Wirkung, sie ausserordentlich deutlich hervortreten zu lassen (Taf. I, Fig. 7). In Chromium- und Kali bichromicum (Taf. II, Fig. 28) sieht man manchmal Spurendavon. Stets sind eine stärker lichtbrechende und eine hellere schwächer lichtbrechende Substanz in Schichten, die der Ebene der Retina parallel liegen, auf einander geschichtet. Daher erkennt man die Querstreifung nur an solchen Stäbchenkörnern, die genau in der Lage sich befinden, wie sie auf dem sektrierten Durchschnitt der Retina erscheinen. Liegen die Körner etwas schräg, oder werden sie in der Richtung senkrecht zu der Fläche der Retina betrachtet, so verschwindet die Querstreifung. Das innere dem Glaskörper zugekehrte Ende des Stäbchenkörners, sowie das äussere Ende wird stets von der stärker lichtbrechenden Substanz eingenommen. Zwischen beiden liegt entweder eine einzige Schicht der schwächer lichtbrechenden Masse. Oder es sind zwei Streifen der letzteren vorhanden, die durch einen mittleren von stärker lichtbrechender Substanz gesondert werden. Im letzteren Fall sind also fünf Schichten vorhanden, und das Ansehen ist einigermaßen dem bekannten Nebelstreifen an Jupiter-Asperat vergleichbar. Beim Menschen sind die Streifen am deutlichsten in ganz frischem Zustande (Taf. I, Fig. 6). Die Anordnung ist überall in der Weise beschaffen, dass die mittleren Schichten der stärker lichtbrechenden Substanz blasser sind, die äusseren und inneren dagegen ocker-rot. In Folge der geringeren Dicke der Schichten im Centrum des Stäbchenkörners wird die Querstreifung am deutlichsten, wenn man bei starken Vergrösserungen

ungen auf die Oberfläche des Körners, nicht auf seine optische Halbkugelfläche den Focus einstellt.

Am frischen Stäbchenkorn, auch z. B. bei *Hystera striata* sind die Verhältnisse ganz die nämlichen.

Besonde zur feineren Querstreifung ist nun auch an dem Zapfenkörner vorhanden. Sie zeigt sich am deutlichsten an den Zapfen der *Macula lutea* des Affen (Taf. II, Fig. 23 A, B) und in der Retina der Kanarienvogel, namentlich des Falke und der Ente (Taf. II, Fig. 16). Auch beim Hahn ist die Erscheinung an den so vielfach zu empfehlenden Essigsäure-Präparaten sichtbar (Taf. II, Fig. 26), wenn eine mindestens Goldfische Vergrösserung benutzt wird. Wie bei den Stäbchenkörnern ist es notwendig, dass die Ebenen der Schichten möglichst genau in der Verlängerung der optischen Axe des Mikroskops gelegen sind, wie es auf dem sektrierten Durchschnitt der Retina der Fall ist. Die Abwechslung von stärker- und schwächer lichtbrechender Substanz geschieht aber an den Zapfenkörnern weit öfter als an den Stäbchenkörnern: man beobachtet 3—5 Querstreifen. In dieser Hinsicht, wie in anderen anderen erweisen also die Zapfen als die feiner organisierten Apparate, gegenüber den Stäbchen. Auch hier ist es unzulänglich, den Focus auf die Oberfläche des Zapfenkörners einzustellen, weil nach dem Inneren bis die Dicke der brennenden Schichten hinunter abnimmt. Im Maximum betrug sie bei den Zapfenkörnern von Falke hieses an Essigsäure-Präparation 0,031 Mm. Wie bei den Stäbchenkörnern schließt es die stärker lichtbrechende Substanz ein sein, welche die brennenden Flächenkrümmungen besitzt.

Bei *Actin peltamburica* gelingt es an der frischen in Glaskörperflüssigkeit unterzogenen Retina ebenfalls, die geschichtete Anordnung zu constatieren. Auch an den Stäbchenkörnern ist bei Falke hieses die Querstreifung in derselben mehrfachen Weise vorhanden, wie an den Zapfenkörnern.

Ueber die Entwicklung der Stäbchenzelle besteht ebenfalls eine Controverse. M. Schultze hat gezeugt, dass neugeborene Katzen und Kanarienvogel Stäbchen besitzen. Hensen¹⁾ dagegen fand bei der neugeborenen Katze eine kein gestrichelte Masse an der inneren Seite der Pigmentzelle, und schloss aus seinen Beobachtungen, dass wenigstens die Anwachstheile der Stäbchen aus den ketigenartigen Zellen sich entwickelten. Steinhilf²⁾ sah an denselben Object die Membrana limitans externa wie mit einem Pflanzepithelium bedeckt, stellt jedoch das Vorkommen von Stäbchen und Zapfen in Abrede.

Legt man die Augä eines neugeborenen Kanarienvogel z. B. zwei Stunden nach der Geburt in Kali bichromicum, so ist es ausserordentlich leicht, die Existenz von Stäbchen und Zapfen darzutun. Die Membrana limitans externa erscheint als scharfe einfache Linie in der Profilarbeit. Auf derselben erheben

1) Arch. f. mikrosk. Anat. 1886. Bd. II, S. 121.

2) Verhandl. der naturforsch. Gesellsch. zu B. Göttingen 1861, 62. Sep. Abh. S. 106.

sich in regelmäßigen Abständen kleinere und grössere Höcker. Dies sind die Anlagen der Innenglieder von Stäbchen und Zapfen. Die Zapfen sind natürlich die grösseren Gebilde. Ausserglieder der letzteren lassen sich mit Bestimmtheit nicht unterscheiden, auf jedem Stäbchen sieht man dagegen eine ganz freie starrere Glic sitzend: die Anlage des Ausseugliedes (Taf. II, Fig. 21). Die Länge desselben beträgt 0,0314, die Dicke 0,0015 *Mm.* Das Verhältnis ist mithin ungefähr wie beim erwachsenen Thier, woselbst die Länge 0,023, die Dicke 0,002 ausmacht, d. h. wie 1 : 10. Kommt man die Ausseuglieder einzeln, die in *Situ* wie ein Wald von feinsten Gläsern erscheinen, so sind sie auch an der frischen Retina ohne Schwierigkeit aufzufinden, und von denselben Dimensionen. In den nächsten Tagen nach der Geburt wachsen die Innen- und Ausseuglieder allmählig heran (Taf. II, Fig. 21). Das Verhältnis der Länge zur Dicke aber bleibt unverändert, wie sich begreift, weil es von vornherein demjenigen beim erwachsenen Kanarienvogel gleich ist.

Es betrug z. B. bei Kanarienvogel von desselben Wurf in *Mm.*:

Stunden nach der Geburt	Stäbchen				Zapfen			
	Ausseuglied		Innenglied		Ausseuglied		Innenglied	
	Länge	Dicke	Länge	Dicke	Länge	Dicke	Länge	Dicke
2	0,4031	0,4003	0,0015	0,0015			0,0015	0,0022
10	0,4056	0,4004	0,002				0,0018	
88	0,0077							0,003

Es ergibt sich ferner, wie irrtümlich die wohl aus verfehlter Meinung hervorgegangene Angabe M. Schultze's¹⁾ ist, dass die Stäbchen-Ausseuglieder beim neugeborenen Kanarienvogel anfangs aus 2—3 Plättchen beständen, deren Anzahl sich nach und nach vermehrte.

Gegenüber von Henzen hat aber Schultze²⁾ insofern Recht, als die ganzen Stäbchen aus der Membrana limitans externa hervorzurufen. Keineswegs stammen die Ausseuglieder von den Pigmentzellen. Die gesamte Membrana entspricht morphologisch bekanntlich der inneren Oberfläche des inneren Blattes der primitiven Augenscheibe resp. dem Epithelium der Hirnventrikel, während die Pigmentschicht der Choroides aus dem äusseren Blatt jener Blase hervorgeht. Deshalb muss man, wie es in der schematischen Darstellung (Taf. II, Fig. 21) geschehen ist, das Pigment zur Retina rechnen, der dasselbe auch seiner Function nach anhängt. Dass man die Pigmentschicht durch Präparation als eine besonders der Retina anhaftende Membrana pigmentata darstellen könne, war schon älteren Anatomen bekannt. Die Stäbchen und Zapfen sind solide Sprossen, anfangs nur Verdickungen der Membrana limitans

von externa und wegen ihres continuirlichen Zusammenhanges mit derselben in den Gattungsabildungen zu rechnen, wie auch die früher geschilderten Nerven derselben Membran.

Es lässt sich nicht bezweifeln, wenn man die Analogie mit dem Kanarienvogel, ferner die Angaben von Henzen und namentlich den sehrfolgenden Vergleich Stenlin's mit Himmelsvögeln in Erwägung zieht, dass auch die neugeborene Katze bereits Ausseuglieder der Stäbchen besitzt.

Die bereits hervorgekehrte Zusammensetzung der Stäbchenkerne aus verschiedenen stark lichtbrechenden Substanzen, die mit concaven resp. convexen Flächen an einander grenzen, zeigt sich besonders deutlich während der Entwicklung dieser Schichtung. Am dritten Tage nach der Geburt sind beim Kanarienvogel an der jenen brüchig mit Glaskörperähnlichkeit unterzochten Retina bereits die Anlagen der Querstreifen deutlich. Man sieht nach den Innen des Stäbchenkernes bis vorgekehrte, den Cartilages lachrymales des Kängelns vergleichsweise Scheiben in das Kam hineinwachsen (Taf. II, Fig. 21). Bei der neugeborenen Katze scheinen die Verhältnisse ähnlich zu sein, wenigstens findet sich die Angabe³⁾, die Querstreifen wären unterbrochen. Die horizontale Gestalt der Scheiben, die beim Erwachsenen schwieriger zu erkennen ist, tritt unter diesen Umständen besonders deutlich hervor. Die Kernkörperchen, welches man auch beim neugeborenen Kanarienvogel wahrnehmen kann (Taf. II, Fig. 21) ist bei der Bildung der Querstreifen unbetheiligt.

3. Ganglienzellen und Nervenfasern.

Es war von vornherein ersichtlich, dass die Bedeutung der verschiedenen Schichten der Retina, insbesondere auch der Axonfasern in den Innengliedern nur durch das Experiment ermittelt, resp. die Ansichten darüber den Bereich der subjectiven Meinungen verlassen werden könnten. Hierbei kam in erster Linie die Durchschneidung des *N. opticus* in Frage.

Zur Ausführung der Operation in der Augenhöhle beim Kanarienvogel ist es vortheilhafter, eine andere Methode zu benutzen, als die bisher bekannte⁴⁾. Es lässt sich ein Neuron construere, welches zugleich auf die Fläche und auf die Schneide gebogen ist (Taf. II, Fig. 12, 13, 14). Die Krümmung auf die Fläche (Taf. II, Fig. 13) soll den Radius des Bulbus berücksichtigen, welcher letzterer 16—18 *Mm.* Durchmesser hat. Unangenehm ist die Forderung, dass die Schneide des vom gekrümmten Neuronen auseinanderziehend schief sei (Taf. II, Fig. 14⁵⁾), was nicht ganz leicht zu erreichen ist. Nach erlangter Tödtung wurde es bequemer gefunden, das Neuron durch eine auf das Blut gebogene und schliesslich durch ein etwas lange, gerade, an den Spitzen abgegebene Scheere zu erstechen.

¹⁾ Arch. f. mikrosc. Anat. 1846. Bd. II, S. 97.

²⁾ S. W. Krause, Anatomie des Kanarienvogel. 1828. S. 91.

³⁾ Arch. f. mikrosc. Anat. 1887. Bd. III, S. 374.

Das Kaninchen wird in der Bauehle auf ein Brett gebunden, der Kopf von einem Gehilfen fixirt, welcher zugleich die Augenlider auseinander zieht. Zuerst macht man mit Scheere und Pinzette die Tenotomie des *M. rectus superior*, was sehr leicht ist. Dann löst man ohne Hülfe, indem man vorher mit der Pinzette die eingeschnittene Conjunctiva fest und an derselben die optische Augennase nach unten wendet, die oberen Fasern des *M. retrociliaris* bei ihrem Ansatz vom Bulbus ab, gerade wie vorher die des *M. rectus oculi superior*. Nun geht man in die Tiefe der Augenhöhle beim linken Auge zu der lateralen hinteren Seite des *N. opticus*, am rechten Auge zu der vorderen medialen Seite desselben hinter den Bulbus, löst den *N. opticus* auf die centrale schneidende Stelle des Nerven aus und durchschneidet den Nerv in Harnsäure. Wegen der Beweglichkeit des Bulbus durch die Augenmuskeln ist es unnötig, besondere Vorsichtsmaßregeln gegen eine zu schnelle Wiedervereinigung des durchschnittenen Nerven zu treffen. Man kann auch wohl den *N. opticus* mittelst eines Fadens abbinden, was mit Erfolg ausgeführt wurde, aber nicht ganz leicht ist. Mittlere Durchschneidung der Glanmembran, sowie Blutungen aus den Arterien des *A. ophthalmicum* sind unerschwerlich, schaden jedoch nichts, und die letzteren stehen noch von selbst. Die Wunde heilt durch Eiterung. Was die Fehler betrifft, welche bei der Operation begangen werden können, so hat man sich am meisten davor zu hüten, so nahe an den Bulbus zu kommen. Man verliert leicht den *N. opticus* an seiner Eintrittsstelle in das Auge ab, wenn die Nervenzug nicht sehr scharf ist. Auch mit der Scheere kann man in den Bulbus schneiden; in beiden Fällen ist Anfließen des Glaskörpers, der im Conjunctivalsaacke erscheint, später Phosphorleuchteln und Verlöthung des Auges, welches sammt der Retina im Grunde geht, die unersetzliche Folge. Mit solchen verletzten Augen ist für die anatomische Untersuchung gar nichts mehr anzustellen.

Nach der Operation soll die Pupille so fern wie möglich bei wechselnder Beleuchtung unbeweglich werden. Sie ist aber gewöhnlich eng und unbeweglich contract, wahrscheinlich in Folge von Reizung der reindurchschnittenen Glanmembran oder des Ganglion ciliosae. Nach einiger Zeit, jedenfalls am anderen Tage lässt die Contraction des Sphincterreich, und die Pupille wird weit und unbeweglich, was man bei abwechselnder Beleuchtung und Beschattung in einfallendem Sonnenlicht am leichtesten erkennt. Man operirt nur ein Auge, um das Leben des Thieres, welches nach Wochen lang erkranken bleiben muss, nicht durch vollständige Blindheit zu gefährden. Auch kann man stets das gesunde Auge als bequemeres Control-Object bei der macroscopischen wie microscopischen Untersuchung benutzen. Merkwürdigster Weise unterscheidet sich das Verhalten eines blinden Kaninchens von demjenigen eines sehenden so wenig, dass man auch bei sorgfältiger Verlebung des gesunden Auges keine Aufklärung darüber erhält, ob der operirte *N. opticus* wirklich ganz durchschnitten ist, oder nicht. Da man aber das Thier Wochenlang beobachten kann, so ist es stets möglich, Sonnenlicht zu benutzen. Ein sehendes Kaninchen schließt im

Sonnenlicht die Augenlider; bei dem blinden Weibchen sie unbeweglich, und dieses schiefe Mittel gibt ein eben so sicheres Resultat, wie das Studiren der Pupille. Weisse Kaninchen würden, um allen Einwürfen vorbeugend, niemals benützt. Das Auge bleibt vollkommen klar und auch bei ophthalmoscopischer Untersuchung lässt sich nichts Abnormes in denselben entdecken.

Nach zwei bis fünf, am besten nach drei Wochen tötet man das Thier durch Erhängen. Man sägt dem den Schädel auf, bricht die knöcherne Decke der Orbita sowie den Arcus supraorbitalis mit einer kleinen Knochenzange weg, entfernt den *M. rectus superior*, den *N. ophthalmicum* und den *M. retrociliaris*, worauf man von oben her den *N. opticus* freilegt. Wenn die Durchschneidung gelungen war, so findet man an seinem centralen Stumpf circa 2 Lin. dicke gelbweisse, weiche Anschwellung; der peripherische abgetrennte etwa 2 Lin. lange Theil ist dünner und mehr gelblich, als in der Norm. Die Gelbweisse Verbindungen braucht man nicht genauer zu untersuchen, da es schon bekannt ist, dass die Retina nach Unterbindung der *A. centralis retinae* selbst wieder mit Blut versorgt wird, wovon Kugel¹⁾ und Leber²⁾ zu vergleichen sind. Nach Letzterem finden die Anatomisten zwischen den Gefässen der Choroides und Retina nur in der Eintrittsstelle des *N. opticus* statt. Bei der späteren anatomischen Nachforschung zeigen sich in Folge des Erhängungsodes die Capillaren der Retina gut gefüllt.

Die Untersuchung des Auges wird am frischen Präparat, in Glaskörperbläsigen, nach mehrtägiger Einlegen in Essigsäure von 1%, oder nach Erhärtung in Kalt bicromium versetztem, Eingreifende Reagentien wie Chromsäure, Oxalazidure, Jodwasser, Goldchlorid u. s. w. sind bei dieser Untersuchung besser zu vermeiden.

Alle Theile des Auges zeigen sich unverändert, und eben so die meisten Schichten der Retina. Die Intern- und Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen, die äusseren Körner mit ihren charakteristischen Querstreifen, die Stäbchen- und Zapfenfasern, die Zellen der Membrana fenestrata, die Radialfasern u. s. w. bleiben ausserlich selbständig normal, während die Nervenfasern fettig erstarren. Letzteres zeigt sich an dem peripherischen Stumpf des *N. opticus*, an den Bündeln doppeltcontourirter Fasern desselben in der Retina, aber auch an dem einfach contourirten Fortsetzungen der letzteren, welche zum grösseren Theile die Nervenbündel in der Retina des Kaninchens ausmachen. Die Veränderungen an den doppeltcontourirten Nervenfasern sind die bekanntesten. 3) Was die blauen Optikusfibrillen betrifft, so zeigen sie Körnerstrukturen, die ausglanzenden Fettkörnchen von 0,6005–0,091 Lin. Durchmesser besitzen [Taf. II, Fig. 31 sp. Fig. 33 sp.].

1) Archiv f. Ophthalmologie. 1858. Bd. IX. Abb. 2. S. 195.

2) Dissert. 1865. Bd. XI. S. 46. t. 5. f.

3) W. Krause, Beiträge z. Neurologie der oberen Extremität. 1885. Taf. II. Fig. 4 u. 5.

Aus diesen Erfahrungen ist der Schluss zu ziehen, dass alle die genannten Theile der Retina mit dem Opticohis in keiner leitenden Verbindung stehen, mithin nicht als nervis anzusprechen sind. Man könnte indessen des Einwurfs erheben, ob nicht die Ganglienzellen der Retina, die doch der fortwährenden Blutcirculation sich erheben, eine Ernährungsstörung in den inneren Theilen der Retina verhindern. Aber es ist leicht diesen Einwand zu widerlegen; denn die Ganglienzellen degeneriren ebenfalls. Sie vermögen es nicht sich selbst gegen förtige Entartung zu schützen; wie sollten sie andere Schichten der Retina davor bewahren können?

Die Ganglienzellen zeigen sich etwa am Fften Tage nach der Operation zuerst wahrschmbare Trübung, wenn man die frische Retina von der Innenseite in Glaskörperflüssigkeit untersucht. Derselbe besteht aus kleinen Fettkörnchen, die sich dicht um den Kern der Zelle anlagern, so dass es scheinen kann, als sei dieser selbst körnig geworden. Drei Wochen nach der Nervendurchschneidung sind zahlreichere Fetttropfen von 6,000—4,000 Mik. Durchmesser im Inneren der Zellen nachweisbar und zwar lagern sich dieselben zunächst am Aussenrande derselben ab, so dass die Zelle stellenweise von einem punktirten Saume eingefasst erscheint (Taf. II, Fig. 33gg). Schliesslich füllt sich auch die Zellsubstanz mit Fettkörnchen, sowie auch deren Fortsätze degeneriren (Taf. II, Fig. 34gg). Die geschilderten Veränderungen geben an allen Zellen ziemlich gleichzeitig vor sich; wenigstens trifft man nirgends ganz normale Ganglienzellen zwischen den degenerirten, wenn zugleich in aller Strenge bewiesen ist, dass sämtliche Ganglienzellen der Retina mit Opticushisfasern zusammenhängen.

Um ein besseres Vergleichungsobject zu haben, untersuchte man gleichzeitig mit dem operirten Auge das gesunde desselben Thiers. Man findet bei der Betrachtung der frischen Retina in Glaskörperflüssigkeit von der Innenseite das prachtvolle Bild der dichtgedrängten Ganglienzellen, des Stratum glabulosum von C. Krause.¹⁾ Aus normalen Augen sind die über die dichtgedrängte liegenden Zellen weglaufenden Opticushisfasern sehr durchsichtig, so dass sie bei schwachen Vergrößerungen übersehen werden können. Dabei mag es sich erklären, dass dies Stratum glabulosum damals an die Innenseite der Fibrillenschicht verlegt wurde, so dass die Fasernküge von innen nach innen sich folgendermassen herausstellte: Stabenschicht, Körnerschicht, Fibrillenschicht, Kugelschicht. Die ältere Beschreibung der Kugelschicht hat ihre Natur als Ganglienzellen mit Rücksicht auf die beim Menschen zu 6,011—4,023 Mik. angegebene Grösse und namentlich ihre Kerne (6,011 Mik.) ungenügend erkannt. Diese nicht granulirten Kerne besitzen deutliche grosse Kernkörperchen (Taf. II, Fig. 32), die sich auch an den degenerirten Zellen erhalten. Die Zellsubstanz ist an normalen Ganglienzellen vollkommen klar und homogen. Das beschriebene Stratum glabulosum ist nicht zu verwechseln

mit kerösen Tropfen von ausgestreuten Eiviscos, welche Bowman²⁾ zwischen den Enden der Radialfasern an der Membrana limitans interna gelegen abbildete. Die Abbildung, welche Valentin³⁾ von angeblichen Ganglienzellen der Retina gegeben hat, stellt in Wasser freibewimmende Gebilde dar. Die wirklichen Ganglienzellen werden aber leicht durch Wasserzussatz zerstört.

Nach Erhärtung der degenerirten Retina in Kali bichromicum kann man auf senkrechten Durchschnitten nach Zusatz von Natronlauge die degenerirten Ganglienzellen selbst ihrer ebenfalls mit Fettkörnchen infiltrirten Ausläufer in Situ erkennen (Taf. II, Fig. 31).

Es war nun noch des Ferneren zu discutiren, ob nicht vielleicht im Inneren der Zapfenfasern resp. in der Axe des inneren Endes keine Nervenzellen verlienen, sowie auch das Verhalten der ellipsoidischen Körper in den Innengliedern erkundet werden sollte. Für diese Aufgaben erschien die Retina des Kaninchens wenig geeignet, und es lag am nächsten, sich an das Huhn zu wenden.

Die Operation ist einfacher als beim Kaninchen. Man durchschneidet in der Höhe der Pupille an dem hinteren Rande der seitlich gestellten Augenhöhle in einer Ausdehnung von etwa 1 Cm. in die Richtung von oben nach unten die Haut, löst die Fascie, welche den Bulbus mit dem Knochenrand verbindet, von letzterem ab und trennt mit der geraden Schere den N. opticus von hinten nach vorn ab und medianwärts. Die Entfernung des N. opticus vom Rande der Augenhöhle beträgt bei grösseren Thieren ca. 5 Cm. Ob die Operation gelungen, ist leicht daran zu erkennen, dass der Vogel sich von der blinden Seite her fargen lässt, nicht aber von der gesunden.

Alle Verhältnisse, die beim Kaninchen geschildert wurden, sind dieselben nach der Opticus-Durchschneidung beim Huhn. Aber bei letzterem Thier gelingt es auch mit Hilfe von Exsiccans-Präparaten resp. nach Verhütung desselben mit verdünnter Natronlauge zu zeigen, dass die Zapfenfasern keine Fettkörnchen enthalten, und ebenso bleiben die Zapfenköpfe ganz unverändert. Natürlich verharren die farbigen Oeltropfen in den Zapfen im normalen Zustande, aber nicht minder die Zapfenkörner mit ihren charakteristischen zahlreichen Querstreifen, ferner die ellipsoidischen Körper in den Zapfen und Stäbchen, sowie die blossen Axonfasern (Taf. II, Fig. 28) der Innenglieder, die mithin nicht mehr für Endorgane des N. opticus gehalten werden können.

Der wesentliche Punkt der angestrebten Beweisführung liegt in dem Umstande, dass nach Durchschneidung des N. opticus die ganze periphere Leitung inclusive der Ganglienzellen förtig entartet. Es leuchtet ein, in welcher Verfeinerung die betreffende verlässliche Untersuchungsstetode den

1) Entdecken an der eye. 1858. S. 82. Fig. 45. — 8. auch KÖHLER, Gewebelehre. 1862. S. 235. Fig. 309 f.

2) Repertorium für Anat. und Physiol. 1857. Fig. 7.

schwierigen physiologischen Aufgaben, wie z. B. der Nervenverbreitung in den Ganglien des Bettes etc., jetzt gegenüber. Ohne jenes Nachweis konnten keine hindenden Schlüsse aus demjenigen Resektionen gezogen werden, und dadurch mag es gekommen sein, dass ein früheres Experiment von Lehmann¹⁾ fälschlich in Vergrößertheit gesehen ist. Während Lenz²⁾ bei Versuchen, die am Frosch angestellt wurden, zu keinen Resultaten gekommen war, fand Lehmann am zwanzigsten Tage nach einer einmal gelungener Durchschneidung des N. opticus beim Hunde alle Schichten der Retina normal, mit Ausnahme der Opticusfibrillen, und gab eine Abbildung von der betreffenden Retina.

Dagegen ist von Courvoisier³⁾ bereits der Nachweis geliefert, dass nach Nerven-Resektionen nicht nur die peripherischen Fasern, sondern auch die mit denselben in Verbindung stehenden Ganglienzellen fettig erstarren. Dies ergab sich beim Kaninchen nach Durchschneidung von Verbindungsästen des N. vagus zum Ganglion cervicale primum an den Ganglienzellen des letzteren und in ähnlicher Weise auch beim Frosch. Courvoisier konnte die am Rande der Ganglienzellen auftretenden und durch die angewandete Präparationsmethode über dem scheinbaren Zellkern hervorgehobene Fettkörnchen »Degenerationskörnchen«; es ist aber bereits von Biedler⁴⁾ darauf hingewiesen worden, dass es sich um gewöhnliche Fetttropfen gehandelt habe.

Wollte man behaupten, dass möglicherweise in der Stäbchenschicht resp. in den inneren Schichten der Retina eine mit unseren jetzigen Hilfsmitteln nicht sichtbare Degeneration eingetreten sein könnte, so würde auf die Stäbchenfasern (resp. Zapfenfasern) hinzuweisen sein. Diese sollen nach den bisherigen, auch von mir früher adoptierten Anschauungen Nervenfasern sein. Es ist kein Grund abzusehen, weshalb sie, wenn Jenes richtig wäre, nicht eben so gut erstarren müssten, wie die Axonhülsen der Ganglienzellen z. B. nach dem Gegenheil aber bisher, wie schon gesagt, Stäbchen- und Zapfenfasern vollkommen unverändert.

Einen letzten Einwand könnte man gegen die Beweiskraft der Opticus-Resektionen erheben, wenn man behauptete, dass vielleicht noch sehr langer Zeit die Stäbchen etc. demselben erstarren würden. Es ist jedoch längst bekannt, dass selbst bei vollständiger Atrophie der Ganglienzellen- und Fibrillenschicht die übrigen Schichten der Retina unverändert bleiben, falls keine anderen Affektionen hinzutreten.

Unter den neueren Beispielen mag auf die am meisten charakteristischen von M. Schultze⁵⁾ mitgetheilten Fälle hingewiesen werden. Während die

Opticusfasern und Ganglienzellen beim Menschen vollkommen atrophisch waren, zeigten sich die übrigen Theile der Retina so vollständig normal, dass Schultze keinen Anstand nahm, nach demselben die normalen Verhältnisse der Macula lutea und Fovea centralis abzubilden, resp. die Dimensionen der Zapfen (s. S. 32) zu messen. Es folgt daraus, dass auch nach sehr langer Zeit in Folge von absoluter Atrophie des N. opticus keine Erstarbungsstörungen in den Stäbchen, Zapfen etc. etc. eintreten.

4. Innere Körner.

In der inneren Körnerschicht kommen mindestens vier Arten von Elementen vor.

A. Längliche Kerne, welche den radialen Stützfäden anhaften. Jede Radialfaser (Tab. I, Fig. 13, Fig. 16) hat eines solches Kern, aber nicht mehr. Die Radialfasern sind demselben wie auch am Grund der Entwicklungsgeschichte als spindelförmige Zellen anzufassen. Am besten sieht man diese Verhältnisse am Auge der Katze oder des Kaninchens, die in Chloressenz von 0,315—0,33% geläutert wurden; auch an Oxalsäure- und Schwefelsäure-Präparaten. In Alkoholpräparaten sind die Kerne meistens mehr eckig (Huxley), da sie durch Wasserentziehung einstrumpfen.

B. Nach übereinstimmenden Angaben zahlreicher Beobachter enthält die innerste Lage der inneren Körner an der peripherischen Seite etwas größere Kerne, die einen grossen Kern und etwas Zellsubstanz besitzen und kleinen Ganglienzellen nicht unähnlich sind.

C. Die mittlere Lage oder die Hauptmasse der inneren Körner besteht aus kugligen, gegen 3^o tipo Essigazur resistenter Elementen, welche je zwei nach innen und aussen verlaufende Fasern umgeben, die sich durch ihre viel geringere Dicke und geringere Resistenz von den radialen Stützfäden unterscheiden.

Nach H. Müller⁶⁾ sind die beiden sich kreuzenden Faserrichtungen bei Reibung in der Nähe der Fovea centralis am deutlichsten; ebenso bemerkt Wettersmann⁷⁾ ein netzförmiges Gitterwerk in der Retina von Orizaba, und Huxley⁸⁾ fand, dass an der Macula lutea des Menschen die mit den inneren Körnern zusammenhängenden Fasern an ihrem schrägen Verlauf von den senkrechten Radialfasern leicht zu distinguishiren sind.

Nach Huxley⁸⁾ haben sich die Kerne dieser Lage beim Frosch durch Germin intensiver als die übrigen. Ob diese Angabe Gültigkeit besitzt, bleibt dahingestellt, da wenigstens bei Säugethieren kein Unterschied in der Intensität der Befärbung nachzuweisen ist.

1) Experimenta ophthalmologica et o. opt. diss. Bregal 1855. Fig. 2.

2) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. 1856. S. 192.

3) Arch. f. microsc. Anat. 1856. Bd. II. S. 5; Tab. II. Fig. 21.

4) Arch. f. Anat. und Physiol. 1856. S. 47.

5) Arch. f. microsc. Anat. 1858. Bd. II. Tab. XIII. Fig. 2.

6) Wärsb. naturwissensch. Zeitschr. 1862. Bd. II. S. 14.

7) Arch. f. pathol. Anat. 1861. Bd. 36. S. 396.

8) Philos. Transact. 1857. P. 1. S. 318, Tab. VII. Sitzung v. 11. Juni 1856.

4) Ophthalmic hospital reports. 1865. Vol. IV. S. 314.

B. Die äusserste Lage der inneren Körner, deren einzelne Elemente in die Lücken der Membrana fenestrata hineinragen, arithem sich, wie schon bei Gelegenheit der letzteren hervorgehoben wurde, in mehrfacher Hinsicht vor den übrigen inneren Körnern aus. Diese Lage wird, was die Topographie der Retina anlangt (Taf. I, Fig. 9, Fig. 10. Taf. II, Fig. 41) bei den Fischen durch die granulierten multipolaren Zellen der Membrana perforata ersetzt. Bei letzteren hängen jedoch, wie oben (§. 9) erwähnt wurde, noch M. Schultze's) mit den Radialfasern zusammen.

Die Grösse der Körner dieser Lage ist von dem der mittleren Lage ein wenig verschieden und die betreffende Differenz scheint ganz constant zu sein. Beim Kalb betrug in stärkerer Chromatinkölung der Durchmesser der Körner in der äussersten Lage 0,9093—0,0113, die der mittleren Lage 0,0076 μ . Beim Menschen fand sich in Kali-bichromsäure für die ergrüneten fast dasselbe Durchmesser, während die Differenz nicht so beträchtlich ausfiel. Das Kornkörperchen in den äussersten Körnern muss beim Menschen und Kalb 0,9012—0,9015 μ .

Der wesentliche Punkt für die Unterscheidung der äussersten Reihe der inneren Körner liegt jedoch darin, dass sie unipolar (Taf. I, Fig. 9), nicht bipolar sind wie die übrigen inneren Körner, indem sie nach der Subepithelschicht hin keinen äusseren Fortsatz weiter senden. Die anatomische Continuität hört also an dieser Stelle auf, durch welches Verhalten es möglich worden würde, die äusserste Lage der inneren Körner für Nerven-Endigungen anzusprechen, falls die Continuität noch innerwärts mit dem zweifelhafte nervösen Elementen: Optikusfasern oder Ganglienzellen nachgewiesen wäre.

Dass irgend welche unter den inneren Körnern mit Axonhilfen der Ganglienzellen zusammenhängen, ist von Kölliker²⁾ und B. Müller behauptet worden. M. Schultze³⁾ wendete dagegen ein, dass der betreffende angebliche Zellenausläufer wegen seiner Dicke mehr Ähnlichkeit mit einer Radialfaser zu haben scheint. Später ist dann durch Bitter⁴⁾ beim Walfisch, von Max⁵⁾ für den Frosch und von Hülke⁶⁾ für Amphibien der Englische Zusammenhang im Allgemeinen behauptet worden, ohne dass jedoch die betreffenden Angaben auf solche Präzision Anspruch zu machen scheinen, wie sie unter jetzigen Umständen bei der Retina mehr als jemals erforderlich ist.

Bei der Untersuchung eines Kanarienvogels, an welchem drei Wochen vorher der N. opticus durchschnitten war, fand ich an der frisch von der Innenseite her untersuchten Retina, ausser den fötig degenerierten Optikus-

fasern und Ganglienzellen noch hier und da zerstreute kleine rundliche Körper von der Grösse der inneren Körner mit Fortkörnchen dicht gefüllt und resistent gegen verflüchtete Essigsäure. Mit Rücksicht auf ihre Grösse, welche weit geringer war als die von Ganglienzellen, konnten dies vielleicht diejenigen inneren Körner sein, welche nach den oben Angeführten die Lücken der Membrana fenestrata ausfüllen, die also hiernach ebenfalls fötig atarakt gewesen wären. Auf Querschnitten der Retina waren sie nicht mit Bestimmtheit aufzufinden.

Das auf die eben besprochenen Angaben basirte Schema der nervösen Elemente in der Retina, wie es auf Taf. II, Fig. 21 dargestellt worden ist, muss zufolge der geschickten Sachlage in Betreff der Verbindung der Ganglienzellen-Ausläufer mit den inneren Körnern noch als hypothetisch betrachtet werden.

3. Granuläre Schicht.

Von dieser soll nur erwähnt werden, dass sie bei keinem Wirbelthier anatomisirende Zellen enthält, wie solche die früher sogenannte Zwischenkörnerschicht bilden. Bemerkenswerth ist bei manchen Thieren ihre Zusammensetzung aus mehreren Schichten oder Lamellen, welche schon mehreren Beobachtern aufgefallen ist. Vielleicht handelt es sich dabei um eine optisch wirksame Abänderung.

6. Membrana limitans interna.

Dieselbe ist eine von der Membrana hyaloidea gesonderte Membran, worin ich den Angaben von Kölliker und M. Schultze gegenüber Heule und Steinlin bestätigen kann. Am Auge des Binde ist die Membrana hyaloidea mit blossen Auge sichtbar, wenn man den Glaskörper mit der Pinocette von der Retina abzieht. Nach Erklärung der hierbei ersichtlichen Hebung der Retina findet man die Membrana limitans interna mit den Radialfasern in engster Zusammenhänge. Im Koll. bichromsäure sieht man nach innen von der Membrana limitans interna die in ihren Fäden zu erkennende, äusserst dünn strukturierte Membrana hyaloidea. Die Dicke derselben beträgt es 4,102 μ ., etwa doppelt so viel als die Membrana limitans interna, welche 0,001 μ . Durchmesser hat. Betrachtet man die Membrana hyaloidea des Binde an Präparaten mit Koll. bichromsäure von der Fläche, so enthält sie in regelmäßigen Abständen rundliche Kerne. Sie ist überhaupt als aus verschobenen, äusserst dünn polygonalen platten Zellen hervorgegangen anzusehen, deren Grenzen schwer nachzuweisen sind. Die Kerne sind auch auf dem Querschnitt der in Situ befindlichen Membran wahrzunehmen (Taf. II, Fig. 36), und wenn man will, kann man die Membrana hyaloidea als ein verändertes Epithel auf der Innenseite der Membrana limitans interna auffassen. Mit den angeblichen Epithelzellen, welche Steinlin auf der Choroidealeite der Membrana limitans interna beschreibt, haben die Zellen der Membrana hyaloidea durchaus

1) Observat. de retina simul. post. 1829. Fig. 5.

2) Microsc. Annot. 1856. II. 2. S. 709. Fig. 412. Gewebelehre 1847. Fig. 491.

3) Observat. de retina simul. post. loc. cit. 1856. S. 39.

4) Die Structur der Retina. 1861. S. 53. Fig. 39.

5) Zeitschr. f. ration. Medicin. 1848. Bd. 28. S. 297.

6) Journal of anatomy and physiology. 1860. Nov. 1. S. 84.

nichts zu thun; die ersten sind nichts weiter als die abgerissenen Enden der Radialfasern.

An der Eintrittsstelle des Schmorren befindet sich bekanntlich im Auge des Chamäleon eine pigmentirte kegelförmige Hervorragung, die dem Perlen der Vögel analog ist. Ein ähnliches, nur viel kleineres und weißliches, kegelförmiges Gebilde zeigt sich, wie man weiss, hier und da bei manchen Säugethiere. Es ist der Rest der *A. hyalina*. Beim Binde, wo die Länge z. B. 4 Mm., die Dicke an der Basis 1 Mm., an der Spitze 0,1 Mm. beträgt, wurde dasselbe von mir niemals vermisst. Dagegen scheint das von Meissner¹⁾ beschriebene Vorkommen beim erwachsenen Menschen eine seltene Varietät zu sein, die dieselbe in einer grossen Anzahl von mir untersuchter Augen nicht beobachtet wurde.

7. Untersuchungsmethoden. *

Die hier mitgetheilten Resultate waren ohne veränderte Methoden nicht zu erhalten. Am meisten Gewicht ist auf die Anfertigung von Flächenschnitten der Retina zu legen. Die bisheriges wirklich brauchbaren Angaben sind alle an senkrechten Querschnitten gewonnen worden. Das Zerzupfen, namentlich weiche Gebilde leicht bei der Hand zu sein pflegen, nutzt nur dann, wenn an sich schon sehr feine Schnitte zerfasert werden. Auf diesem Wege erhält man z. B. isolirte Zapfen, die durch ihre Zapfenfasse mit einer Zelle der Membrana fenestrata in Verbindung stehen. An wirklich feinen Querschnitten, die nur eine Breite von Zapfen, resp. Körnern enthalten, mithin höchstens den hundertsten Theil eines Millimeters Dicke haben sollen, sieht man die meisten Details und sie machen das Zerzupfen in der Regel überflüssig. Sollte ein Schnitt zu dick ausgefallen sein, so spart man zu nächst Zeit durch Anfertigung eines neuen, kleineren. Dennoch sind immer den senkrechten Durchschnitten die Flächenschnitte für äusserlich zu halten. Da die Retina nicht dicker als 0,4 Mm. ist, so wird es wünschenswerth die Augen zu kühlen, um eine so feine Membran in ihrer Ebene abtragen zu können. Wie früher schon bemerkt, lässt man die mit Reagentien behandelten Augen in Kältemischungen gefrieren. Man legt sie am besten in kleine, isowendig isolirte, mit einem Deckel versehene kleine Töpfchen, welche man in ein Gemenge von Eis und Kochsalz stellt. Die zu benutzenden Kühlwasser werden in dieselbe Mischung gebracht.

Das wasserfreie Ammoniumoxyd in möglichst concentrirter sehr schwach ammoniacalischer wässriger Lösung, in der Wärme gelöst, kann man für die Umwandlung des Stäbchen-Mosaiks benutzen. Ich verdanke dies sehr krystallisierende Salz meinem Freunde Prof. Wicke in Göttingen.

In kohlensaurem Kali [1 Th. auf 2 Theil. 800] lässt man die halbohen

Augen 24 Stunden lang liegen, bis die Retina schwebig wird. Feine Querschnitte werden dann mit sehr wenig der Lösung von kohlensaurem Kali unter das Microscop gebracht, wobei selbstverständlich jeder Druck zu vermeiden ist. Man unterstützt das Deckglaschen nach alter Art, z. B. durch ein Stückchen Glycerin oder dergl. Das unvorsichtige Präparat behält man dann durch nachfolgendes destillirtes Wasser auf. Setzt man von vorerwähnt destillirtes Wasser zu, oder erleidet der Schnitt irgend welchen Druck, so verandert sich derselbe in eine seröse Masse. Bei vorsichtiger Behandlung zeigen sich dagegen die Stäbchen-, Zapfen- und Radialfasern mit ihren Assoszen an die Membrana fenestrata, resp. die Zapfen- und Stäbchenkegel. Auch die Stäbchenschicht erhält sich gut, während alle übrigen Elemente sehr klar werden.

Für die Darstellung der Membrana fenestrata ist solche empfindlich sich die Augen des Binde, Kalbes, Falken und Frosches in Kali carbonicum. An etwas dickeren Schnitten erhält man leicht seltige Flächenschnitte.

Dass die Anwendung von Alkalien gegenüber den bisher ausschliesslich verwendeten Säuren eigentümliche Vortheile bietet, braucht wohl nicht weiter ausgeführt zu werden.

Dem kohlensauren Kali ziemlich ähnlich wirkt Chlorcalcium [100 Th. auf 200 Th. Wasser] mit etwas Ammoniak (1 Th. einer 10%igen wässrigen Lösung).

Das wasserfreie Natrium in möglichst concentrirter wässriger Lösung ist beim Kühlen besonders geeignet, um auf senkrechten Durchschnitten die Ansätze der Radialfasern und Zapfenfasern an die Membrana fenestrata zu zeigen. In die Retina etwas weick bleibt, so wird man vielleicht gefrorne Augen zu besetzen vermögen.

Bei allen hiesig genannten Reagentien zeigt eine flüchtige Einwirkung in derselben Breite die Stäbchenschicht ziemlich unverändert.

Das Goldchlorid, resp. Goldchloridkalium [letzteres nach Gerlach] hebt die doppelcontourigen Nervenfaser in der Weichen-Retina minutae sehr schön und zeigt die Querstreifung der äusseren Körner in seiner sauren Lösung besonders deutlich²⁾. Für die Membrana fenestrata ist es werthlos.

Unwillkürlich sind die verdünnten Säuren Allenbürgen vorzunehmen, was die Darstellung der Querstreifen der äusseren Körner, sowie bei Vögeln der Ellipsoide, der Zapfenfasern und Zapfenkegel betrifft, ist die von mir ausgeübte³⁾. Esoposture von 1%, in welche man die Augen kalbrt legt und nach 24 Stunden zu untersuchen beginnen kann. Qualitative vermischt man in möglichst concentrirter wässriger Lösung. Uebersättigtere [0,5%] in Concentrationen von 0,1—0,25%, die schlichtigste als verdünntes und concentrirtes Osmium-Lösungen bezeichnet werden, stärkere Lösungen bis zu 1% kann

1) W. Krause, Anatomie des Kanarienvogel. 1856. S. 919.

2) W. Krause, Anatomische Untersuchungen. 1865. S. 81.

man ebenfalls noch benutzen; Schwefelsäure von 1,81 spec. Gewicht ²² 0,425 Grm. auf 30 Grm. H₂O.

Die Verwendung der Chromsäure-Lösungen, sowie der H. Müller'schen Flüssigkeit [Kali bichrom. gr. X, Natr. sulph. gr. V. Äq. dest. 3j] sind bekannt. Die letztere ist stets gemeint, wenn im Text von »Kali bichromicum« die Rede ist; man muss die uneröffnet eingelegte menschlichen Augen mindestens drei Wochen darin liegen lassen.

Bekanntlich betreibt wurde das chromsaure Kali nimmt von Leersch¹⁾ in die Untersuchung der Retina eingeführt.

Höchst verdünnte Lösungen in bestimmten Concentrationen anzuwenden, hat natürlich nur dann einen Sinn, wenn das absolute Gewicht der eingelegten Gewebstheile gegen dasjenige der umgebenden, resp. oft erwaunten Flüssigkeit als unmerklich angesehen werden darf. Dabei kommt noch in Betracht, dass die sehr verdünnten Säuren durch die alkalischen Blut- und Gewebeflüssigkeiten theilweise neutralisirt werden. Bei der Chromsäure ist es leicht die eben erwähnte Forderung zu erfüllen, nicht in demselben Grade bei der schwieriger zu erlangenden Osmiumsäure, die ich meistens der Freundlichkeit des Herrn Dr. Hübner in Göttingen verdanke. Unter diesen Umständen ist eine genauere Bestimmung der Concentrationen unthunlich, sobald sich dieselben nur innerhalb der angegebenen Grenzen halten. Die variirte Beschaffenheit der Stäbchenlösern und freies Benutzen des Lakuspapieres sichern die einflussreichenden Wege in ausreichender Weise.

Es versucht sich von selbst, dass die frisch zu untersuchenden oder in Regentien zu härtenden Augen von eben getödteten Thier genommen werden müssen. Was des Menschen betrifft, so bieten sich in einem Hospitale nicht selten Gelegenheiten zur Acquisition der Augen von solchen Individuen, an deren Leichen sich keine Augklümpen bekümmern. Sobald die Leichen in die Leichenkammer gebracht sind, was in gut organisirten Hospitälern bekanntlich unmittelbar nach dem Tode geschieht, werden die Bulbi herausgenommen. Auf diese Art erhält man bei genau bekannter Zeit der eingetretenen Todeskrankes die Augen höchstens eine Viertelstunde nach dem Tode. Unter diesen Umständen können die hier mitgetheilten Untersuchungen zunächst auf das menschliche Auge beschränkt werden, woselbst manche Verhältnisse gerade ausserordentlich leicht festzustellen sind. Diese anscheinend ausserordentlich glücklichen Verhältnisse sind natürlich an jedem beliebigen Hospitale nach Göttingen zu realisiren, und es ist zu hoffen, dass die angeordneten Gelegenheiten von recht vielen Nachuntersuchern benutzt werden mögen.

Nur ein einziges Mal wurde ein Auge eines Kaninchens sichtlich erst 24 Stunden nach dem Tode in eine Lösung von Kali carbonicum gelegt, um zu constatiren, ob die Zellen der Membrana fenestrata im Stande wären, der Fäulniss zu widerstehen. Wie zu erwarten war, zeigte sich in der betreffenden

Retina-Partie nicht der geringste Unterschied gegen frisch eingelegte Augen. Die Bulbi von Affen und einer Hyäne verdanke ich den Herren Prof. Kofersstein und Dr. Solzka in Göttingen. Wenn nichts Anders vorgeschrieben ist (wie z. B. beim Kali bichromicum etc.), werden die frischen Bulbi (sofort in die Regentien eingelegt und nach 24 Stunden untersucht. Als Zusatzflüssigkeit zur frischen Retina wurde ausschließlich die Glaskörperflüssigkeit desselben Thieres oder auch wohl waffrensaures Ammoniumoxyd benutzt.

1) Die retina. struch. Besch. 1858, S. 45.

III. Physiologisches.

Aus den mitgetheilten Thatsachen dürfte der Schluss sich rechtfertigen lassen, dass die Stäbchen und Zapfen nicht die Endorgane des N. opticus sein können. Stellen wir die Gründe noch einmal übersichtlich zusammen.

1. Die Stäbchen- und Zapfenfasern endigen in platten unzufällig hingewegenen Zellen der Membrana limitans, welche nach der anderen Seite hin mit den ebenfalls unzufällig hingewegenen Radialfasern und durch dieselben mit der Membrana limitans interna zusammenhängen.

2. Nach Durchschneidung resp. fettiger Entzündung des N. opticus degenerieren zwar die Ganglienzellen und ihre Ausläufer — nicht aber die Stäbchen und Zapfen, selbst dann nicht, wenn die nervösen Schichten der Retina vollständig atrophisch geworden sind. Dies gilt für das Huhn, das Kanarienvogel, den Hund und den Menschen.

3. Bei Vögeln und Amphibien, welche Oeltropfen in den Zapfen besitzen, wird an der betreffenden Stelle die ganze Dicke (Taf. II, Fig. 24, Fig. 34) des Zapfens von den Oeltropfen ausgefüllt. Durch eine Fettkugel kann nach allen unsern Kenntnissen kein Nervprocess geleitet werden; wohl aber können Aetherwellen dieselbe passieren. Es folgt hieraus, dass wenigstens die Aussenglieder der betreffenden Zapfen nicht nervöse Natur sein können.

4. So lange die Querstreifung der äußeren Körner auf die Stäbchenkörner der Säuger beschränkt zu sein schien, konnte man glauben, dass es sich um eine zwar eigenthümliche, doch physiologisch bedeutsame Vorrichtung handle. Die Stäbchenkörper galten noch wie vor für hinterpolirte Ganglienzellen. Mit dem Nachweis einer analogen nur complicirteren Bildung an den Zapfenkörnern des Affen und Finken erlitt die Angelegenheit eine andere Wendung. Man kann die Anordnung nicht besser vergleichen als mit der mannigfachen Aufeinandererschichtung, wie sie das aus mehreren schichtenartigen Linsen bestehende Objectiv eines Microscops darbieten würde, wenn man sich die Linsen ohne Messingfassung übereinandergelagert denkt. Dass ein solcher Apparat einer dioptrischen Leistung fähig sei, leuchtet ein, sobald man die klar durchsichtige Beschaffenheit eines inneren Kernes in ganz frischen Zustände einzeln vor Augen gehabt hat. Dass aber in Wahrheit Lichtwellen

den ganzen Apparat so zu passieren vermögen, dass ein kleineres aber scharfes Bild jenseits des Stäbchens entsteht, zeigen die bei der Stäbchenschicht (S. 27) mitgetheilten Versuche mit schiefer Beleuchtung.

Die ganz complicirte Vorrichtung: Zellen des Retinalpigments, Aussenglieder und Innenglieder der Stäbchen und Zapfen, die farblosen oder gefärbten Oeltropfen, die Stäbchen- und Zapfen-Ellipsoide, Stäbchen- und Zapfen-Körner, schließlich auch die Nerven der Membrana limitans externa — Alles in Summa stellt mehr nicht als ein zusammengesetztes, wesentlich katoptrisches System dar, in welchem die Function der Einrichtungen unseres physiologischen Vorstandes zur Zeit noch Schwachleuchte bereiten dürfte. Die paraxialen unserer inneren Körner sind bekanntlich in Bündeln aufgeschichtet, welche durch die Zapfenkörner getrennt werden; diese Anordnung scheint ebenfalls einer physiologischen Bestimmung fähig zu sein. Vielleicht ist auch die oben erwähnte natürlich bei Vögeln hervorragende Säuierung der granulirten Schicht in mehrere Lagen oder Lamellen von optischer Wirkung.

5. Nach der Entwicklungsgeschichte sind die Stäbchen und Zapfen wie die Nerven der Membrana limitans externa nichts weiter als Cuticularbildungen, insofern sie ursprünglich solide Auswüchse der gemaserten Membran darstellen. Man weiss aber von den anderen höheren Sinnesorganen, dass solche Cuticularbildungen stets in der Gegend, wo die Nervenzweige liegen, angetroffen werden und so oft schon irrtümlich für nervöse Gebilde angesehen worden sind, resp. noch heute von Vielen dafür gehalten werden.

6. Unter den über optische Erscheinungen angestellten Versuchen scheint der von Czermak¹⁾ nicht geordnete Beobachtungsbereich gebildet zu haben, wesshalb man im eigenen Auge das Kosak der Zapfen der Membrana limitans nachahmen machen kann. Es leuchtet aber von selbst ein, dass ein Lichtempfindender Nerv sich nicht selber sehen kann. Die übrigen aus physiologischen Thatsachen herganzmassenen Beweggründe für die Licht-Perception in der Stäbchenschicht sind wesentlich auf die bekannte Parallaxe der Purkinjeschen Aetherluge zurückzuführen. Man hat dabei übersehen, dass dieselbe Parallaxe resultiren muss, wenn die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen katoptrisch wirken und die Licht-empfindenden Elemente nach hinten von der Stäbchenschicht liegen, wie eine einfache Construction zeigt. Es ist die Alternative gegeben: entweder sind die Stäbchen (resp. Zapfen) die Licht-empfindenden Apparate — oder die letzteren (zur Zeit noch unbekannt) werden nur durch aus der Stäbchenschicht reflectirtes Licht angeregt. In die erste Alternative nach dem bisher Erörterten ausgeschlossen ist, so verwandelt sich die erwähnte Parallaxe in einen uninteressanten Beweis dafür, dass nur von der Choroidea her reflectirtes Licht (Goodwin) zur Perception gelangt, wodurch zugleich, wie man weiss, eine Analogie mit Einrichtungen in den Augen von

1) Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Math. naturw. Cl. 1863. Bd. XLV. S. 661.

Wirbelkern hergestellt ist. Auch die Anordnung der nächtlichen Thiere mit langen Ausaugliedern, zwischen denen ihre Zapfen schwer zu erkennen sind, wird daraus erklärlich. Denn wenn nur das von der Choroidea her reflectirte Licht empfunden wird, so mag eine vollständigere Reflexion, wie sie mit dem längeren Ausauggliede unweifelhaft gegeben ist, die betreffenden Thiere natürlicherweise schon von geringeren Lichtmengen afficirt zu werden.

Man muss also dreierlei in der Retina (Tab. II, Fig. 21) unterscheiden: einen *Lebetrüblich-duplirten Apparat*, einen *höhergelegenen Stützapparat* und die *nerösen Elemente*. Zu dem ersten sind zu rechnen:

Figmentzellen und -Schichten, Tapeten, Zapfen und Stäbchen, Oestrogen, Zapfen- und Stäbchen-Ellipsoide, Zapfen- und Stäbchenkörner, vielleicht auch die Nadele.

Zu dem zweiten gehören:

Membrana limitans externa, Zapfenfasern, Stäbchenfasern, Zapfenkegel, Stäbchenkegel, Membrana interna, Radialfasern sammt ihrem Kernem, Membrana limitans interna, wahrscheinlich auch die Avenfasern in den Innengliedern, falls sie im Leben vorhanden sind.

Nervöse Elemente sind jedenfalls die Opticusfasern und Ganglienzellen, wahrscheinlich auch ein Theil der inneren Kerne. Die Endigung des N. opticus ist zur Zeit nicht mit Sicherheit bekannt, vermuthlich legt sie in der inneren Korneenschicht vorüber, wie schon daraus wahrscheinlich wird, dass an dieser Stelle bekanntlich auch die Blutgefäße aufliegen. Eine Sonderung der sehr verschiedenartigen Elemente, welche unter dem Namen der inneren Korneenschicht zusammengefasst werden, scheint zu den dringendsten Aufgaben zu gehören.

Es ist dabei zu berücksichtigen, dass sowohl die äusseren, als die inneren Schichten der Retina in ihrem Bau, soweit die jetzigen Hilfsmittel reichen, vollständig abgeschlossen zu sein scheinen, was von der in der Mitte der Retina liegenden inneren Korneenschicht durchaus nicht behauptet werden kann.

Ueber die Theorie der Licht-Empfindung dürfen alle möglicherweise aufzustellenden Hypothesen bereits abgewiesen sein.

Zuletzt hätte, wie schon (S. 4) bemerkt wurde, E. H. Weber¹⁾ die Vermuthung ausgesprochen, dass die (Ausauglieder der) Stäbchen einen breiten Bau haben müßten, da sie so sehr leicht in quader Richtung spaltbar sind. Die Lichtwellen könnten in den als dünne Säulen zu betrachtenden Stäbchen eine Bewegung der Electricität hervorrufen. H. Müller²⁾ hatte diese Theorie gewissermaßen adoptirt.

Dagegen glaubte Draper³⁾, dass durch die Absorption der Lichtstrahlen in dem schwarzen Retinapigment eine Erwärmung der Stäbchen stattfände,

wonach die Mechanismen für die Lichtperception nicht in Princip, sondern nur durch ihre äussere Anordnung, Dimensionen etc. von denjenigen verschieden wären, welche Wärme-Empfindungen zu vermitteln haben. (S. auch oben, Stäbchensicht, S. 22.) Zur Unterstützung dieser Hypothese wurden die bekannten pigmentirten Augenbecken niedriger Thiere herangezogen, welche, wenn sie bestrahlt sind, besser erwarmt werden müssen, als die Körperoberfläche des Thieres, gerade wie ein schwarzes Stück Tuch im Sonnenlicht tiefer in den aufhörsenden Schmelz gesinkt, als ein weisses — was schon Franklin wusste.

Ferner meinte Helmholtz⁴⁾, dass durch die Lichtstrahlen in den Stäbchen chemische Umsetzungen erzeugt werden könnten, welche auf die nachtheillich in der Ase der Stäbchen verlaufenden Nervenfasern angreifend wirken könnten.

Die Draper'sche Hypothese ist kürzlich von Czerny⁵⁾ adoptirt worden. Derselbe blinde Thiere mit Hilfe von Brennlinsen (C Brennzweige) und Hohlspiegeln. Derselben Versuche wurden an tothen Augen angestellt. An den getriebenen Netzhautpartien war Contraction der Retinalgefäße, manchmal eine Coagulation der in der Retina, namentlich in den Stäbchen enthaltenen Eiweisskörper nachzuweisen, während in anderen Fällen (beim Meersehweinch) die Stäbchen vollkommen intact erschienen. Secundär traten Entzündungs- und Wucherungsprocesse auf, die schliesslich zu einer Atrophie der Netzhaut führten. Die angewandte Concentration der (belebten) Wasserstrahlen war so bedeutend, dass der Focus des einen von Czerny benutzten Apparates nach ganz kurzer Zeit eine Brandblase auf dem Händrücken hervorrief. Auch wurde die Krystalllinse bei den Versuchen getrübt, sowie auf der Choroidea ausgebreitetes Eiweiss coagulirt.

Bigmach ist erwidert, dass die angewandten Wärme-Intensitäten zu bedeutend waren, um ohne Weiteres Rückschlüsse auf die normalen Verhältnisse zu gestatten. Czerny ist auch nicht der Meinung, dass durch seine Versuche die Draper'sche Theorie gestützt werde, wohl aber werde dadurch — was allerdings keinen Zweifel unterliegt — bewiesen, dass durch die in der Pigmentschicht absorbirte Licht Wärme productirt werde.

Ob durch directes Sonnenlicht eine nachweisbare Veränderung in der Retina hervorgerufen werde, versuchte ich folgendermassen zu erfahren.

Liess man das im fixen Kopfe befindliche Auge eines eben verlebten Kanariens von einfallendem Sonnenlicht $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ Stunde lang beschallen, so konnte man insbesondere bei Annäherung einer chemischen Theorie der Licht-Empfindung hoffen, die vorange der Erd-Rotation von Sonnenstrahlen zurückgelegte Bahn würde durch nicht reducirtbare Beugungen in der Retina

1) *Erörterte d. L. über die Gesetze des Wärmesinn*, Leipzig, 1825, S. 129.

2) *Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool.* 1828, Bd. VIII, S. 165, 166.

3) *Human physiology*, 1828, S. auch W. Krause, *Abt. Untersuchungen*, 1840, S. 57.

4) *Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie*, 1851, Bd. XV, Sup. Abt. S. 14.

5) *Monatsberichte der k. k. Acad. der Wissenschaften in Wien, Math.-naturw. Classe*, Bd. 18, II. S. Abt. 1, 1867, S. 149.

wahrnehmbar zu machen sein. Das Auge des getriebenen Thieres ist für parallele Strahlen accommodirt; wegen des Verhältnisses dürfte keine netzhäutige Bestitution durch das Blut mehr stattfinden, und in der Ommatiumreihe würde im Goldchlorid stehen für diesen Zweck annehmend periphere Beugungen zur Verfügung. Aber weder macroscopisch noch microscopisch, weder am frischen Präparat noch mit Hilfe von Beugungen, war in dem aus der Kammerlinke genommenen Auge eine Spur der Bestäubung nachzuweisen.

Es gelang also nicht die Nachbilder der Sonne, die subjectiv für das Thier vorhanden gewesen wären, nach objectiv wahrnehmbar zu machen, was übrigens, soweit die Stäbchensicht in Frage kommt, mit der Auffassung der letzteren als eines katoptrischen Apparates vollkommen übereinstimmt.

Endlich hat Zerkow¹⁾ auf die angebliche Plattenstruktur gestützt eine Theorie der Lichtperception durch stehende Wellen abzuwickeln versucht, welche darauf hinausläuft, dass der einfallende Lichtstrahl mit dem in Stäbchen reflectirten Interferenz auf die Stäbchen-Substanz verändernd einwirkt. Nachdem die Dicke der betreffenden Plättchen als ausserordentlich schwach erkannt worden ist (S. oben Stäbchensicht, S. 22), braucht diese Hypothese wohl nicht weiter berücksichtigt zu werden.

Wenn es gleich nicht zu beweisen ist, dass weder (sog. dunkle) Wärmestrahlen noch aktinische Strahlen die Lichtperception erregen, sondern nur diejenigen Aetherwellen, die wir oben Lichtstrahlen nennen, so wäre es doch möglich, dass durch den in der Retina befindlichen, oben genauer definierten katoptrischen Apparat vorweggewogene entweder Wärmestrahlen oder chemische Strahlen zurückgeworfen würden. Was von der Choroidea durch die Substanz der Ausauglieder, die ellipsoidischen Körper, die Ocelltropfen und die Schichten der äusseren Körner hindurch auf die zur Zeit noch unbekannt wahrscheinlich nach Mosaik-förmig angeordneten Kadrigungen des N. opticus reflectirt wird, sind ohne Zweifel Aetherwellen. Aber es ist damit nicht gesagt, dass die zurückkehrenden ursprünglich nicht homogenen Strahlen dieselbe Composition haben müssten, wie die einfallenden. Es ergibt sich daraus die weitere Aufgabe, die optischen Constanten dieses complicirten reflectirenden Apparates genauer zu untersuchen, wofür als erster Versuch die oben (S. 25) gegebene Annäherung an einen Werth für den Brechungsindex der Stäbchen (S. 43—47) betrachtet werden kann. Ein Fortschreiten auf diesen Wege dürfte viel dankbarer und am Ende sogar für die theoretische Optik lohnender sein, als wenn man das alte Räthsel in dem Stadium lässt, in welchem es seit Trevisanus, der zuerst die Stäbchen für Enden des N. opticus ansprach, verharret. Denn wenn das Licht im Stäbche wird, sehen in der Stäbchen-Substanz einen electrischen Prozess hervorgerufen, so sieht man nicht ein, weshalb die Leitung erst nach durch äussere Körner, innere Körner, Ganglienzellen in jeder Faser mindestens zweimal unterbrochen werden müsste,

ehe sie nach dem Gehirn gelangt. So würde aber die Sache liegen, wenn die bisherige Hypothese von einer anatomischen Continuität der Stäbchen mit dem Opticusnerv sich bewähren könnte, anstatt widerlegt werden zu sein.

Ueber die Farben-Empfindungen war von mir²⁾ in einer Note gesagt worden: das Vorkommen von Jäseckel durch die Farben (orange-roth, gelbgrünlich, Maschen) der Ocelltropfen charakterisirtes Zapfen bei *Lucania gilis* sei von allgemeinerer Interesse in Bezug auf die Folgerungen, welche aus den Beobachtungen über Farbblindheit gezogen werden sind: in sofern nämlich drei Arten von Farben-Empfindungen vermittelnden Elementen gefordert werden.

Bei einer späteren Gelegenheit³⁾ wurde hervorgehoben: aus den bekannten Untersuchungen von Eriücke geht unzweifelhaft hervor, dass die Ausauglieder der Stäbchen katoptrische Wirkungen haben und die Frage scheint nur die zu sein, ob diese unzweifelhaft vorhandene reflectirende Eigenschaft für den Mechanismus der Licht-Empfindung wesentlich ist oder nicht. Die farbigen Ocelltropfen in den Zapfen bei Vögeln und Amphibien stellen eine Unterbrechung dar, die mit der Hypothese von der nervösen Natur der Zapfen nicht wohl vereinbar ist, sondern auf eine rein optische Wirkung der letzteren hindeutet. Bei der Eidechse sind in den Zapfen jener Ocelltropfen sämtliche Hauptstrahlen des Spectrums vertreten. Vielleicht weist dieser Umstand auf eine Bedeutung der Zapfen für die Farben-Empfindungen hin.

Später hat M. Schultze⁴⁾ bestimmt die Hypothese aufgestellt: dass die Stäbchen nur dem Lichtsinn, die Zapfen dem Farbensinn dienen. So wies auch für diese Hypothese spricht, so kann sie doch nicht mit Hilfe der natürlichen Thiere bewiesen werden. Denn wie oben gezeigt wurde haben Eide, Hyäne, Maus ebenso viele Zapfen wie andere im Tageslicht lebende Thiere. Vielmehr besteht der wesentliche Unterschied bei den Nachbarn nur darin, dass die Ausauglieder ihrer Stäbchen relativ sehr lang und deshalb die Zapfen schwerer wahrzunehmen sind.

Was das Gelbsehen anlangt, so fand sich in einem von mir genau untersuchten Fall von letalis beim Menschen keine Art von Anomalie weder in der Macula lutea, noch in der übrigen Retina. Die Cornea und die Binn-

1) Zeitschr. f. ration. Medicin 1863, Bd. XX, S. 9.

2) W. K. v. K., Beiträge zur Neurologie der oberen Extremität 1863, S. 24.

Herr Professor E. Kowalew hat kürzlich eine eigene Arbeit (A. v. Hermann, W. K. v. K., Professor der modernen anatomischen Anschauungen in Göttingen, 1868, Fr. Die Färbung zeigt reich geschildert, sowie er behauptet, die hier gegebene Beschreibung nicht bestätigt zu haben. Kowalew hat jedoch einmal solche Worte gesagt über die Eigenschaften, wie sie höher weiter in unserer Literatur noch vorkommen: Was Eide in gelberer Lichtschwäche mit Strahlungen darstellt, die keine sind im grossen Theil der wissenschaftlichen Welt bewegen, sollte sich freuen in schwebender Weise auf die rechte Sachlage aufmerksam gemacht zu sein. Auch dessen werden Satzungen von wissenschaftlichen Anstalten vortreten, wie solche bei einem Gelehrten Buchhandelsgeschäft zu haben sind.

3) Arch. f. klin. Med. 1866, Bd. I.

4) Arch. f. klin. Med. 1866, Bd. I.

opticus waren zu wenig geförhrt, um eine merkliche Farbänderung bewirken zu können, dagegen zeigte die Krystalllinse eine intensiv gelbe Färbung. Die Meinung von M. Schultze¹⁾ im letzteren ändere sich die Farbe der Macula later. hat sich also nicht bestätigt.

Eine weitere Discussion über die Theorie der Licht- und Farben-Empfindungen muss so lange als unfruchtbar erscheinen, bis die wirkliche Einwirkung des N. opticus aufgedeckt ist. Vielleicht bietet eine genauere Untersuchung der Fovea centralis des Menschen oder der analogen gebildeten Area centralis der Säugethiere die maiste Aussicht das Problem zu lösen, vielleicht ist die innere Körnerschicht der Fische oder die Fovea centralis²⁾ derselben für diese Aufgabe am geeignetsten. Die Erkenntnis der wahren Endorgane des N. opticus, die, wie gesagt, vormalig ein Bosak bilden werden, dürfte in demselben Masse für die Theorie der Nervenproccesse fruchtbringend sein, als die Bedeutung des wichtigsten Sinnesorgans für den Mechanismus der thierischen Organisation eine überwiegende ist. Hierin liegt wohl der Grund des allgemeinen Interesses gerade an diesen Fragen.

Ofters kann man bemerken aus der Untersuchung der Retina allein die Familie bestimmen, welcher ein Thier angehört. Die vorkommenden Differenzen betreffen aber nur die relative Entwicklung der einzelnen Elemente (z. B. der Stäbchen und Zapfen, ihrer Inzungenlieder und Auszungenlieder etc.), nicht das Wesen der Sache nämlich den Zusammenhang der stets vorkommenden Elementartheile selbst. Es können sich ändern: die Anzahl derselben, ihre einzelnen absoluten und relativen Dimensionen, die Lichtgröße, mit welcher sie zur Peripherie aufgefunden werden können u. s. w. Vorhanden sind sie dennoch in stets analoger Weise und das (Taf. III, Fig. 21) aufgestellte Schema soll, von den inneren Körnern abgesehen, für alle Wirbelthiere gelten.

1) Sitzungen d. niederösterl. Gesellsch. I. Jahrg. u. Bnd. 28. Nov. 1844.
2) Journ. of anat. and physiol. II. Ser. Nov I. S. 12.

Tafel-Erklärung.

In allen Figuren bedeutet:	a) Zapfenlosere, ak Zapfenkegel.
g Retinalpigment.	A) Stäbchenlosere, kl Stäbchenkegel.
h Stäbchenlosere resp. Stäbchen.	af Membrana limitans.
z Zapfen.	gr innere Körner.
u Auszungenl.	r Radialfaser.
i Inzungenl.	gr graueste Schicht.
in Inzungenl.	gg Ganglionfaseln.
e Kapsel-förmiger Körper.	op Opticushüllen.
n Nuclei.	ml Membrana limitans interna.
ml Membrana limitans externa.	sk Membrana hyaloides.
gr innere Körner.	

Tafel I.

Fig. 1. Drei Zellen der Membrana limitans vom Kalbe. A. Durch concentrische Osmose, B, C durch Osmose von 2,00% Isot. Verg. 100. A. Flächenmasse mit einem kleineren Nuclei. E. Flächenmasse mit einem grosseren Kern. C. Die Zelle von E aus Isotoll mit ihrem abgeplatteten Kern.

Fig. 2. Flächenmasse der Membrana limitans von *Corophium* isolirt. Osmose von 2,00% getrennt und durch Flächenmasse in die Ebene der Retina erhalt. W. Verg. 100. 1 Nuclei, 2 Kern.

Fig. 3. Membrana limitans aus der Nachbarschaft der Macula latera des Menschen. Kall erhaltene mit Wasserzucht. Verg. 100. a) Zapfenlosere. A) Stäbchenlosere. r Radialfasern. 1 Nuclei der Membran.

Fig. 4. Membrana limitans externa vom Menschen. Flächenmasse in einem getrennten Präparat in Kall erhaltene, Schnitt parallel der Ebene der Retina. 14-16, in welcher Figur ein Zapfen grossen hat. n Nuclei, die sich umlagert haben. Verg. 100.

Fig. 5. Membrana limitans externa vom Menschen mit ihrem Nuclei n auf dem Quer-schnitt. ml Membrana limitans externa. Kall erhaltene. Verg. 100.

Fig. 6. Zwei Stäbchenkörper vom Menschen $\frac{1}{4}$ Stunde nach dem Tode mit Glas-körperfüllung. Die Querstellen der stark lichtbrechenden Substanz sind schwarz. Verg. 100.

Fig. 7. Aus der Retina vom Hunde durch verdünnte Oxensäure isolirt. Verg. 100. n Nuclei der Membrana limitans externa, deren Basis zu den angrenzten ml. ml Membrana limitans externa. A) Zwei verschiedene Stäbchenlosere. gr Querstellen der Stäbchenlosere. op Zelle der Membrana limitans. r Radialfasern. ml Membrana limitans interna.

Fig. 8. Strahlenförmige Durchsicht der Retina des Menschen aus dem Wassergrund des Auges. Kall erhaltene. Verg. 100. Die inneren Schichten der Netzhaut sind oberwärts.

ge Äußere Körner. α Zepheleum, β Zepheleum, γ Stäbchenzell, δ Stäbchenzell
 der Zellen der Membrana frontalis, ϵ Linke derselben, ζ Radialfaser.

Fig. 5. Zwei Zepheleum von Menschen sei den sich anliegenden Zepheleum von
 Hund der Munda lina. Seitlicher Schnitt in meridionale Richtung, die Fovea centralis
 ist fast geseht. α Koll. lateraleum, Verg. 500, β Zepheleum, γ Zepheleum, δ Zellen
 der Membrana frontalis, ϵ Äußerer Rand der inneren Körner, an dem mittleren
 Rand sich eine fast abgesetzte Faser, die links gezogen und in eine Lücke der Membrana
 frontalis hinein, ζ Radialfaser.

Fig. 16. Sechs Zepheleum aus demselben Präparat, aus dem horizontalen Verlauf der
 Zepheleum zu zeigen, welche die Zepheleum der Zellen α bilden. Die äussere Lage der
 inneren Körner zeichnet sich durch ihre Größe vor den übrigen aus. Verg. 500. Radialfaser
 wie in Fig. 5.

Fig. 11. Seitlicher Durchschnitt von Hund der Munda lina des Menschen, recht-
 wendig auf die Faser der Zepheleum, Koll. lateraleum, Verg. 200, δ Stäbchen
 und Zepheleum, ϵ Membrana frontalis externa, γ Äußerer Körner, α Querseite der
 Zepheleum von langhaarigen Fäden, β Sechs Zepheleum in Verbindung mit den Zellen der
 Membrana frontalis ϵ , γ Äußerer Lage der inneren Körner, ζ Radialfaser.

Fig. 12. Seitlicher Durchschnitt aus einem Choroidea-Präparat von 0,115, von
 der Katze, Verg. 500, α Membrana frontalis externa, γ Äußerer Körner, δ Various
 Stäbchenzellen, ϵ die Membrana frontalis mit Stäbchenzell angeschlossen, die aussere
 ist sich abgehoben, β Zepheleum, γ Zelle der Membrana frontalis, ζ Radialfaser mit
 einem starken Kern, δ Membrana frontalis interna.

Fig. 14. Seitlicher Durchschnitt aus der retina des Hundes. Koll. lateraleum und
 Wasserzelle, Verg. 400, δ Stäbchen und Zepheleum, welche letztere Zepheleum durch
 die äussere Körnerschicht gesondert. Die Zepheleum sind gegen die Zepheleum,
 wenn die sich nicht ganz richtig angeordnet, ist die Membrana frontalis externa, α Membrana
 frontalis mit ihren Fäden, γ innere Körner, ζ Radialfaser.

Fig. 15. Membrana frontalis aus einem vollständigen Durchschnitt von der Katze.
 retina frontalis, Verg. 600, δ Stäbchenzell, β Zepheleum, ζ Radialfaser.

Fig. 18. Zepheleum von Menschen im Zusammenhang mit zwei Zellen der Membrana
 frontalis durch veränderte Orientierung (siehe, Verg. 500, α Äußerer, β innerer
 γ Zepheleum, δ Zepheleum, ϵ Zwei Zellen der Membrana frontalis
 mit je einer Lücke, ζ Abgesetzte Radialfaser.

Fig. 17. Zepheleum von Schaf, alles wie in Fig. 16, die Zepheleum ist geläutert und sticht
 scharf pinselförmig durch einzelne Fäden in die Zelle der Membrana frontalis aus.

Fig. 19. Zepheleum von Kuh, alles wie in Fig. 14. Die Zepheleum zeigt Indentation
 an weiter Querseite.

Fig. 20. Seitlicher Durchschnitt durch die retina des Kanariens. Choroidea von 0,20,
 Schicht der Radialfasern der äusseren Körnerschicht, in Verbindung mit ϵ Stäbchenzell,
 die mit den Stäbchenzellen der inneren Körnerschicht verbunden sind, δ Äußerer Körner
 und Zepheleum, α Membrana frontalis interna, γ Membrana frontalis mit den Äußerer der
 Stäbchenzellen und Zepheleum ζ .

Fig. 20. Aus einem Querschnitt der retina von Kanariens. Koll. lateraleum und
 Wasserzelle, Verg. 400. Zwei Radialfasern (siehe, in Zusammenhang mit zwei Zellen
 der Membrana frontalis und der Membrana frontalis interna mit, ζ Kerne der Radialfasern,
 δ sind α Äußerer der Stäbchenzell und Zepheleum).

Tafel II.

Fig. 21. Schema zur Erklärung des Bau's der retina der Wirbeltiere.
 Eine Pigmentzelle p der retina steht an ein Stäbchen. Das Innengebiet desselben ist lang-
 gestreckt, im Querprofil findet sich ein stäbchen-ähnliche Form. Dieselbe hat ein
 Zepheleum der Membrana frontalis externa, dessen Innengebiet ein Zepheleum bildet, und
 weiter eine Nadel n . Durch die Stäbchenzell und Zepheleum wird die Verbindung mit
 einer Zelle der Membrana frontalis ϵ hergestellt. In diese Faser ist ein Stäbchenzell,
 resp. ein Zepheleum eingeschaltet; erstere zeigt drei, letztere drei bis vier kreisförmige
 Querstellen. Die Zelle der Membrana frontalis stellt durch diese drei Stäbchenzellen,
 welche ein jedes Kern besitzt, mit der Membrana frontalis interna die Verbindung. In die
 Faser der Zelle ϵ liegt ein Kern der inneren Lage der inneren Körnerschicht. In die
 äußere Lage eingelagert ist, sowie die Optische Zelle δ sind die äusseren Elemente durch
 Fortführung hervorgehoben. Der Zusammenhang des Netzes γ mit einem Ganglionzellen-
 Asthüter wird veranschaulicht.

Fig. 22. Seitlicher Durchschnitt der retina von Kanariens. Choroidea von 0,10,
 Verg. 400. Eine Zelle der Membrana frontalis stellt ebenfalls im Zusammenhang mit
 einem Stäbchenzell und Stäbchenzell, nach der äußeren Seite hin mit einer Fortführung.
 Die andere Radialfaser stellt sich scharf in die äussere Körnerschicht her; in Wahrheit
 ist δ ein Zepheleum, die durch seine Zellern mit von Membrana frontalis mit der
 Radialfaser in Zusammenhang steht, γ Stäbchenzellen, δ Zellen der Membrana frontalis,
 ϵ Radialfasern, α Membrana frontalis interna.

Fig. 23. Stäbchenzelle des angeregten Kanariens. Zwei Häute nach entfernt
 in Koll. lateraleum gezeigt, Verg. 100, α Membrana frontalis externa, die Linse (Koll.)
 und Äußerer der langhaarigen von Stäbchen und Zepheleum. Die äussere Seite der Stäbchen
 glatte Zelle.

Fig. 23. retina des angeregten Kanariens an dritter Tag nach der Geburt. Ganz
 frisch mit Hämatoxylin gefärbt. Die Stäbchen sind gross geworden, bei α liegt eine
 Zepheleum sichtbar durch schief einander, Verg. 700, α Membrana frontalis externa, in
 dem äusseren Körner liegt die Querstellung des stäbchen-ähnlichen Bildes in die äußere der inneren
 Körner kanariens. Auf dem optischen Durchschnitt sind die drei bis vier Stäbchen
 Kerne kanariens. Auf dem optischen Durchschnitt sind die drei bis vier Stäbchen
 Kerne kanariens.

Fig. 23. Zepheleum von Gephyronibus salutis in Pflüger's Organismus. δ sind ϵ Kerne
 der Membrana frontalis, α aus dem Heteromeren des Äußerer, die Membrana frontalis und
 durchgehende, die Innengebiet ist ein Zepheleum, γ Äußerer Körner, δ Äußerer
 Stäbchen, ϵ Äußerer, β Äußerer, α Zepheleum-ähnlich, γ Zepheleum mit 1-3 Quer-
 stellen, δ Zepheleum.

Fig. 25. Zwei Zepheleum aus der retina des Hahnes in Pflüger's Organismus (siehe, Drei
 Wochen vorher war der N. opticus durchschnitten. Die Zepheleum verhalten sich vollständig
 normal. Die Äußerer sind nicht angeschlossen, Verg. 500, α Äußerer, β Äußerer, welcher der
 Telle der Zepheleum vollständig angeschlossen, γ Zepheleum-ähnlich mit der Äußerer der
 Äußerer im Zusammenhang stehend, γ Zepheleum mit mehreren Querstellen, δ Zepheleum
 Verg. 100, α Membrana frontalis externa.

Fig. 26. Stäbchen und Zepheleum des Hundes. Koll. lateraleum, Verg. 800, δ Äußerer
 α Membrana frontalis externa.

Fig. 27. Stäbchen und Zepheleum des Menschen. Koll. lateraleum, Verg. 800, δ Äußerer
 α Membrana frontalis externa, β Äußerer Körner, γ Äußerer Körner, δ Äußerer Körner
 Querstellen, ϵ Membrana frontalis, die Innengebiet und sehr lang, α Membrana frontalis externa.

Fig. 28. Seitlicher Durchschnitt der retina von Fisch. Koll. lateraleum und Wasserzelle,
 Verg. 400, p Pigmentzelle, δ Stäbchen sind sehr klein geworden, verhalten
 desselben nicht die Pigmentzelle abwärts, α Membrana frontalis externa, β Membrana

brun maculata links im Profil, rechts in Flächenansicht mit einer Lücke. An dieser Stelle sieht man oben her die Stäbchenfasern, von unten her die Radialfasern. Die inneren und äußeren Kerne sind in eine feingranuläre Masse verwandelt.

Fig. 28. Membrana hyalina von der Mittellinie des Mesenceph. Kall hochmagnif. Querschnitt. Vergl. 100. mit Membrana limitans interna. r Radialfasern. m Membrana hyalina mit einem isolierten Kern auf dem Querschnitt.

Fig. 29. Senkrechter Durchschnitt der Retina von *Callinectes*, 37 Tage nach Durchschneidung des N. opticus. Kall hochmagnif. und Nervenfasern unter dem Mikroskop. Vergl. 459. mit Membrana limitans interna. sp Fellig degenerierte Optikusfasern, sp Fellig degenerierte Ganglienzellen nebst Axonfasern, welche in die granulierte Schicht hineingewandert Radialfasern.

Fig. 30. Flächenansicht der Retina des genannten Auges von dem Kernechen von Fig. 29. Ganz frisch in Glaskörperflüssigkeit von der Innenseite. Vergl. 100. Ansicht der Ganglienzellen mit Kernen und glänzenden Konvaleszenzen (Mitteln gleichsam von C. STARK). sp Ränder der Optikusfasern.

Fig. 31. Dasselbe Auge von Fig. 29, unmittelbar nach dem Tode des Kernechens untersucht. Alles übrige wie in Fig. 29. Flächenansicht der fellig atrophischen Ganglienzellen. Bei sp sieht man die Kernechen am Rande der Zelle. Auch die Axonfasern der Ganglienzellen sind jetzt an ihrem Fortkürchen leicht zu erkennen. sp Optikusfasern, ebenfalls fellig degeneriert.

Fig. 32. Senkrechter Durchschnitt der Retina von *Falco tinnunculus*. Kall hochmagnif. Vergl. 449. Drei Zapfen und ein Stäbchen mit ihren Ausgangsgliedern, Innengliedern, Endknöpfchen etc. Zapfenfasern, Zapfenkegel, Stäbchenfasern und Stäbchenkegel. Die Zapfenfasern und Stäbchenfasern gehen in die durchbrochene Zelle der Membrana limitans über. m Membrana limitans externa.

Fig. 33. Senkrechter Durchschnitt der Retina von *Bovis tinnunculus*. Kall hochmagnif. und Wassertröpfchen. Vergl. 449. Vier Zapfen und ein Stäbchen; die Zapfenfasern und Stäbchenfasern setzen sich mittelst Kegeln an die Membrana limitans m. r Radialfasern. p Pigmentzellen mit Fortsetzungen. m Membrana limitans externa.

Fig. 34. Senkrechter Durchschnitt des äußeren Theiles der Retina von *Strix noctua*. $\frac{1}{2}$ Seignette-Präparat. Vergl. 449. Vier Zapfen mit Endknöpfchen und ein Stäbchen. m Membrana limitans externa. gr Zapfenkegel und Stäbchenkegel sind je vier bis sechs Querstreifen. m Zapfenkegel sieht an die Membrana limitans inseriert. Von letzterer ist nur eine Zelle m' an dem Präparat erhalten.

Fig. 35. Senkrechter Durchschnitt durch die ganze Retina des Affen (*Macaca fascicularis*). Nur die inneren Schichten sind gezeichnet. Kall hochmagnif. Vergl. 100. Man sieht die Makulafasern mit konvexem Endknöpfchen in der granulierten Schicht. sp Optikusfasern. m Membrana limitans interna.

Fig. 36. Retina des Kanarienvogels frisch mit vollständigem Anstrich. Man sieht die Stäbchen und Zapfen in der Flächenansicht von unten her. Gezeichnet das Äußere. Vergl. 449.

Fig. 37. Optischer Querschnitt eines Stäbchen-Ausgangsgliedes vom Schwein. Flächenansicht der frischen Retina von unten gesehen. mit Glaskörperflüssigkeit. Vergl. 100. A Bei conaxialer Stellung des Spiegels. In Centrum des Stäbchenausgangsgliedes erscheint das Bild des Spiegels als dunkler Punkt. B Dasselbe Stäbchen bei schiefher Beleuchtung. Der dunkle Punkt ist dann Spiegel bildend auch nach außen gerichtet.

Fig. 38. Isolierte Ausgangsglieder der Stäbchen vom Frosch. Frisch. Vergl. 100. A Stäbchen sehr klein erschienen in der Schicht der inneren Schicht eines frischen Kanarienvogels vom Rind. B Ein Stäbchen in Oberrand; außerhalb der Stäbchen-Grenze erscheint eine dunklere Schicht.

Fig. 39. Senkrechter Durchschnitt der Retina von Hecht (*Esox lucius*). Kall hochmagnif.

Fig. 40. Vergl. es. 508. Zwei Zapfen und zwei Stäbchen sitzen auf der Membrana limitans externa. Man sieht je zwei Stäbchenkegel und Zapfenkegel, die Stäbchenfasern und Zapfenfasern, sowie die Stäbchenkegel und Zapfenkegel. Die letzteren bilden Gebilde in die Zellen der Membrana limitans über, welche sich verhalten mit den abgetragenen Radialfasern zusammenhängen. Nach unten von der Membrana limitans liegt die aus sechs Lagen, 1000 körnigen Zellen bestehende Membrana plexiformis (Schicht intergranulosa limitans), wie Membrana limitans externa. m Zapfenkegel m' Membrana limitans. sp Membrana plexiformis. r Radialfasern.

Fig. 41. Neuronen der Durchschneidung des N. opticus in der Augenhöhle beim Kanarienvogel. Natürliche Größe. Horizontalspreizung, von unten gesehen.

Fig. 42. Dasselbe in Horizontalspreizung am 100. vergrößert. Von der Seite gesehen, so dass die Biegung nach der Fläche, die sich der Indus-Oberfläche anschließen soll, sichtbar wird.

Fig. 43. Dasselbe von vorn, Verticalprojektion. Die Biegung auf die Schinde ist einschichtig, bei * liegt die schwebende Stelle. Der Griff erscheint in starker Verkürzung.