

## Werk

**Titel:** Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen

**Ort:** Göttingen

**Jahr:** 1878

**Kollektion:** Mathematica

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN250442582\_0023

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN250442582\\_0023](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN250442582_0023)

**LOG Id:** LOG\_0006

**LOG Titel:** Zur vergleichende Anatomie der Krystalllinse

**LOG Typ:** article

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN250442582

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN250442582>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

# Zur Anatomie der Crystalllinse.

Von

*J. Henle.*

---

Vorgelegt in der Sitzung der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften am 2. März 1878.

---

Schon in der ersten Auflage meines anatomischen Handbuchs (1865) deckte ich einen Widerspruch in den bisherigen Beschreibungen der Linsenfasern auf, von denen man sagt, dass sie, den Schädelknochen ähnlich, mit den Zähnelungen ihrer Ränder in einandergreifen, während man sie zugleich abgeplatteten sechsseitigen Prismen vergleicht, die, wenn sie dicht aneinander liegen, mit ihren Kanten den Winkel ausfüllen müssten, den die Kanten der benachbarten Prismen einschliessen.

Sind die Fasern sechsseitig prismatisch, gegen die Ränder zugespitzt, so trifft die scharfe Kante der Einen nicht auf die der andern, sondern auf den Zwischenraum zwischen den planen Flächen der benachbarten, über einander liegenden Fasern. Treffen die Kanten auf einander und verzahnen sich die Fasern wie Schädelknochen, so müssen sie, wie diese, bis zum Rande die gleiche Dicke haben und können nicht sechsseitig prismatisch sein.

Die Fasern der Säugethierlinse sind wirklich sechsseitig prismatisch; aber eine genauere Untersuchung derselben lehrte mich eine Art von Fortsätzen kennen, die in der That nicht dazu bestimmt sind, in einander zu greifen, sondern vielmehr von beiden Seiten in den von den planen Flächen der übereinander liegenden Fasern begrenzten Raum vordringen, in der Regel ohne einander zu erreichen. Ich habe dies Resultat a. a. O., wo ich mich auf die Beschreibung der Linse des Menschen und der ihm verwandten Thiere zu beschränken hatte, in

Kürze mitgetheilt, hielt es aber für geboten, die Fasern der Fischlinse mit ihren viel auffallenderen und regelmässigeren Zähnen zur Vergleichung heranzuziehen und fand, dass im Gegensatze zu den beschriebenen Linsenfäsern der Säugethiere die gezahnten der Fische wirklich mit den Rändern in einander greifen, dagegen nicht sechsseitig, sondern vierseitig prismatisch und zugleich bandartig platt sind.

Aus der Ermittlung dieses Gegensatzes erwuchs die weitere Aufgabe, die Verbreitung der einen und andern Form von Fasern und Zähnen in der Reihe der Wirbelthiere zu verfolgen. Dabei aber stiess ich nicht nur, was zu erwarten war, auf Uebergänge, sondern auch auf eine ungeahnte Manichfaltigkeit der Gestalten sowohl der Fasern, als auch ihrer Fortsätze, die nicht blos von den Seitenrändern, sondern auch von den Flächen ausgehn und für die die Bezeichnung einer „Zähnelung“ zu eng ist.

Die Beobachter, die sich bisher mit der Erforschung des Baues der Linse beschäftigten, haben nur einen geringen Theil der charakteristischen Eigenthümlichkeiten der Linsenfäsern beschrieben; sie waren zu eilig im Generalisiren und achteten zu wenig auf die Unterschiede, die die Fasern verschiedener Schichten einer und derselben Linse darbieten. Brewster<sup>1)</sup>, dem wir die Entdeckung der Zähnelung der Linsenfäsern verdanken, kennt nur gradweise Abstufungen dieses Characters; er constatirt eine Abnahme ihrer Grösse von der Rinde der Linse gegen den Kern und schreibt den Fasern der Schildkröten und Säugethiere kleinere und minder deutliche Zähne zu; aber wie fest er an die allgemeine Verbreitung der Zähne glaubt, geht daraus hervor, dass er sagt, in den Linsen mancher Säugethiere wären sie auch mit den besten Mikroskopen nur sehr schwer (extremely difficult) zu entdecken. Der Elephant ist das einzige Geschöpf, von dem er zugiebt, dass seine Linsenfäsern nicht durch Verzahnung in ihrer Lage befestigt seien; ob durch eine andere mechanische Vorrichtung oder durch blosse Verklebung, lässt er zweifelhaft.

---

1) Philosoph. transact. 1833. p. 323. 1836. P. I. p. 35.

Unbefangener schildert Treviranus<sup>1)</sup> seine Befunde; er beobachtete ungezahnte Fasern beim Menschen, Ochsen und der Krähe, gezahnte bei mehreren Fischen; bei der Maus sah er glatte Fasern in der Rinde, feingezähnelte im Kern, beim Pferde waren nur die Fasern der mittlern Schichte mit Zähnen versehen. Corda<sup>2)</sup>, der erste, der die Linsenfasern im Querschnitt abbildete, nennt die der Säugethiere und Vögel glatt, die des Karpfen gezahnt. Werneck<sup>3)</sup> sagt: „die Linsenfasern der Fische und Amphibien sind flache Bändchen, deren Ränder je nach der Gattung verschieden gezeichnet sind; die Vereinigung und Schichtung der Linsenfasern ist bei den Menschen, Säugethiern und Vögeln so gegeben, dass eine Fiber mit ihren prismatischen Seitenflächen zwischen zwei andern eingeschoben ist. Die Vereinigung der Linsenbändchen bei den Fischen und Amphibien geschieht, indem die Bändchen zweier Zähne in einander greifen; im Grunde genommen ist auch die Vereinigung und Zusammenfügung der Linsenfasern des Menschen, der Säugethiere und Vögel eine durch Zähne bedingte, denn jedes Prisma der Linsenfasern bildet einen Zahn, der in die Zwischenräume zweier andern eingreift“.

Man muss, trotz des unzutreffenden Ausdrucks, anerkennen, dass Werneck den Gegensatz der prismatischen und platten Fasern richtig aufgefasst hat. Er hat den Gegenstand nur deshalb nicht erschöpft und an den Schwierigkeiten desselben sich nicht gestossen, weil ihm die Zähnelungen der prismatischen Fasern verborgen blieben.

Die spätern Beobachter unterscheiden nicht mehr zwischen platten und prismatischen, sondern zwischen platten und gezahnten Fasern, aber keinem derselben entging es, dass Fasern mit zackigen Rändern auch bei den höhern Wirbelthieren vorkommen. Rauh, wie zackig, werden von mir<sup>4)</sup> und Gerlach<sup>5)</sup> die Fasern des Kerns der Säugethier-

1) Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organ. Lebens. Bremen 1835. Heft 2. S. 80.

2) Weitenweber's Beiträge zur gesammten Natur-Heilwissenschaft. Bd. I. Prag 1836. S. 19.

3) v. Ammon's Ztschr. für Ophthalmologie. Bd. V. Hft. 4. 1837. S. 418.

4) Allgem. Anat. Lpz. 1841. S. 329.

5) Handbuch der allgem. und speciellen Gewebelehre. Mainz 1848. S. 453.

linse genannt; Leydig<sup>1)</sup> sagt von der menschlichen Linse, ihre Fasern seien rauh, leicht gezähnt; Harting<sup>2)</sup> findet die Linsenfasern der Amphibien und Säugethiere, wie unter den Fischen die des Aals, mit sehr feinen Zacken versehen, so dass sie eher gekerbt (gekartelt), als gezahnt genannt zu werden verdienen und auch Kölliker<sup>3)</sup> meint, dass man bei Säugethieren, Vögeln und Amphibien nicht von Zähnen, sondern nur von kleinen Randzacken reden dürfe. Andere, wie Dujardin<sup>4)</sup>, Bowman<sup>5)</sup>, Nunneley<sup>6)</sup> und Babuchin<sup>7)</sup> betonen die allmähliche Entwicklung der Zähne von dem Menschen und den Säugethieren an durch die Classen der Vögel und Reptilien zu den Fischen, bei denen sie die höchste Ausbildung erreichen. Ob aber Zacken oder Zähne, ob stark oder schwach entwickelt, darüber besteht vollkommene Uebereinstimmung, dass man ihnen die Function zuschreibt, durch ihre Verschränkung die Linsenfasern fester mit einander zu verbinden.

Ich erwähne noch, dass Nunneley die relativ stärksten Zähne in den mittleren Schichten der Linse findet, was für die Säugethierlinse zutrifft; dass ich Babuchin's Angabe, bei allen Thieren hätten die oberflächlichen Fasern glatte Ränder, zu bestätigen haben werde, ihm aber widersprechen muss, wenn er als durchgreifenden Unterschied zwischen Säugethieren und Vögeln die plattere, mehr bandartige Form der Linsenfasern der letztern hervorhebt. Eine merkwürdige Eigenthümlichkeit der Linsenfasern der Petromyzonten, den durchgängigen Mangel der Zähnelung hat Gulliver<sup>8)</sup> kennen gelehrt. Spiralige, die Fasern umkreisende Streifen nahm Moriggia<sup>9)</sup> an Linsenfasern der Fische und der Maus, vorzugsweise im Kern der Linse wahr.

1) Lehrbuch der Histologie. Frkf. 1857. S. 226.

2) Tijdschrift voor natuurlijke Geschiedenis. D. XII. p. 5.

3) Mikroskop. Anatomie. Bd. II. 2te Hälfte. Leipz. 1854. S. 712.

4) Nouveau manuel complet de l'observateur au microscope. Paris 1843. p. 107.

5) Todd and Bowman, physiolog. anat. P. III. 1874. P. 34.

6) On the organs of vision. Lond. 1858. P. 251.

7) Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. II. Lpz. 1872. S. 1087.

8) Monthly microscop. Journ. 1869. Apr. p. 209.

9) Moleschott's Unters. Bd. X. Heft 6. Giessen 1870. S. 658.

Abgesehen von den Unebenheiten der Ränder werden die Elemente der Linse im Allgemeinen als glatte und wasserhelle Fasern und mit Rücksicht auf den Kern, der sich wenigstens in denen der äussern Lagen findet, als einfache Faserzellen geschildert. Was als Ausnahme von dieser Regel angeführt wird, beruht zum grössten Theil auf optischen Täuschungen. Ich rechne dahin:

1) die Querstreifen, welche zuerst von **Werneck**<sup>1)</sup> abgebildet, von **R. Wagner**<sup>2)</sup>, mir, **Dujardin**, **Valentin**<sup>3)</sup>, **Harting**, **Kölliker** und **Robinski**<sup>4)</sup> bestätigt und vielfach mit den Querstreifen der animalischen Muskeln verglichen wurden. Ich nahm sie als Ausdruck von Unebenheiten der Oberfläche und **Kölliker** stimmt mir bei; **Wagener**<sup>4)</sup> und **Robinski**<sup>5)</sup> erklären sie für Runzeln der Scheide der Linsenfäsern. Ob den übrigen Beobachtern die welligen Kräuselungen der Fasern (Taf. IV. Fig. 13) vorgelegen haben, auf die ich zurückkomme, ist schwer zu entscheiden. Noch auf zwei andere Weisen kann der täuschende und verführerischere Anschein einer Querstreifung entstehen. Wenn eine Lamelle, die die Fasern von der Fläche präsentiert, schräg abgebrochen ist, so können, falls die Fasern platt genug sind, die am Bruchrande treppenförmig übereinander liegenden Enden derselben in dem nämlichen Focus zu liegen scheinen und sich wie Streifen einer Faser ausnehmen (Taf. VIII. Fig. 4). Aehnlicher noch der Streifung animalischer Muskeln ist das Bild, welches entsteht, wenn Bündel stark gezahnter Fasern, z. B. von Fischlinsen, sich auf die Kante stellen und die Querreihen der Zähne zeigen, die an den von der Fläche betrachteten aufeinander liegenden Fasern einander decken (Taf. X Fig. 3<sup>b</sup>). Die Querstreifen dieser Art hat bereits **Moriggia** richtig gedeutet und dass **Fubini**<sup>6)</sup>

---

1) a. a. O. Taf. II. Fig. 18. 24.

2) v. **Ammon's** Zeitschr. für die Ophthalmologie. Bd. V. S. 429.

3) **R. Wagner's** Handwörterbuch der Physiol. Bd. I. Braunschw. 1842. S. 752.

4) Die Entwicklung der Muskelfaser. Marb. und Leipz. 1869. S. 11.

5) Archiv für Anatomie. 1872. S. 178.

6) **Moleschott's** Unters. Bd. XI. Heft 2. 3. Giessen 1873. S. 291.

sie vor Augen gehabt hat, darüber lässt seine Beschreibung keinen Zweifel.

2) die letztgenannte Täuschung hat es auch verschuldet, wenn einzelne Beobachter, wie F. Arnold<sup>1)</sup>, Harting, Moriggia, Thin und Ewart<sup>2)</sup> eine Längsstreifung oder eine Zusammensetzung aus feinen Fibrillen an den Linsenfasern zu bemerken glaubten. Kehren Bündel gezahnter Fasern die Kanten aufwärts, so machen die Querreihen der Zähne den Eindruck von Querstreifen und die feinen Längsstreifen, durch die sich die einzelnen Fasern gegen einander abgrenzen, können übersehn werden. An Bündeln glattrandiger Fasern dagegen, die auf der Kante liegen, werden diese Grenzlinien sichtbar (Taf. IX. Fig. 1<sup>b</sup>). Kölliker führt auch die vermeintliche Längstheilung der Fasern auf Faltenbildung der Scheide oder der ganzen Faser zurück. Ich habe solche Falten an isolirten Fasern niemals gesehn, konnte aber jedesmal, so oft ich eine scheinbar längsgestreifte Faser um ihre Längsaxe drehte und die Kantenansicht des Bündels in eine Flächenansicht verwandelte, den wahren Sachverhalt constatiren. Thin und Ewart, deren Arbeit an die naivsten Zeiten mikroskopischer Forschung erinnert, wollen sogar eine mit breiten ovalen Zellen bedeckte, übrigens structurlose Scheide von den Bündeln der feinen Fasern, ihrer sogenannten primären Fasern, abgestreift und auf den primären Fasern je eine schmale, langgestreckte Zelle wahrgenommen haben. Ich stehe nicht an, zu behaupten, dass ihre primären Fasern Kanten-, ihre Scheiden Flächenansichten der nämlichen flachen Linsenfasern sind und dass sie als breite ovale und lange schmale Zellen die nämlichen bekannten Kerne der äussern Linsenfasern, das eine Mal von der Fläche, das andere Mal vom Rande gesehn, beschreiben. Damit möchte ich aber auch der Mühe überhoben sein, die übrigen groben Irrthümer aufzudecken, zu welchen den Verfassern die kritiklose Anwendung des Goldchlorids verholfen hat.

3. Eine Angabe Harting's, dass die äussern Linsenfasern aus

---

1) Handb. d. Anatomie des Menschen. Freiburg, 1844. S. 216.

2) Journ. of anatomy and physiol. Vol. X. P. 2. 1876. p. 223.

Reihen 4- oder 6seitiger kernloser Zellen zusammengesetzt seien, hat Kölliker auf ihren wahren Werth zurückgeführt. Es sind die natürlichen, etwas verbreiterten und dachziegelförmig übereinander an die innere Fläche der Kapsel sich anlegenden Faser-Enden (Taf. VII, Fig. 8), die, von der Fläche gesehn, Theile Einer Faser zu sein scheinen.

4. Nach Leydig<sup>1)</sup> sollten in den äusseren Schichten der Linse des Landsalamanders die Fasern alterniren mit Lagen von ovalen, einander dachziegelförmig deckenden Zellen. Was Leydig für Zellen nahm, sind die grossen in den äussern Linsenfäsern der Salamandrinen enthaltenen Kerne (Taf. VIII, Fig. 1). Ehe die Kernzone bekannt war, konnte man leicht verführt werden, den Elementen derselben ihre Stelle, statt in den Fasern, zwischen denselben anzuweisen und bei der ausserordentlichen Platttheit der Linsenfäsern der genannten Thiere war es schwer, dem Irrthum zu entgehn, dass man die Kerne übereinanderliegender Fasern in Einer Ebene nebeneinander zu sehn glaubte.

5. Seit durch H. Meyer die Kernzone der Linse entdeckt und dadurch die Entwicklung der Linsenfäsern aus je Einer Kernzelle wahrscheinlich wurde, ist die Meinung, welcher frühere Forscher (Valentin, Harting, Bowman) anstandslos huldigten, dass es nemlich Fasern mit mehreren Kernen gebe, bedenklich geworden. Moriggia vertheidigt sie mit aller Entschiedenheit. Ich schliesse mich dem Ausspruche Kölliker's, H. Müller's<sup>2)</sup> und v. Beckers<sup>3)</sup> an, dass es bei der Schwierigkeit, die Fasern zu isoliren, nicht leicht sei, zu einem bestimmten Abschlusse zu gelangen, dass aber in sicher isolirten Fasern nie mehr als Ein Kern gefunden werde. Die Frage, ob Kerntheilung zum Behufe der Vermehrung der Fasern vorkomme, behalte ich einer spätern Stelle vor.

Zuletzt muss ich noch mit einigen Worten der Controverse gedenken, ob die Linsenfäsern solid oder, wie Kölliker will, Röhren mit

1) Anatomisch-histologische Unters. über Fische und Reptilien. Berlin 1853. S. 98.

2) Archiv für Ophthalmol. Bd. III, Abth. 1. S. 52.

3) Ebendas. Bd. IX, Abth. 2. S. 15.

flüssigem Inhalt seien. Die letztere Vorstellung, die den Namen „Linsenröhren“ geschaffen hat, wird, wie mir scheint, schon dadurch widerlegt, dass isolirte Fasern und selbst Bruchstücke derselben ihre prismatische Gestalt behaupten. Häutige, flüssigkeithaltige Röhren müssten, wenn der gegenseitige Druck aufhört, Cylinderform annehmen und Bruchstücke derselben müssten zusammenfallen. Kölliker wurde zu seiner Annahme bewogen durch die Wahrnehmung, dass aus der zerfaserten Linse Tropfen einer hellen, zähen Substanz austreten; aber bekanntlich quellen derartige Tropfen aus mancherlei Geweben und Zellen hervor, die allgemein als fest- oder festweich angesehen werden, wie aus den Körpern der Infusorien, aus Epithelien, aus der Neuroglia des Gehirns und Rückenmarks u. A. und die Berufung auf die letztgenannte Masse ist um so gerechtfertigter, da die von den Linsenfasern ausgeschiedenen Tropfen mitunter vermöge ihrer unregelmässigen Formen und ihrer concentrischen Streifung an Myelin erinnern. Am entschiedensten spricht für die solide Beschaffenheit der Linsenfasern die Vacuolenbildung, die sich öfters in denselben, am häufigsten in den oberflächlichen und vor Allem in deren verdickten Enden einstellt. Dass die Fasern eine von dem Inhalt unterscheidbare Hülle besitzen, soll damit nicht in Abrede gestellt werden; die doppelten Conturen, die man an den Querschnitten der starken oberflächlichen Fasern der Linse grösserer Säugethiere wahrnimmt (Taf. III, Fig. 1a), lassen sich nicht wohl anders, denn als Begrenzungen einer äusseren Membran deuten.

---

Was die Hilfsmittel der Präparation der Linse betrifft, so bin ich nach mancherlei Versuchen bei einigen wenigen stehn geblieben. Die wichtigsten Aufschlüsse liefert das gehärtete Organ, da eine richtige Ansicht von der Form der Linsenfasern sich nur durch gegenseitige Controlirung der in verschiedenem Sinn geführten Durchschnitte gewinnen lässt. Zur Härtung wandte ich fast ausschliesslich Müller'sche Flüssigkeit an, die den grössten, wie den kleinsten Linsen die zum Schneiden zweckmässigste Consistenz verleiht. Trocknen und Alkohol

härten schneller, machen aber die Linse spröde und brüchig. Nur die weiche Vogellinse wird nach der Maceration in Müller'scher Flüssigkeit mit Vortheil noch 24 Stunden der Einwirkung des Alkohols ausgesetzt. Eine  $\frac{1}{2}$ - bis einprocentige Osmiumsäurelösung hat vor der Müller'schen Flüssigkeit den Vorzug, die Fasern tiefer zu färben, dringt aber nicht weit genug ein und lässt bei umfangreichern Linsen das Innere weich. Auch zur Isolirung der Fasern kann ich mässig in Müller'scher Flüssigkeit oder in Osmiumlösung gehärtete, so wie in kochendes Wasser getauchte Linsen empfehlen, doch eignet sich dazu noch besser die altgewohnte Anwendung der Salz- oder Salpetersäure, die das Organ ohne weitere Präparation, auf blossen Druck, in seine Elemente zerfallen machen. Dass die durch Reagentien gewonnenen Resultate, so weit es möglich ist, an frischen Linsen verificirt werden müssen, versteht sich von selbst. Eignen sich frische Linsen nicht zu wirklichen Querschnitten, so bekommt man doch aus denselben oft genug optische Querschnitte zu Gesicht, wenn einzelne Fasern und Fasergruppen sich falten oder umbiegen (Taf. IV. Fig. 2).

Die Vacuolenbildung in den äussern Faserlagen und zumal in den verdickten Enden der äussern Fasern vermochte ich durch keines der versuchten Mittel aufzuhalten; sie hatte bereits stattgefunden, wenn ich auch noch so eifertig das dem eben getödteten Thier entnommene Präparat auf den Objecttisch brachte. Ebenso rasch, als die Bildung der Vacuolen in den Fasern, erfolgt der Austritt der bereits erwähnten Eiweisskugeln aus denselben, der die Fasern in noch höherem Grad verunstaltet, als es durch die Vacuolen geschieht. Durch die zwischen die Fasern sich eindringenden Kugeln werden die erstern stellenweise zusammengedrückt, so dass sie ein variköses Aussehen erhalten; anderwärts hängen sich die Kugeln an die Fasern und namentlich an deren Enden so fest an, dass die beiderseitigen Grenzen unkenntlich werden und die Fasern mit kolbenförmigen, oft sehr unregelmässigen Anschwellungen versehen scheinen. Dass vorzugsweise in den Nähten der Linse die Eiweisstropfen sich sammeln und, in erhärtenden Flüssigkeiten gerinnend, die Nähte zu Spalten erweitern, habe ich schon früher angegeben. In

Fischlinsen sah ich öfter an der Oberfläche concentrische Spalträume zwischen den Faserschichten von eigenthümlich verzweigten, mit kurzen abgerundeten Aesten versehenen Massen durchzogen, die ich auch nur für eine besondere Art von Eiweissgerinsel halten kann.

Nicht selten erhalten sich die äussersten Faserschichten unverändert und beschränkt sich die Vacuolenbildung auf einige weiter nach innen befindliche Lagen; es schien mir in diesen Fällen, auf welche ich zurückkomme, als ob das Schwinden des Kerns der Linsenfasern Antheil an der Entstehung der Vacuolen hätte.

Die Kapsel hindert die Einwirkung der Reagentien nicht; ich fand es sogar, namentlich bei Fischaugen, gerathen, die ganze vordere Hälfte des Bulbus einzulegen, um die Pole der Linse unterscheiden und danach die Richtung der Schnitte bestimmen zu können.

---

Die Resultate meiner Untersuchungen lassen sich von zwei Gesichtspunkten aus ordnen, von einem histologischen und einem vergleichend anatomischen oder morphologischen. Da keine der manchfaltigen Formen der Linsenfasern ausschliesslich Einer Thierklasse angehört und da selbst in den verschiedenen Schichten Einer und derselben Linse die Formen wechseln, so müssen wir mit der Aufzählung und Beschreibung dieser Formen beginnen, wobei ihre Verbreitung erst in zweiter Linie zur Sprache kömmt, ebenso wie man bei der histologischen Beschreibung der Epithelien zuerst die Arten unterscheidet, und dann deren Fundort nachweist. Dann aber erheben wir die Classen und Ordnungen der Thiere zum Eintheilungsprincip, um zu erfahren, wiefern die anderweitig begründete Verwandtschaft der Thiergeschlechter sich im Bau der Linse bewähren möge. Beiden Schilderungen, der histologischen und der vergleichend anatomischen, schicke ich einige Bemerkungen über die Entwicklung der Linse voraus, die sich auf die Anordnung der Fasern beziehen. Diese ist im Wesentlichen bei allen Wirbelthieren die nämliche; die Eigenthümlichkeiten des Faserverlaufs, welche die Linsen verschiedener Thierklassen darbieten, sind Variationen eines sehr einfachen Typus, den die Entwicklungsgeschichte enthüllt hat.

## Zur Entwicklungsgeschichte.

Die Substanz der Linse entspricht, den Grundzügen ihrer Bildung zufolge, einem zweischichtigen Epithel, dessen vordere Schichte seit Anwendung des Mikroskops als inneres Epithel der vordern Kapselwand beschrieben wurde, dessen hintere Schichte, das Epithel der hintern Kapselwand, zu Fasern auswächst, welche die Linse in meridionaler Richtung durchsetzen um den Raum zwischen der hinteren Kapselwand und dem Epithel der vordern auszufüllen. Als Epithelzellen deutet man beide Schichten, weil sie, wie Remak fand und alle Nachfolger bestätigten, einer Einstülpung des die primäre Augenblase bedeckenden Epithels ihren Ursprung verdanken. Die beschriebene regelmässige Schichtung gehört indess nur einer bestimmten Zeit der Entwicklung an. Ich kann die Angabe Kessler's<sup>1)</sup> nur bestätigen, dass beim Hühnchen anfangs sowohl die vordere wie die hintere Wand der Linse aus mehreren Zellenlagen besteht. Noch ehe die Abschnürung vollendet ist, bei einem Hühnchen in der 60. Stunde der Bebrütung, hat die Zellenlage, welche den Grund der Einstülpung bedeckt, eine Mächtigkeit von 0,023 mm., während die Zellenlage der freien Oberfläche der Haut, aus welcher die Einstülpung hervorgeht, nur 0,016 mm. mächtig ist. Auch sind die Zellen jener Schichte bereits in der Richtung der Linsenaxe verlängert, während die Zellschichten, die nach dem Abschluss der Einstülpung die vordere Wand bedecken, eine mehr kuglige Form besitzen. Nach Iwanoff und Arnold<sup>2)</sup> ist das Innere der Linse von Zellen erfüllt, die sich nicht in Fasern umwandeln, sondern zur Einschmelzung bestimmt sein sollen. Meine Beobachtungen stimmen mit Babuchin's<sup>3)</sup>, Lieberkühn's<sup>4)</sup> und Kessler's Abbildungen überein, die den von der vordern und hintern Zellschichte anfänglich umschlossenen Raum vollkommen hell, von klarer Flüssigkeit erfüllt, darstellen.

---

1) Zur Entwicklung des Auges der Wirbelthiere. Leipz. 1877. S. 8.

2) Graefe und Saemisch, Handb. d. Ophthalmologie. Bd. I, S. 312.

3) Würzburger naturwissensch. Zeitschr. Bd. IV, 1863. S. 84. Fig. 8.

4) Schriften der marburger naturwissensch. Gesellschaft. Bd. X, 1872. S. 299.

Erhärtende Mittel veranlassen eine Gerinnung dieser Flüssigkeit, die leicht das täuschende Bild von Zellen gewähren kann. Nach 90stündiger Bebrütung, bei einem Aequatorialdurchmesser der Linse von 0,45, einer Axenlänge von 0,22 mm. ist die Flüssigkeit dadurch verdrängt, dass die Zellen der hintern Lage sich je in Fasern von axialer Richtung verlängern, die nunmehr, in einfacher Reihe, mit den hintern Enden an die hintere Kapselwand, mit den vordern Enden an die hintere Fläche der vordern Zellenlage stossen (Taf. I. Fig. 2). Ob die letztere ein- oder mehrschichtig ist, lässt sich wegen der Schwierigkeit, unversehrte und hinreichend dünne Durchschnitte zu gewinnen, schwer entscheiden; sie hat eine Mächtigkeit von 0,034 mm. Der Durchmesser ihrer runden Kerne beträgt 0,0046 mm. und kaum grösser, wenn auch zum Theil schon um Weniges in die Länge gezogen, sind die Kerne der Fasern.

In der Linse eines Kaninchen-Embryo von 16 mm. Länge fand v. Becker<sup>1)</sup> die von der hintern Wand ausgehenden Fasern zwar in Berührung mit dem Epithel der vordern Wand, das letztere aber noch mehrschichtig. Eine einfache Reihe der Fasern und eine einfache Schicht der Epithelzellen traf ich bei ziemlich reifen Kaninchen-Embryonen, deren Linse im Aequator  $3\frac{1}{2}$ , in der Axe  $2\frac{1}{2}$  mm. mass (Taf. I. Fig. 4). Die Höhe der Epithelzellen an der vordern Wand der Kapsel betrug 0,018 mm., ihre Breite, gleich dem Durchmesser des kugeligen Kerns, 0,001 mm. Ihrer Form nach entsprachen diese Zellen also mehr einem cylindrischen als dem Pflasterepithel, welches beim Erwachsenen die innere Oberfläche der Kapsel bedeckt. Die elliptischen Kerne der Fasern hatten, bei der nämlichen Breite, wie die Epithelzellen, im längern Durchmesser 0,014 mm.

In diesem Stadium erhält die Linse die Form, von der sie ihren Namen trägt, nur durch die vom Rand gegen die Axe zunehmende Länge der Fasern, deren Krümmung, im Gegensatz zu der spätern meridionalen, vielmehr bis in die Nähe der Axe eine schwache, dem Rande zugekehrte Concavität zeigt. Durch Auflagerung neuer Fasern, die sich

---

1) a. a. O. S. 6. 16. Taf. III, Fig. 2. \*

von Pol zu Pol oder von Naht zu Naht erstrecken, werden die Enden jener embryonalen Fasern von der Berührung mit dem vordern Epithel und der hintern Kapselwand abgedrängt; zugleich muss die Krümmung der auswärts concaven sich in die entgegengesetzte umwandeln, da man im Centrum der erwachsenen Linse zwar kurze gerade, aber ihnen zunächst nur axenwärts gebogene Fasern findet und immer nur ein, je nach den Gattungen wechselndes Contingent der äussersten, also jüngsten Fasern sich dem Rande zuneigt. Die Auflagerung ist einfach symmetrisch bei Thieren mit punktförmigem Pol; öfters findet sich am hintern Pol, bevor die Spitzen der Fasern einander erreicht haben, eine Einbiegung oder ein gegen das Centrum sich zuspitzender kegelförmiger Canal<sup>1)</sup>. Wie sich diese Lücke an der Linse der Säugethiere mit dreistrahligter Naht gestaltet, beschreibt Woinow<sup>2)</sup>. Die Kügelchen, welche von mehreren Beobachtern innerhalb der Lücke und dem Raum zwischen der Linsensubstanz und der hintern Wand der Kapsel gefunden wurden, sind Zersetzungsproducte.

Bleibe die epitheliale Bedeutung der Linsenfasern oder die Identität der Epithel-artigen und der fasrigen Elemente der Linsenkapsel noch einem Zweifel unterworfen, so würde er widerlegt 1) durch den Ring oder Ringwulst der Vögel und Reptilien, der durch Fasern erzeugt wird, welche sich parallel der Aequatorialebene und successiv sich verlängernd aus Epithelzellen der vordern Kapselwand entwickeln; 2) durch den ebenso successiven Uebergang der Epithelzellen in die äussersten kernhaltigen Linsenfasern. Es ist mir gelungen, diesen Uebergang an den Linsen aller Wirbelthiere, auch des Menschen (Taf. I Fig. 10) und der Fische (Taf. IX Fig. 8.) nachzuweisen, wo man ihn freilich, der Analogie nach, mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen durfte. Er trifft an flachen Linsen mit dem Aequator zusammen; an kugligen Linsen und an solchen mit Ringwulst fällt er mehr oder weniger weit zurück in die

---

1) Würzburg, Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde. Bd. V. Abth. 2. 1876. S. 251.

2) Wiener Sitzungsberichte. Bd. LX. Abth. 2. 1869. S. 151.

hintere Hälfte der Linse. Immer aber gestaltet er sich auf einem der Axe parallelen und durch die Axe geführten Durchschnitt zu einer Art von Wirbel, der um so auffallender wird, je höher die Epithelzellen und je dicker die äussern Linsenfasern. Er ist deshalb am zierlichsten an der Linse der Vögel (Taf. VI. Fig. 2), wo der Uebergang zwischen Epithel und Linsenfasern durch die langen Faserzellen des Ringwulstes vermittelt wird. Indem diese gegen das hintere Ende des Ringwulstes eine immer schrägere, mit dem innern Ende mehr und mehr vorwärts geneigte Stellung annehmen, kommen sie zuletzt in die Flucht des innern Randes des Ringwulstes zu liegen und nun schliessen sich, ohne dass es möglich wäre, eine bestimmte Grenze zu bezeichnen, die Linsenfasern an, die von der Kapsel zum innern Rande des Ringwulstes sich erstrecken, je weiter nach innen, um so höher hinauf an denselben sich anlegen mit seitwärts gerichteter Concavität, die sich dadurch, dass jede Faser gegen ihre beiden Enden breiter wird, allmählig in die entgegengesetzte umwandelt. Bei Säugethieren (Taf. II Fig. 1. 2) nehmen die Epithelzellen nur wenig an Höhe zu, bevor sie sich vom innern Ende aus in feine Fasern verlängern, die sich vor den nächst obern Zellen an deren innerer Fläche aufwärts schlagen und an dieselben anlegen, die ersten zugespitzt, die folgenden mit verbreiterten obern Enden, wobei zugleich der Kern in jeder folgenden Faser weiter von der Kapsel ab- und in den Fasern vorwärts rückt. Die Plattheit der Fasern der menschlichen und besonders der Fischlinse ist Schuld, dass an ihnen der Uebergang der Zellen in Fasern nur schwer und nur an sehr dünnen Durchschnitten sich constatiren lässt.

In der Umwandlung der Epithelzellen zu Linsenfasern scheint auch der Schlüssel für das Wachsthum der Linse zu liegen. Es ist leicht, sich vorzustellen, wie die Faserschichten derselben durch Auflagerung sich mehren, wenn eine Zeit lang von der Grenze des Epithels Zellen nachrücken, um sich zu Fasern umzubilden, während die in diesem Umbildungsprocesse vorangegangenen, in dem Maasse, wie sie von der Oberfläche abgedrängt werden, an Länge zunehmen. Der Ersatz für die äussersten, in Linsenfasern sich umwandelnden Zellen wird, nach

Kölliker<sup>1)</sup> und v. Becker<sup>2)</sup> dadurch geboten, dass die der Grenze nächsten Epithelzellen in einem beständigen Vermehrungsprocesse begriffen sind. Kölliker begründet die Annahme einer Vermehrung der Zellen durch Theilung auf die Anhäufung kleinerer Zellen mit kleineren Kernen, die den Uebergang zu den Fasern bilden sollen; v. Becker will an den dicht aneinander liegenden, von geringen Mengen Protoplasma umgebenen Kernen deutliche Theilungen wahrgenommen haben. Auch Frey<sup>3)</sup> spricht von Kerntheilungen in den Linsenfasern eines achtmonatlichen menschlichen Fötus. Mir ist es ebenso wenig, wie Zernoff<sup>4)</sup> und Iwanoff und Arnold<sup>5)</sup> geglückt, unter den Zellen des Epithels Formen ausfindig zu machen, die auf Theilungsvorgänge zu schliessen erlaubten und ich vermag nicht einmal die von Kölliker und v. Becker behauptete Anhäufung verkleinerter Zellen an der Grenze des Epithels zu bestätigen. Die Linse des Kaninchen-Embryo (Taf. I. Fig. 4) lässt auf den ersten Blick eine solche Deutung zu; eine genauere Prüfung des Objects lehrt aber, dass die Lage der Zellen an der fraglichen Stelle ebenso einfach ist, wie an allen übrigen; der Anschein einer mehrschichtigen Lage kleinerer Zellen wird nur dadurch erzeugt, dass die Zellen, die bereits in Fasern auszuwachsen begonnen haben, sich in einander drängen, und mit den kernhaltigen Anschwellungen in einander fügen, so dass dieselben in verschiedenen Höhen liegen, und die dünnen faserartigen Fortsätze zwischen ihnen sich verbergen (Taf. I. Fig. 5).

Indem ich die Frage, wie die Neubildung der Fasern an der Oberfläche der Linse vor sich gehe, als eine offene hinstellen muss, beabsichtige ich nicht, die Wahrscheinlichkeit, dass die neuen Fasern von der Oberfläche aus angefügt werden, zu verdächtigen und wünsche nicht, dass meine Zweifel benützt werden, um die neue Theorie des

1) Mikroskop. Anat. Abth. II. S. 731.

2) a. a. O. S. 5.

3) Handbuch der Histologie und Histochemie. 4. Aufl. S. 287.

4) Archiv für Ophthalm. Bd. XIII. 1867. S. 529.

5) a. a. O. S. 291.

Wachsthums der Linse, welche Ritter auf die Untersuchung des Kernes derselben gründet, zu stützen.

Im Centrum der Froschlinse sah Ritter<sup>1)</sup> kurze, unregelmässige, gegen beide Enden zugespitzte, zum Theil kernhaltige Fasern. Nachdem er sich über deren Bedeutung in seiner ersten Abhandlung sehr zurückhaltend ausgesprochen, in einer zweiten<sup>2)</sup> dieselben für verbrauchte, nicht mehr fungirende Elemente erklärt hatte, weil ihrem Kern das Kernkörperchen mangle und weil sie bei alten Fröschen nicht seltener seien, als bei jungen: liess er sich durch den sogleich zu erwähnenden Befund an Säugethierlinsen später verleiten, die Linse des Frosches denjenigen zuzuzählen, die durch Bildung neuer Fasern vom Centrum aus wachsen.

Für diese Art des Wachsthums, für ein Bildungscentrum im Kern der Linse, glaubt nämlich Ritter neuerdings<sup>3)</sup> die Beweise in den Linsen von jungen Säugethieren, namentlich von Kälbern und Katzen, gefunden zu haben. Er sah einen Raum im innersten Kern der Linse von „ungeheuern“, länglichen (bis 0,1 mm. langen und 0,04 mm. breiten), granulirten Körpern erfüllt, die zuweilen einen schwach conturirten Kern enthalten und von einer ihrer schmalen Seiten eine Anzahl (4 und mehr) paralleler Aeste aussenden. Er erklärt die granulirten Körper für Zellen, die Aeste, in die sie sich fortsetzen, für aus den Zellen hervorsprossende Linsenfasern und nimmt an, dass die Zelle zuletzt sich von der Abgangsstelle der Aeste aus rückwärts in ebenso viele Theile spalte, als sie Aeste getrieben hat. Der Rest des Zellenleibes, der mit der Faser in Verbindung bleibe, bilde das verdickte Ende der Faser, welches Ritter naturgetreu beschreibt und als Fuss der Faser bezeichnet. Ich werde im histologischen Theil auf dasselbe zurückkommen.

Die kurzen, geraden, verhältnissmässig breiten, rhombischen Fasern, die den Kern der Froschlinse ausmachen (Taf. VIII. Fig. 9. 10), sind

---

1) Archiv für Ophthalm. Bd. XII. Abth. 1. 1866. S. 17.

2) Ebendas. Bd. XIII. S. 451.

3) Ebendas. Bd. XXII. Abth. 2. 1876. S. 255. Abth. 4. S. 26.

leicht zu isoliren. Zernoff<sup>1)</sup> hat sie ebenfalls gesehn und abgebildet; von den Kernen sagt er, dass sie weder in den innersten Fasern constant, noch auf dieselben beschränkt seien; sie begegneten ihm auch vereinzelt in längern Fasern. Seine Angabe aber, dass die Kerne, wo sie in bündelweise vereinigten Fasern gesehn werden, stets an dem nämlichen Ende liegen, so wie seine Abbildung (Taf. V Fig. 10,c) erwecken den Verdacht, dass sich den Fasern des Kerns in Zernoff's Präparaten unbemerkt die kurzen Fasern der Rinde (Taf. VIII Fig. 11), die sich sehr leicht ablösen, beigemischt haben möchten.

Ich habe eine nicht geringe Zahl von Froschlinsen untersucht, ohne im Centrum derselben kernhaltige Fasern anzutreffen. Dagegen zeigten mir die Linsen von extremitätenlosen Froschlarven, Linsen, deren äquatorialer Durchmesser etwa 0,2 mm. betrug, an der vordern Wand ein Epithel aus einfachen, nicht ganz 0,001 mm. hohen Zellen und hinter dem Aequator den allmäligen Uebergang dieser Zellen in rhombische Plättchen die auch die äusseren Schichten der Linsensubstanz bildeten und offenbar auf dem Wege waren, zu Fasern auszuwachsen (Taf. I. Fig. 1). Was aber die Ritter'schen Zellen der Kalbslinse betrifft, die einer Anzahl von Fasern den Ursprung geben und sich dann in deren Füße sondern sollen, so sind es eben nur die bis zur Unkenntlichkeit der Grenzen miteinander verklebten Füße ebenso vieler gesonderter Fasern.

Die Art, wie die Fasern oder vielmehr die Zellen, aus welchen die Fasern hervorgehn, sich vermehren, ist nicht der einzige dunkle Punkt in der Entwicklungsgeschichte der Linse. Ich gedachte oben der Aenderung, die die Krümmung der äusseren Fasern der fötalen Linse erfahren muss, wenn sie von der Peripherie, an welcher sie auswärts concav sind, abrücken und die tiefere Lage einnehmen, in der wir sie nach Vollendung des Wachsthums finden. Diese Aenderungen lassen sich vielleicht aus mechanischen Wirkungen, Druck oder Spannung, erklären. Aber nicht nur von der Krümmung, sondern auch von der Form der Fasern müssten wir annehmen, dass sie nachträglich umgewandelt werde, wenn

1) A. a. O. S. 531.

wir in der Linse des Fötus und des neugeborenen Thiers die nämliche Succession der Formen finden, wie in der reifen Linse. Nähme das Volumen der Linse einfach durch Auflagerung von Schichte um Schichte zu, so müsste man erwarten, in der erwachsenen Linse, nachdem man sie durch Abschälen der äussern Schichten auf das Volumen der jugendlichen reducirt hat, die Art von Fasern zu finden, die in der jugendlichen die Oberfläche einnimmt. Diese Erwartung erfüllt sich nicht. In den Linsen aller Wirbelthiere besteht, wie ich bereits erwähnte, die äusserste Rinde in grösserer oder geringerer Mächtigkeit aus völlig glatten, meist regelmässig sechsseitig prismatischen und verhältnissmässig dicken Fasern. In der Linse des erwachsenen Menschen, deren aequatorialer Durchmesser 9 mm. beträgt, ist diese platte Faserschichte 0,15 mm. stark. Eine ganz ähnliche, nur etwas stärkere Schichte glatter Fasern findet sich aber auch in der Linse des 7monatl. Fötus, die nur 6 mm. im Aequator misst und diese Fasern müssen also, während sie von andern überlagert wurden, die feinzackigen Conturen und die Platttheit angenommen haben, die den tiefern Fasern der erwachsenen Linse eigen sind. Das gleiche Resultat liefert die Vergleichung der Linse von neugeborenen Katzen, Hunden, Kaninchen, Kälbern und von frisch ausgekrochenen Hühnchen mit den Linsen der entsprechenden ausgewachsenen Thiere, sowie die Vergleichung von kleinen und grossen Linsen der nämlichen Fische<sup>1)</sup>. Es stimmt damit und spricht für eine nachträgliche Umwandlung der glatten Fasern in gezähnelte, dass die äussere Schichte glatter Fasern bei sehr alten Geschöpfen meist nur eine sehr geringe Mächtigkeit besitzt.

Eine Eigenthümlichkeit des Baues der fötalen Linse scheint die

---

1) So zeigte bei Vergleichung zweier Linsen von *Trygon violacea*, von denen die Eine 3,5, die andere 10 mm. im äquatorialen Durchmesser hatte, die kleinere die nämliche Succession der Schichten, wie die grössere. Die regelmässig sechsseitigen abgeplatteten Fasern der Rinde der kleinern Linse hatten am Aequator 0,01—0,012 mm. Breite auf 0,0025 Dicke. Die äusseren Fasern der grossen Linse, nachdem ich dieselbe bis auf die Dimension der kleinern abgeschält hatte, massen 0,0675 in der Breite auf 0,0035 Dicke.

Umwandlung der glatten Fasern in feinzackige vorzubereiten. Auf dem Aequatorialschnitt finden sich überall, wo die Conturen der polygonalen Faserquerschnitte aufeinander treffen, feine Pünktchen, die, wenn der Schnitt eine gewisse Mächtigkeit hat, beim Heben und Senken des Tubus nicht verschwinden (Taf. I. Fig. 6). Ich kann sie demnach nur für Durchschnitte von Kanälchen halten, welche anfänglich die Linse parallel den eigentlichen Linsenfäsern durchziehn und durch die auswachsenden Ränder der letztern später ausgefüllt werden.

Auf eine andere Eigenthümlichkeit der Linse von Embryonen und neugeborenen Thieren hat Ritter die Aufmerksamkeit gelenkt, ohne jedoch die Ursache derselben zu ergründen, ich meine die weissliche Trübung, die sich am Kern der frischen Linse bemerkbar macht. Sie rührt von feinertheiltem Fett her, welches die Fasern streckenweise und in beständig gleicher Anordnung erfüllt. Ein Aequatorialschnitt (Taf. I Fig. 7) giebt darüber Aufschluss. Die Querschnitte der centralen Fasern schliessen je ein paar kuglige Fetttropfen oder auch einen grösseren ein, der sich wie der Kern einer polygonalen Zelle ausnimmt; es bedarf kaum der Bemerkung, dass er in keiner Beziehung zu den Kernen steht, die erst in den äussern Faserschichten auftreten.

Die Fettkügelchen aber beschränken sich auf die tiefern Regionen der Linse; sie werden, vom Centrum angefangen, allmählig feiner und zahlreicher und zuletzt zu staubförmigen Molekülen, welche die Conturen der Fasern verdecken. So sah ich sie regelmässig in der Linse von Katzen und Kaninchen noch am 8ten Tage nach der Geburt, einmal auch in der Linse einer 14 Tage alten Katze, ferner in den Linsen neugeborner Ziegen und Kälber und eben ausgeschlüpfter oder dem Ausschlüpfen naher Hühnchen.

Ich werfe noch einen Blick auf die Metamorphosen des Kerns. Dass er sich mit den Fasern abplattet, wenn auch öfters noch eine Auftreibung derselben veranlasst, und dass er mit der Umwandlung der Zellen in Fasern aus der kreisrunden Form in die elliptische übergeht, ist bekannt. Die kuglige Form des Kerns kann sich erhalten, wie z. B. in der Rindenschicht des Kaninchens (Taf. IV. Fig. 11). Kuglig und

verhältnissmässig klein sind ausnahmsweise die Kerne der Linsenfasern mancher Knochenfische (Vgl. Tafel X. Fig. 10 von Pagellus). Manchfaltige und eigenthümliche Kerne, kürbiskern- und kolbenförmige, fand ich in der Linse des Pristiurus (Taf. IX. Fig. 5.) Die Stellung des Kerns innerhalb der Faser ist zunächst bedingt durch die Richtung, in welcher die letztere auswächst: anfänglich im hintern Ende der Faser gelegen, rückt er gegen die Mitte ihrer Länge dadurch vor, dass die Faser vorzugsweise in der Richtung gegen die hintere Kapselwand an Länge zunimmt (Taf. II Fig. 2). Die Richtung aber, nach welcher die Fasern auswachsen, ist durch ein Gesetz bestimmt, welchem alle Fasern Einer Linse gehorchen und dessen Ausdruck die sogenannte Kernzone ist, deren Form auf Meridionalschnitten erkennbar wird. Nur in der Linse von *Sorex pygmaeus* (Taf. V, Fig. 1) fand ich die Kerne regellos zerstreut; in der Linse des Maulwurfs (Taf. V Fig. 3) entfernen sie sich sämmtlich kaum von dem hintern Ende der Fasern; die Kernzone verläuft also concentrisch der hintern Kapselwand und dicht vor derselben. In den übrigen Wirbelthieren fällt die Kernzone entweder mit dem Aequator zusammen (Taf. I. Fig. 3), oder sie bildet, und dies ist bei den meisten Säugethieren und Vögeln der Fall, vom Aequator an einen der vordern Kapselwand concentrischen, jedoch in ansehnlicher Entfernung hinter ihr verlaufenden Bogen (Taf. I. Fig. 4. Taf. II. Fig. 2). Diese Form kann nur dadurch entstanden sein, dass in allen Fasern der hinter dem Kern gelegene Theil an Schnelligkeit des Wachsthums den vordern übertraf.

Da in den Linsen erwachsener Thiere die Fasern der inneren Schichten den Kern verloren haben, so darf man erwarten, Fasern zu begegnen, deren Kerne im Schwinden begriffen sind. Ich vermute, dass die hellern Querschnitte der Linsenfasern von *Strix flammea*, welche die Fig. 17 der VIIten Tafel zeigt, diese Bedeutung haben. Die Kerne scheinen von der Peripherie her zu atrophiren und die Vacuolen zurückzulassen, von welchen oben die Rede war. Aber auch die auf Taf. VIII. Fig. 1. abgebildeten, feinkörnigen Kerne der Linsenfasern des *Triton igneus* scheinen einer rückschreitenden Metamorphose verfallen zu sein. Ich

schliesse dies daraus, dass ich in andern Exemplaren desselben Amphibiums und der Salamandra maculosa dieselben Körnchen in ähnlichen, nur blasseren elliptischen Häufchen sah, ohne den scharfen äusseren Contur und offenbar auf dem Wege, sich zu zerstreuen. Nur beiläufig verweise ich auf die in der erwähnten Figur, neben den granulirten, abgebildeten Kernformen, um zu constatiren, dass das von Flemming<sup>1)</sup> an den Kernen der Knorpel-Epithel- und Bindegewebszellen des Salamanders wahrgenommene Netzgerüst auch in den Kernen der Linsenfaseru vorkömmt. Mit Langhans<sup>2)</sup> bin ich der Ueberzeugung, dass dasselbe das Product eines nach dem Tode eintretenden Gerinnungsprocesses ist.

### Histologischer Theil.

Wenn man unter „Linsenfaseru“ alle fasrigen Elemente begreift, die von der Kapsel umschlossen werden, so muss man zunächst zwei Arten derselben unterscheiden, die eigentlichen oder meridionalen Linsenfaseru und die Faseru des Ringwulstes (der Vögel und Reptilien). Wir haben Grund zu dieser Unterscheidung, obgleich beide Arten von Faseru aus Epithelzellen hervorgehn und obgleich die Uebergänge, deren ich oben gedachte, es schwer machen, gewissen Faseru ihre Stelle anzuweisen und zu bestimmen, wo die verlängerten Epithelzellen aufhören und die kurzen Linsenfaseru anfangen.

Folgende charakteristische und mehr oder minder durchgreifende Verschiedenheiten sind es, auf welche die Trennung der beiden Faserarten sich gründet:

1) Während die eigentlichen Linsenfaseru, bei ihrer sechsseitig prismatischen Gestalt, eine Tendenz zur Abplattung zeigen, die sie mitunter dünnen Bändern ähnlich macht, ist die Form der Faseru des Ringwulstes durchgängig eine ziemlich regelmässig prismatische, d. h. in den Grundflächen oder Querschnitten derselben herrscht keine Dimension vor; es

---

1) Archiv für mikroskop. Anat. XIII, 693.

2) Med. Centralbl. 1876. Nr. 50.

sind zudem ebenso oft regelmässige Fünf- als Sechsecke (Taf. VI. Fig. 12—14).

2) Von den eigentlichen Linsenfäsern sind in der Regel nur die der äusseren Schichten kernhaltig und da ursprünglich alle Fasern der Linse Kerne besitzen und wir die äusseren Schichten für die jüngsten halten müssen, so kamen wir zu dem Schlusse, dass die eigentlichen Linsenfäsern mit der Zeit die Kerne verlieren. Die Fasern des Ringwulstes behalten ihre Kerne. Die Verschiedenheit der Form der Fasern bedingt es, dass die Kerne der eigentlichen Linsenfäsern meist platt und länglich, die Kerne der Ringwulstfasern kuglig sind. Auch bleiben die letztern durchgängig im äussern Ende der Fasern liegen oder rücken doch nur um Weniges und gleichmässig von der äusseren Endfläche ab nach innen.

3) Keine der manchfaltigen Arten Unebenheiten, die an den Rändern der eigentlichen Linsenfäsern sich finden, wie Zähne, Härchen, Stacheln u. A. kommen an wohl erhaltenen Fasern des Ringwulstes vor. Ihre Conturen sind eben oder leicht gekräuselt (Taf. VI. Fig. 7) und von dieser Kräuslung ist es fraglich, ob sie nicht schon den Beginn einer Leichenveränderung anzeige. Eine unzweifelhafte Leichenerscheinung, Folge des durch ausgetretene Eiweisstropfen geübten Drucks, ist die gezackte Form, die die Stäbchen des Ringwulstes, meistens nur in ihrer äussern Hälfte, annehmen. Es kann dadurch der täuschende Anschein einer Zähnelung entstehen, der an die unregelmässige Zähnelung mancher Säugethierlinsenfäsern erinnert (Taf. VI. Fig. 10).

4) Eine Leichenveränderung ist auch die gleichmässige feinkörnige Trübung, der die äussersten meridionalen Fasern der Linse fast beständig verfallen. Dieselbe Trübung kömmt, wiewohl viel seltener, an Fasern des Ringwulstes vor. Ebenso theilen beiderlei Fasern miteinander die Neigung zur Vacuolenbildung. Den Fasern des Ringwulstes eigenthümlich ist dagegen eine Umwandlung, die ich kurz als „Variköswerden“ bezeichnen will, obgleich sie mit der Bildung der regelmässigen Varicositäten, wie man sie an den Nervenfasern des Centralorgans sieht, nichts gemein hat. Die Fasern werden stellenweise, einseitig oder im ganzen

Umfange, bauchig aufgetrieben, indess sie sich an andern Stellen zu feinen Fäden verdünnen; hier und da scheinen diese Fäden verschmolzen mit ausgetretenen Eiweisstropfen, die sich auch an den innern Enden der Fasern massenhaft ansammeln (Taf. VI. Fig. 9).

a. Fasern des Ringwulstes.

Gegenüber der grossen Mannfaltigkeit der Gestalten, welche die eigentlichen Linsenfaser darbieten, zeichnen sich die Fasern des Ringwulstes durch Gleichförmigkeit aus, so dass nicht einmal die Fasern des Ringwulstes der Vögel und der Reptilien anders, als durch eine etwas grössere Widerstandsfähigkeit der letztern, von einander unterschieden sind. Der Veränderungen, welche die Ringwulstfasern alsbald nach Entfernung der Linse aus dem lebenden Auge erfahren, habe ich so eben gedacht. In verdünnter Salzsäure scheinen sie sich etwas besser zu conserviren, als in Müller'scher Flüssigkeit. Aber öfters zeigen die beiden Linsen desselben Vogels, unter denselben Bedingungen aufbewahrt, ein verschiedenes Verhalten, dessen Ursache ich nicht anzugeben weiss.

Die auffallendste Verschiedenheit bieten die Ringwulstfasern in der Länge dar, die sowohl in dem einzelnen Auge vom Rande des Epithels bis zum Wirbel erst zu- und dann wieder abnimmt, als auch in den Augen verschiedener Geschöpfe relativ und absolut verschiedene, typische Dimensionen erreicht. Form und Lage des Ringwulstes, sowie das Verhältniss seiner Breite zum Durchmesser der Linse sollen in dem vergleichend anatomischen Theil besprochen werden; hier sei nur erwähnt, dass es Vögel giebt, bei welchen die Länge der Ringwulstfasern einem Viertel des Aequatorialdurchmessers der Linse gleichkömmt.

Ich habe erwähnt, dass die Fasern ziemlich regelmässig fünf- oder sechsseitig sind. Ihr Durchmesser hält sich zwischen 0,005 und 0,008 mm.; nur die kurzen Fasern, die den Uebergang zu den meridionalen Fasern bilden (Taf. VI. Fig. 11), sind etwas stärker. Die, welche ich für die am besten conservirten halten muss, fand ich in der ganzen Länge gleichmässig dick (Taf. VI. Fig. 7); auch hierin machen die kürzeren

eine Ausnahme, indem sie theilweise der Kapsel mit etwas verbreitertem Fuss aufsitzen. Von den gleichmässigen Einschnürungen oberhalb des Fusses, die ich Taf. VI. Fig. 8 abgebildet habe, ist es schwer zu glauben, dass sie das Resultat einer zufälligen Zersetzung seien; doch sind sie mir nur ganz ausnahmsweise begegnet. Ebenso selten veranlasst der Kern eine leichte Anschwellung der Faser und dann liegen, den Ringwulst im Profil betrachtet, die Kerne nicht ganz genau in Einer Reihe. Viel häufiger füllen sie die Fasern nicht völlig aus und sind in allen Fasern so gleich weit von der Kapsel entfernt, dass die Einstellung des Focus auf die kernhaltigen Stellen der Fasern das Bild eines regelmässigen kernhaltigen Pflasterepithels gewährt (Taf. VI. Fig. 14b).

An Ort und Stelle haben die Fasern des Ringwulstes einen ganz geraden oder schwach gekrümmten Verlauf. Im isolirten Zustande haben sie die Neigung, sich sanft wellenförmig zu kräuseln.

Die Trübung, die ich oben erwähnte, stellt sich mitunter nur bei einzelnen Fasern, ohne bestimmte Ordnung, ein (Taf. VI. Fig. 12a). Sehr häufig zeichnet sich eine Anzahl der den Wirbel begrenzenden Fasern durch Undurchsichtigkeit aus (Taf. VI. Fig. 2).

Dunkel und undurchsichtig — bei auffallendem Lichte weiss — erscheinen die Fasern auch in Folge der rauhen Beschaffenheit, die sie durch den Austritt feiner Eiweissstropfen annehmen. Ich habe gesagt, dass diese Veränderung auf die äusseren Theile beschränkt ist. Die Grenze, bis zu welcher sie vorschreitet, ist in verschiedenen Augen verschieden, aber in jedem Ringwulste für alle Fasern die gleiche.

Ich habe nur noch von dem innern Ende der Fasern des Ringwulstes zu bemerken, dass es bald plan, bald leicht gewölbt erscheint (Taf. VI. Fig. 8\*). Kolbig angeschwollen (Taf. VI. Fig. 9) findet man es nur, wenn Ringwulst und meridionale Fasern durch eine Schichte Flüssigkeit von einander geschieden sind.

#### B. Eigentliche Linsenfasern.

Zwei Hauptformen der Fasern, welche die Substanz der eigentlichen Linse bilden, wurden schon am Eingange dieser Abhandlung unter-

schieden; ich glaube sie am besten durch die Ausdrücke scharf- und stumpfrandig zu bezeichnen, die denn freilich noch einer Erläuterung bedürfen.

Die Unterscheidung lässt sich mit Sicherheit nur an Durchschnitten der Linse bewerkstelligen, welche die Fasern im Querschnitte treffen. Auf solchen Durchschnitten bilden die scharfrandigen Fasern eine Mosaik von sechsseitigen, meist in die Breite gezogenen Plättchen, woraus bekanntlich und mit Recht die sechsseitig prismatische Gestalt der Fasern erschlossen wird. In der Mosaik des Querschnitts (vgl. beispielsweise Taf. III. Fig. 1) alterniren die Plättchen so, dass der seitliche Contur einer jeden Längsreihe eine Zickzacklinie darstellt, in deren Vertiefungen die Vorsprünge der benachbarten Längsreihen eingreifen. Den Scheitel des Winkels, der von den beiden Seitenrändern des Sechsecks eingefasst wird, und der auf die Trennungslinie der je in einer Reihe übereinander gelegenen Sechsecke stösst, bezeichne ich als Rand; er entspricht einer Kante des Prisma und ich nenne ihn scharf, abgesehen von der Grösse des Winkels, dessen Scheitel er bildet. In der That kann dieser Winkel so stumpf werden, dass die Schenkel, die ihn einschliessen, zusammen eine fast gerade Linie ausmachen und die sechsseitigen Figuren sich in vierseitige verwandeln (Taf. I. Fig. 9. Taf. VIII. Fig. 8).

Unter den scharfrandigen Fasern giebt es solche mit geraden, mit wellenförmigen und mit mehr oder minder tief und regelmässig ausgeschnittenen Rändern (Taf. II. Fig. 4. 7. 8). Fasern der letztern Art hatten die Beobachter vor sich, die den Linsenfäsern gewisser Säugethiere eine den Fasern der Fischlinse ähnliche Zähnelung zuschrieben. Wie weit diese Aehnlichkeit sich erstreckt, wird sogleich erhellen.

Im Gegensatz zu den scharfrandigen Fasern, die der grossen Mehrzahl der Wirbelthiere eigen sind, kommen bei den Knochenfischen, wenige Gattungen ausgenommen, Fasern vor, die mit stumpfen abgerundeten Rändern in einander greifen. Der Gegensatz zwischen diesen stumpfrandigen und den eben erwähnten gezahnten scharfrandigen Fasern ist an Flächenansichten isolirter Lamellen nicht wahrnehmbar. Wenn man Fig. 4 und 8 der zweiten Tafel mit Fig. 3a der zehnten vergleicht.

so kann man meinen, die gleiche, in der letztern Abbildung nur regelmässiger Zähnelung vor sich zu haben. Der Querschnitt berichtigt diesen Irrthum. Die gezahnten Fasern der Säugethiere gewähren auf dem Querschnitt dasselbe Bild einfacher Mosaik, wie die ungezahnten; nur sind, was sich leicht erklärt, die Sechsecke von minder gleichmässiger Breite (Taf. II. Fig. 5. Taf. V. Fig. 5) und nicht selten wechseln, wie in Taf. III. Fig. 4, Reihen breiterer und schmalerer Querschnitte regelmässig miteinander ab, wenn in der Flächenansicht der Fasern die Zacken an beiden Rändern einander regelmässig gegenüberstehn.

Einen ganz andern Anblick gewährt der Querschnitt der mit Zähnelungen versehenen Fasern der Fische (Taf. X. Fig. 1b, 8b). Es sind platte, im Querschnitte vierseitige Bänder, längs beiden Rändern mit gestielten, kugelförmigen Fortsätzen besetzt, deren Durchmesser der Dicke der Fasern gleichkömmt und deren Stiele dazu dienen, zu zweien je eine Lücke zu begrenzen, in welche der kuglige Fortsatz der nebenanliegenden Faser aufgenommen wird. Ich werde auf diese Art von Fortsätzen den Namen Zähne und Zähnelungen beschränken und die den Säugethierlinsen eigenthümlichen, scharfen Hervorragungen der Ränder Zacken, die mit solchen Hervorragungen versehenen Fasern zackig nennen. Bequemer, als am Querschnitt, lässt sich der Unterschied der Zähne und Zacken an Gruppen der Fasern erkennen, welche auf der Kante liegen und eine Kante aufwärts kehren. Die Ränder zackiger Fasern präsentiren sich alsdann als einfache Linien und wenn sie, wie dies häufig der Fall ist, in einer Anzahl übereinander liegender Fasern gleichförmig ausgeschnitten sind, als Liniensysteme (Taf. II. Fig. 8. 9.); durch stärkere Linsen und zweckmässige Beleuchtung kann man die scharfen Ränder und die von ihnen umfassten Vertiefungen, die zur Aufnahme der nächsten Zackenreihe bestimmt sind, zur Anschauung bringen (Taf. II. Fig. 6). Dagegen zeigen die Fasern der Fischlinse, vom Rande gesehen (Taf. X. Fig. 3b), die Querreihen der kugligen Zähne, die wie ich oben erwähnte, schon lange gekannt und anfänglich als Querstreifen der Linsenfasern beschrieben worden sind.

Zwei Arten von Fasern giebt es, die sich weder unter die scharf-

noch unter die stumpfrandigen einreihen lassen: erstens die, denen die seitliche Kante fehlt, weil der Winkel, den die Seitenflächen der prismatischen Faser einschliessen, nahezu  $180^{\circ}$  erreicht. So sind die vierseitig prismatischen Fasern der Froschlinse beschaffen (Taf. VIII. Fig. 8). Ihre Seitenfläche ist mit sehr feinen, dichten Querleistchen besetzt (Fig. 5), mit denen sie sich gegenseitig ineinanderfügen, die aber weder mit den Zacken noch mit den Zähnelungen zusammengestellt werden können. Bei den Fasern der zweiten Art, die bei einer Anzahl von Knochenfasern vorkommen (Taf. X. Fig. 6d), lässt die excessive Platttheit eine Unterscheidung zwischen scharf- und stumpfrandiger Verbindung nicht zu; hier ist wohl nur eine einfache Verzahnung der Ränder möglich und die Vergleichung mit den Schädelnähten an ihrem Platze.

Ich wende mich zu den Varietäten der Linsenfasern und betrachte der Reihe nach die glatten, die gezackten und gezahnten. Von glatten Fasern ist hier nur im Gegensatze der gezackten und gezahnten die Rede und so wird es nicht als *Contradictio in adjecto* angesehen werden dürfen, wenn wir den glatten Fasern rauhe Kanten und Flächen zuzuschreiben haben werden.

Schon die Grundform der glatten Fasern ist sehr mannichfaltig. Allerdings herrscht das sechsseitige Prisma vor und die bei weitem gewöhnlichste Form desselben ist eine senkrecht gegen die Oberfläche der Linse abgeplattete. Sie verräth sich an isolirten Fasern durch die Schattirung (Taf. IV. Fig. 1), in der Kantenansicht (Taf. V. Fig. 4) dadurch, dass bei Veränderung der Focaldistanz die Trennungslinien der Einen Schichte genau in die Mitte der Trennungslinien der nächst höhern oder nächst tiefern Schichte fallen; sie verräth sich an Flächenansichten durch die Breite der Fasergrenzen und ihre eigenthümlich streifige Beschaffenheit (Taf. IX. Fig. 1b. Taf. X Fig. 2a). Am deutlichsten aber giebt sich die Gestalt der Prismen an Querschnitten kund, wo also jede Faser ein mässig in die Breite gezogenes reguläres Sechseck darstellt. Abweichungen finden sich nach beiden Richtungen: der

Durchschnitt mancher Linsen zeigt, zumal in der Peripherie und im Kern, Sechsecke, deren Höhe die Breite erreicht oder selbst etwas übertrifft (Taf. III. Fig. 1a. Taf. IX Fig. 2). Auf der andern Seite erhält, namentlich in den mittlern Schichten der Linse, der Breitendurchmesser ein solches Uebergewicht, dass man nicht sowohl Prismen, als platte Bänder vor sich hat (Taf. III. Fig. 1c). Das Extrem dieser Umwandlung bieten die Fasern der menschlichen Linse dar (Taf. I. Fig. 8a). Geringe Ungenauigkeiten einzelner Fasern, die durch Unregelmässigkeiten der benachbarten ausgeglichen werden, sind sehr häufig. Auffallendere Verunstaltungen erleiden die oberflächlichen Fasern durch den Druck ausgeschiedener Flüssigkeit (Taf. I. Fig. 8a). Von der Abflachung der seitlichen Kanten, wodurch die Fasern vierseitig prismatisch werden, war bereits die Rede. Mangelhafte Ausbildung der Kanten, im Allgemeinen, so dass die Querschnitte der Fasern mehr abgerundet und tellerförmig erscheinen, ist besonders an menschlichen Linsen gewöhnlich. Fig. 8 und 9 der 1ten Tafel zeigen sehr genaue Nachbildungen solcher Durchschnitte. Auffallend sind die grossen, carreauförmigen Durchschnitte in Fig. 9. denen ich auch in der Linse des Affen häufig begegnete. Wie durch abnorme Vergrösserung einzelner Fasern die benachbarten weithin in Unordnung gebracht werden, ersieht man aus Fig. 2 und 3 der dritten Tafel. In Taf. IV. Fig. 12 sind aus der Linse eines Kaninchens Fasern abgebildet, deren Durchschnitte, im Gegensatz zu den typischen, an beiden Seiten abgestutzt, an der vordern und hintern Fläche mit stumpfen Kanten versehen sind. Sonderbar verschoben, übrigens regelmässig sechsseitig, fand ich sämmtliche Faserquerschnitte im Kern der Linse einer Eule (Taf. VII. Fig. 16). Im innersten Kern der Säugethierlinse sind meistens Formen und Reihen unregelmässig, wie ich sie Taf. III, Fig. 13 und Taf. IV Fig. 7 abgebildet habe. Noch zufälliger ist die Gestalt der Fasern im Kern der Froschlinse (Taf. VIII. Fig. 10). Ich bemerke noch, dass wie bei diesen, so auch bei den abnormen Fasern der Säugethiere Caliber und Form im Verlaufe der einzelnen Fasern vielfach wechseln.

Eine Varietät, die vielleicht nur vorübergehenden Ursachen ihren

Ursprung verdankt, ist die wellenförmige Kräuselung der Fasern (Taf. IV. Fig. 13), die ihnen, von der Fläche betrachtet, ein querstreifiges, atlasglänzendes Ansehn giebt, bei der Betrachtung von der Kante aber im richtigen Lichte erscheint. Es kann sein, dass sich in dieser Kräuselung nur ein Mangel der Spannung ausdrückt, welcher die Fasern sonst unterworfen sind. Doch habe ich Bündel der gekräuselten Fasern mitten zwischen regelmässig glatten angetroffen.

Wirkliche Unebenheiten der Oberfläche kommen in zweierlei Weisen vor. Die Eine, die ich bei mehreren Säugethiergattungen, beim Hund, bei der Ratte und Maus, beim Ochsen und Schaf und bei der Gattung Scyllium unter den Knorpelfischen antraf, tritt in Form von niedern aber mitunter scharfen Riffen auf, welche die Fasern spiralg umkreisen, entweder ringsum oder auf die planen Fläche beschränkt, so dass die in der Seitenkante zusammenstossenden Flächen glatt bleiben (Taf. II. Fig. 10. Taf. III Fig. 11). Nur die stärkern, der regelmässig sechsseitigen Form sich nähernden, nicht die platten Fasern zeigen diese Anomalie. Der Querschnitt (Taf. III Fig. 12) lehrt, dass ihre Flächen in unmittelbarer gegenseitiger Berührung untereinander stehn, dass also die Firste der Einen Spirale in die Rinne der andern greift.

Die andere Art von Unebenheit der Oberfläche traf ich an den Fasern des Linsenkerns des Huhns, Puters und verwandter Arten, jedoch nur bei älteren Exemplaren. Hier waren die sonst planen Flächen der Linsenfaser seicht ausgehöhlt und begrenzten schmale Spalten (Taf. VII. Fig. 5), die von Flüssigkeit erfüllt gewesen sein mussten. Es ist dies eins der wenigen Beispiele interfibrillärer Räume, die mir bei meinen Untersuchungen vorgekommen sind. Bei *Strix aluco* (Taf. VII. Fig. 15a) werden Vertiefungen der Einen Berührungsfläche durch entsprechende Hervorragungen der andern ausgefüllt.

Ich komme zu den Fortsätzen, mit welchem Namen, im Gegensatze zu den ineinander greifenden Zacken und Zähnen, die Hervorragungen der Fasern bezeichnet werden sollen, welche unabhängig von einander in die Interstitien der Fasern vorspringen. Sie fehlen den Fasern der äusseren Schichten, so wie den gezackten und gezahnten Fasern, sind

dagegen sehr verbreitet an den glatten Fasern der mittlern und innern Schichten aller Wirbelthierklassen und sehr mannichfaltig in Grösse und Gestalt.

Man kann zwei Hauptformen unterscheiden, die auch bezüglich des Sitzes ziemlich genau geschieden sind, die platten, gelappten und die spitzen, stachel-kegel- oder haarförmigen Fortsätze. Die platten Fortsätze gehn von den seitlichen, meist scharfen Kanten der prismatischen Fasern aus und schieben sich, parallel den aufeinander ruhenden planen Flächen der Prismen, mehr oder minder weit zwischen dieselben ein, selten weit genug, um einander von beiden Seiten her zu erreichen; doch habe ich in einzelnen Fällen unzweifelhaft die einander entgegenkommenden platten Fortsätze je zweier Fasern mit einander verschmelzen und so auf der planen Fläche einer dritten eine Art Gitterwerk bilden sehn. Die spitzen Fortsätze nehmen ihren Ursprung von den stumpfen Kanten der Prismen; sie sind immer nur von geringer Länge und dringen demnach nur eine kurze Strecke weit schräg in die Spalte ein, die von den einander berührenden schrägen Flächen der Prismen begrenzt wird. Sehr häufig kommen beiderlei Fortsätze, die platten und die spitzen, nebeneinander an Einer Faser vor.

Alle diese Fortsätze sind sehr versteckt und nur an isolirten Fasern oder an solchen, die den Rand feiner Durchschnitte bilden, bemerkbar. In situ, von der Fläche und durch die Fasern durchschimmernd, wie Taf. IV. Fig. 4 sie zeigt, sind mir die platten Fortsätze nur selten zu Gesicht gekommen; man sieht sie aber leicht an dünnen Querschnitten der Fasern, wie in Fig. 15 derselben Tafel. An solchen Präparaten und an isolirten Fasern (Taf. III. Fig. 7) mass ich die Länge der platten Fortsätze. Im Allgemeinen stehn sie im Verhältniss zur Breite der Faser, von der sie ausgehn, doch giebt es auch breite Fasern mit kurzen, schmale mit langen Fortsätzen. Beispielsweise hatten Fasern aus den mittlern Schichten der Linse des Pferdes bei einer Breite von 0,0130 mm. platte Fortsätze von 0,0030 mm.

„ „ 0,0130 „ „ „ „ 0,0048 „

„ „ 0,0144 „ „ „ „ 0,0016—0,0020. mm.

Fasern vom Schaf von 0,008 mm. Breite hatten Forts. von 0,0030 mm.  
 „ „ „ 0,128 „ „ „ „ „ 0,0016 „

An einer 0,016 mm. breiten Faser aus der Linse des Ochsen erreichte die Länge der platten Fortsätze noch nicht 0,001 mm. Auch wechselt ihre Länge, wie ihre Form an derselben Faser: sie entspringen mit breiter oder schmaler Basis, enden spitz oder stumpf, sie sind gerade oder gebogen, einfach oder gelappt. An den feinern Fasern des Kerns verlieren sie ihr charakteristisches Ansehn und werden den von den stumpfen Kanten ausgehenden spitzen Fortsätzen ähnlich (Taf. III. Fig. 10 Taf. IV Fig. 3). Ebenso verhalten sich die platten Fortsätze der Linsenfäsern der Vögel (Taf. VII. Fig. 12. 13), der Reptilien und der Knorpelfische (Taf. IX. Fig. 6).

Die spitzen Fortsätze sind am schönsten und regelmässigsten ausgebildet in der mittlern Schichte der Säugethierlinse. Hier stehn sie in ununterbrochenen Längsreihen, meist sehr dicht, so dass auf eine Strecke von 0,01 mm. fünf und mehr solcher Forsätze kommen (Taf. III. Fig. 7. 8). Von der Fläche gesehen, nehmen sie sich wie Pünktchen aus, hell oder dunkel, je nachdem ihre Basis mehr oder minder scharf eingestellt ist, und dies giebt Anlass zu beobachten, dass von den vier stumpfen Kanten der sechsseitigen Prismen fast immer nur zwei und meistens zwei einander diagonal gegenübergestellt mit je einer Stachelreihe versehen sind. Man wird darauf geführt dadurch, dass die zwei einander nächsten Reihen fast niemals gleichzeitig im Focus sich befinden, sondern nur alternirend eingestellt werden können (Taf. III. Fig. 8). Sicherheit aber erhält man durch Zerfasern feiner, senkrecht zum Faserverlauf geführter Durchschnitte der Linse. Es ist eine charakteristische und nur an solchen Schnitten erkennbare Eigenschaft der Linsenfäsern, dass sie fester mit ihren schmalen schrägen, als mit den breitem planen Flächen zusammenhängen. So trennen sich die Querschnitte der Fasern in zickzackförmige Bänder (Taf. III. Fig. 5. 6), woraus beiläufig ein Schluss zu machen ist, was es mit der Spaltung der Linse in „concentrische Lamellen“ auf sich hat. Und wenn die Fasern Stacheln tragen, so sieht man diese an den isolirten Querschnitten vor und rückwärts hervorragenden

(Taf. III. Fig. 9). Dasselbe leistet der optische Querschnitt isolirter Fasern (Taf. IV Fig. 2).

Ebenso regelmässig, wie bei den Säugethieren, nur viel kürzer, mehr tuberkelförmig, sah ich die spitzen Fortsätze an den Linsenfasern einiger Vögel, des Huhns (Taf. VII. Fig. 3), der Taube (Taf. VII Fig. 12).

An den unregelmässig prismatischen Fasern des Kerns der Linse hört natürlich auch die Unterscheidbarkeit der beiderlei Fortsätze auf; doch erhalten sich meist mehrere, wenn auch minder scharf gesonderte und minder continuirliche Reihen kurzer stachel- oder haarförmiger Fortsätze (Taf. IV. Fig. 3. 6. 9). Ebenso fallen an sehr platten Fasern, wie beim Menschen, bei vielen Vögeln und Reptilien, die Fortsätze der benachbarten Kanten zusammen zu einer ein- oder mehrfachen Reihe niedriger Höckerchen, die oft nur durch einen fein gekräuselten Contur repräsentirt werden (Taf. VII. Fig. 4).

Am Schlusse der Beschreibung dieser manchfaltigen Bildungen ist es wohl gestattet, nach dem Zweck oder dem Erfolg derselben zu fragen. Die genetische Verwandtschaft der Linsenfasern mit Epithelzellen legt die Vergleichung der Stachelreihen der Linsenfasern mit den stachelförmigen Hervorragungen der von M. Schulze<sup>1)</sup> sogenannten Stachel- und Riffzellen nahe, um so näher, da nach dem Befunde von Hensch<sup>2)</sup>, den ich beim Triton gelegentlich bestätigen konnte (Taf. VIII. Fig. 1), die Zellen des Epithels der vordern Kapselwand ebenfalls stachelähnliche, einfache oder getheilte Fortsätze aussenden. Und so dürften wir auch für die Bedeutung jener Fortsätze der Linsenfasern bei den gleichartigen Fortsätzen der Epithelzellen Aufschluss suchen. Bezüglich der Stachel- und Riffzellen stehen aber zwei Ansichten einander gegenüber. Während M. Schulze und die meisten Histologen mit ihm die Stacheln und Riffe für das Mittel hatten, um die Epithelzellen fester mit einander zu verbinden, behauptet Bizzozero<sup>3)</sup>, dass die Stacheln, statt sich inein-

1) Archiv für pathol. Anat. und Physiol. Bd. XXX, 1864. S. 260.

2) Archiv für Ophthalmol. Bd. XX. 1874. Abth. 1. S. 83.

3) Studi fatti nel laboratorio patologico della universita di Pavia. 1870. Moleschott's Unters. zur Naturlehre XI, 30.

ander zu fügen, vielmehr mit den Spitzen aufeinandertreffen, dadurch die Zellen auseinanderhalten und intercellulare Räume schaffen, welche von Ernährungsflüssigkeit erfüllt seien und den Wanderzellen die Circulation gestatten. Die Bilder, die mir zuerst begegneten veranlassten mich, für die Stacheln der Linsenfasern der Bizzozero'schen Anschauung beizutreten. Durch die Art, wie in Taf. IV Fig. 3 die Fasern des Linsenkerns mit einander vereinigt sind, entstehen sehr feine Lücken, die, wenn man sich dieselben durch eine Anzahl von Schichten fortgesetzt denkt, ein capillares, den Kern durchziehendes Röhrennetz darstellen würden. Dafür schien auch noch zu sprechen, dass die Fasern der mittlern und tiefern Schichten, die mit Stacheln versehen sind, sich leichter isoliren, als die glatten der Rinde. Im weitem Fortgang meiner Untersuchungen musste ich mich indess überzeugen, dass Lücken der eben erwähnten Art nicht zu den regelmässigen Erscheinungen gehören; sie scheinen auf Fehlern der Präparation, ungenügender Härtung oder übermässiger Zerrung zu beruhen. An zuverlässigen Durchschnitten sind, so lange die Fasern sich in ihrem natürlichen Zusammenhang befinden, die Zwischenräume derselben immer nur durch einfache Conturen angedeutet und die Fortsätze, wie erwähnt, unsichtbar. Demnach können die letztern nur dazu bestimmt sein, die Spalten auszufüllen.

Ich habe noch einer Eigenthümlichkeit im Bau oder doch im Ansehn der Fortsätze der Linsenfasern zu gedenken durch die sie sich von den Stacheln der Epidermiszellen unterscheiden. Sehr häufig machen die Stacheln den Eindruck, als wären sie durch Lücken der äusseren Membran der Faser hervorgedrungene Fortsätze der Fasersubstanz, des Protoplasma. In Taf. IV. Fig. 8 findet man einige Fasern der Kalbslinse abgebildet, die diesen Anschein in besonders auffälliger Weise zeigen. Der dunkle Contur der Faser ist, der Basis der Stacheln entsprechend, unterbrochen und die Substanz der Faser geht continuirlich in die Substanz des Stachels über. Das Bild scheint mir indess verschiedener Deutung fähig. Der plötzliche Verlust des Conturs an Schärfe beim Uebergang auf den Stachel könnte auch dadurch bedingt sein, dass der Stachel beträchtlich platter ist, als die Faser, von der er ausgeht.

Von den Varietäten der zackigen Fasern ist nicht viel mehr zu sagen, als dass die Zacken mehr oder minder regelmässig und in verschiedenen Graden der Stärke vorkommen, zuletzt so, dass die Vorstellung einer geraden, die Zacken aussendenden Faser schwindet und dafür das Bild einer zickzackförmig oder flambergartig gekrümmten entsteht (Taf. II. Fig. 8). Die bizarrsten Exemplare dieser Faserart fand ich in der Linse der Ratte. Neben den gewöhnlichen zackigen Fasern kommen überall, in geringer Zahl, einseitig zackige vor (Taf. IV. Fig. 5).

Der Habitus der Zähnelung der Fischlinsen ist einigermassen abhängig von der Breite der Fasern: sie fällt um so mehr in die Augen, je grösser im Vergleich zur Breite der Fasern die Länge der Zähne ist. Im Allgemeinen nimmt von den äussern Faserschichten gegen die innern die Breite der Fasern rascher ab, als die Länge der Zähne (Taf. X. Fig. 7) und so nimmt die relative Stärke der Zähne von aussen nach innen zu. Aber auch eine absolute Zunahme der Stärke und Länge der Zähne bei fortschreitender Verschmälerung der Fasern von aussen nach innen habe ich beobachtet (Taf. X. Fig. 2). Gegen die Pole oder Nähte der Linse werden mit den Fasern auch die Zähne allmählig feiner und reduciren sich zuletzt auf eine kaum merkliche Kräuselung (Taf. X. Fig. 4. 11).

Die grosse Mehrzahl der Fische hat einfache und regelmässige Zähne von der Art, wie ich sie beispielsweise von *Cyprinus* (Taf. X. Fig. 4) und *Mullus* (Taf. X. Fig. 8) abgebildet habe. Den Linsenfasern des Aals und Welses (*Silurus glanis*) fehlen die Zähne. In der Linse von *Xiphias gladius* glaube ich scharfrandige, zackige Fasern, denen der Säugthiere ähnlich, gesehen zu haben, doch bin ich dieses Befundes nicht sicher, da mir nur ein einziges, nicht vollkommen wohl erhaltenes Exemplar zu Gebote stand. Einige Gattungen zeichnen sich durch eigenthümliche Form der Zähnelung aus, so die Gattung *Sargus* (Taf. X. Fig. 9) wegen der besondern Schlantheit der Zähne, die Gattungen *Labrus*, *Julis*, von deren jeder ich zwei Arten untersuchte, und *Xirychthis* (Taf. X. Fig. 7) wegen ihrer sehr complicirten, ästigen Zahnformen. Characteristisch für die Zähne der tiefern Schichten der *Pleuronectes*-

Arten sind die feinen Nebenzacken (Taf. X. Fig. 6c), die dem Rand ein sägeförmiges Ansehn geben. Tief eingeschnitten, fingerförmig gelappt sind die Zähne der Linsenfaser des Störs (Taf. X. Fig. 1).

An die Beschreibung der einzelnen Fasern sei es gestattet, noch einige Bemerkungen über die Art ihrer Zusammenfügung zu knüpfen.

Die von aussen nach innen stetig fortschreitende Verjüngung der concentrischen Schichten, aus welchen die Linse besteht, kann auf doppelte Weise zu Stande kommen; entweder muss in der genannten Richtung stetig die Breite der Fasern oder es muss in jeder folgenden Schichte die Zahl der Fasern sich mindern. Bei den Vögeln, den Reptilien und der Mehrzahl der Fische findet die erstgenannte dieser Anordnungen Statt. Der Aequatorialschnitt der Vogellinse (Taf. VII. Fig. 1) lehrt die Regelmässigkeit kennen, mit der die Breite der Fasern gegen den Kern der Linse abnimmt. Der Durchschnitt erhält so ein sehr zierlich strahliges Ansehn. Am Aequatorialschnitt der Linse einer Eidechse betrug die Zahl der Strahlen etwa 90, d. h. 90 Fasern, von aussen nach innen immer schmalere, lagen im Umkreis einer jeden Lamelle. Auch bei den übrigen Thierklassen nimmt die Breite der Linsenfaser von aussen nach innen ab. Ein Bild dieser Abnahme habe ich an einigen Beispielen in der Tabelle A gegeben. Aber sie ist nicht so regelmässig, wie bei den Vögeln, und daneben vollzieht sich, namentlich in den äussern und mittlern Schichten, eine Reduction der Zahl der Fasern durch Endigung oder Zusammenfliessen von Reihen in der Weise, wie sie aus dem Querschnitt der Froschlinse, Taf. VIII. Fig. 6, zu ersehn ist.

Wie in der Richtung von der Peripherie zum Centrum, nimmt der Breitendurchmesser der Fasern auch vom Aequator gegen die Pole und weiter nach innen gegen die Axe mit grösserer oder geringerer Regelmässigkeit ab<sup>1)</sup>. Sehr regelmässig ist die Verjüngung in den Linsen

1) Beim Kaninchen verjüngte sich eine Faser vom Aequator zum Pol von 0,023 auf 0,0056 mm. Beim Kalb massen am Aequator die äussern Fasern 0,15, die innern 0,01 mm., am Pol die äussern 0,007, die innern 0,0058 mm.

der Fische und hier verlieren sich die aufs Feinste zugespitzten Faser-Enden in einer homogenen Substanz (Taf. X. Fig. 4, 11). Anders gestaltet sich die Endigung der Fasern in der Frosch- und Säugethierlinse. In den Nähten der Rinde treffen sie bekantlich von beiden Seiten her mit abgestutzten Enden aufeinander. Auch im Kern sind sie innig vereinigt und an einander abgeplattet (Taf. IV. Fig. 9), häufig aber zu ganz abenteuerlichen Formen ausgewachsen, die sich nur durch die Annahme erklären lassen, dass jede Faser den Raum auszufüllen strebt, den die benachbarten zufällig übrig lassen. So meine ich die Faser-Enden deuten zu müssen, die ich aus der Linse des Frosches (Taf. VIII Fig. 7), des Kaninchens (Taf. IV. Fig. 16) und des Ochsen und Kalbes (Taf. IV. Fig. 10) erhielt. In der Linse des Kalbes wechseln kolbig angeschwollene Fasern <sup>1)</sup> mit fein zugespitzten; in ihrer Gesammtheit bilden sie muldenförmige Aushöhlungen, welche, Gelenkpfannen ähnlich, zur Aufnahme kugliger Köpfe der gegenüberliegenden Faserreihen dienen; kürzere und längere spitze Fortsätze Einer Faser drängen sich in die Interstitien der andern ein. Nichts widerlegt so entschieden den Gedanken an interfibrilläre Räume, als die Genauigkeit, mit der diese Bildungen in einander gefügt sind. Und dass es natürliche Bildungen sind, dafür spricht die Ordnung, in welcher sich die feinen Stachelreihen der prismatischen Fasern auf die Kolben fortsetzen.

Die Unterscheidung der Linsensubstanz in Rinde und Kern, wie sie seit langer Zeit üblich ist, gründet sich vorzugsweise auf chemische Differenzen. Was man als Kern im Gegensatz zur Rinde zu bezeichnen pflegt, ist der Theil der Linse, der sich nach der Herausnahme derselben alsbald spontan trübt, während die Rinde durchsichtig bleibt, und der in Weingeist eine dunkle hornartige Beschaffenheit annimmt, indess die Rinde sich mattweiss färbt. Valenciennes und Fremy <sup>2)</sup> wollen auch einen Unterschied in der Gerinnungsweise der eiweissartigen

---

1) Das kolbige Ende kann einen Durchmesser von 0,055 mm. erreichen an einer Faser von 0,042 mm. Breite.

2) Gaz. médicale. 1857. No. 24.

Substanz des Kerns und der Rinde darin entdeckt haben, dass die erstere bei  $65^{\circ}$  gerinnt, die letztere nicht. Die Frage, ob dieser chemische Unterschied sich mit einem morphologischen decke, muss ich verneinen. Bei den Vögeln, deren Fasern, die äussersten ausgenommen, sehr gleichmässig fein behaart und ganz continuirlich verjüngt sind, besteht dieselbe scharfe Grenze zwischen Rinde und Kern, sie tritt besonders deutlich an den in Müller'scher Flüssigkeit aufbewahrten Linsen hervor, nur so, dass die Rinde ein braun gallertartiges, bei durchfallendem Lichte helles, und der Kern, ähnlich dem Ringwulst, ein trüb milchweisses, bei durchfallendem Lichte dunkles Ansehn annimmt (Taf. VI. Fig. 1—3. Taf. VII Fig. 10). Die Linsen vieler Säugethiere und fast aller Khorpel- und Knochenfische erhalten durch mehrwöchentliche Maceration in Müller'scher Flüssigkeit (nach längerer Zeit werden sie gleichmässig tiefbraun) eine complicirtere Schichtung (Taf. III. Fig. 14. Taf. IX. Fig. 1a): Die Rinde zeigt sich auf dem Durchschnitt in einen äussern, schmalen, hellgelben und einen innern braunen Ring geschieden; von dem letztern trennt den braunen Kern ein schmaler gelber Streif und nicht selten ist das Centrum des Kerns nochmals von einem gelben Pünktchen eingenommen. Auch diesem Farbenwechsel entspricht nicht die Succession der Formen der Fasern. Mit Rücksicht auf die letztere sind bei dem Menschen und den meisten Säugethiere drei Schichten zu unterscheiden. Es schiebt sich nämlich, während die Fasern, wie erwähnt, im Allgemeinen gegen das Centrum sich verschmälern, zwischen eine äussere und eine innere Schichte prismatischer Fasern eine mittlere Schichte von platten, bandartigen ein; mit andern Worten: die Dicke der Fasern nimmt in einiger Entfernung von der Peripherie rasch und beträchtlich ab, um dann näher dem Centrum wieder zu wachsen. Ich verweise auf die Figuren 8 der Iten, 3 der IIten und 1 der IIIten Tafel, in welchen Aequatorialschnitte der Linse des Menschen, des Hundes und des Schafs aus verschiedenen Tiefen bei gleicher Vergrösserung abgebildet sind. Die platten Fasern sind es auch die sich durch mehr oder minder zackige Ränder auszeichnen. Ginge man von der Voraussetzung aus, dass die Schichten so, wie sie gefunden werden, successiv aufgelagert seien, so

müsste es in dem Leben jeder Linse ein vorübergehendes Stadium, gleichsam eine Sturm- und Drangperiode geben, in welcher die platten, unregelmässigen Fasern erzeugt würden. Ich habe aber gezeigt, dass wir nicht umhin können, an die Möglichkeit nachträglicher Umwandlungen der fertigen Fasern zu glauben. Die Mächtigkeit der platten Faserschichte und die Tiefe, in und bis zu welcher sie auftritt, ist individuell verschieden, doch glaubte ich zu bemerken, dass sie mit dem Alter der Geschöpfe näher an die Oberfläche rückt. Auch bei Vögeln (Taf. VII. Fig. 14) und Knorpelfischen (Taf. IX. Fig. 2) nimmt von aussen nach innen die Dicke der Fasern nicht nur relativ, gegen die Breite, sondern auch absolut zu. Aber ich wiederhole, alle meine Bemühungen, eine Correspondenz zwischen dem Farben- und dem Formenwechsel der Schichten zu entdecken, waren vergeblich und so kann ich den Farbenunterschied der Zonen nur auf Rechnung der die Linse durchtränkenden Flüssigkeit setzen. Ich nehme einen schmalen, oberflächlichen, gelben Saum der Aequatorialschnitte aus, der seinen Grund in einer feinkörnigen Gerinnung des Inhalts der äussersten Schichten hat, welche zunächst der Einwirkung des Reagens, Müller'scher Flüssigkeit, ausgesetzt sind.

Zu den räthselhaften Erscheinungen im Bau der Linse gehört ein heller, kegelförmiger Streifen, dessen Axe an Aequatorialschnitten der Vogellinse mit der Augenaxe zusammenfällt; er ist mit der Spitze gegen das Centrum gerichtet, und reicht mit der Basis vorn und hinten an die Grenze der weissen, bei durchfallendem Lichte dunkeln Substanz (Taf. VII Fig. 10). Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass der Streifen herrührt von einer Anhäufung wasserheller, grösserer und kleinerer, theils runder, theils elliptischer oder ganz unregelmässig gestalteter Tropfen, von denen einige in kolbenartig erweiterten Enden der Fasern enthalten zu sein scheinen, die meisten aber ohne Zweifel frei zwischen den Fasern liegen. Ich wage nicht zu behaupten, dass sie in derselben Weise im Leben bestehn, obgleich ich sie in der ganz frischen Linse gefunden habe.

Schon oben (S. 16) war die Rede von den verbreiterten Faserenden, die sich vor und hinter der Uebergangsstelle des Epithels in die meridionalen Fasern, vorn an das Epithel, hinten an die innere Fläche der

innern Kapselwand anlegen (Taf. II. Fig. 2). Auch von diesem mögen einige Besonderheiten erwähnt werden. Taf. IV. Fig. 14 zeigt sie aus der Linse des Kaninchen, bis auf die freien Enden mit Stachelreihen besetzt, die Enden gleich Füßen überragend. Taf. VII Fig. 6 stellt im Profil die gewöhnlichen Formen der Faserenden des Huhns, Fig. 7 stellt Fasern dar, deren Spitzen mit kurzen Häkchen versehen und in einander gefügt sind. In Fig. 9 sind Fasern eines eben ausgeschlüpften Hühnchens abgebildet, die in ihren äussern Enden einen kreisrunden hellen Fleck enthielten, der für einen Kern genommen werden könnte. Er entspricht einem Eindruck, der von der senkrecht auf die Endfläche der meridionalen Faser treffenden abgerundeten Spitze der Faser des Ringwulstes herrührt.

Mit den an die hintere Kapselwand sich anlegenden verbreiterten Faserenden hängt eine netzförmige Zeichnung der hintern Kapselwand zusammen, welche verschiedene Deutung erfahren hat. Ich hielt sie für das Product einer nach dem Tode erfolgten Gerinnung zwischen ausgetretenen Eiweisstropfen<sup>1)</sup>. Becker<sup>2)</sup> erklärte sie für leistenartig vorspringende hyaline Auflagerungen der Kapsel, die schon während des Lebens um Tropfen ausgeschiedener Gewebsflüssigkeit sich bilden sollten; Deutschmann<sup>3)</sup> leitete sie von einer eigenthümlichen Veränderung einer beständig und normal zwischen Kapsel und Linsensubstanz befindlichen dünnen Eiweisschichte ab. Ohne die Existenz einer solchen „subcapsulären“ Schichte zu bestreiten, glaube ich doch eine Beziehung der netzförmigen Zeichnung zu den an die Kapsel anstossenden Enden der Fasern nachweisen zu können. Wenn man die hintere Kapselwand dergestalt faltet, dass ihre innere Oberfläche den Rand der Falte bildet, so sieht man die Streifen rippenartig über den Rand vorragen (Taf. V. Fig. 7). Die Rippen passen ohne Zweifel in die schmalen Spalten, die von den stumpfen Kanten der Faserenden begrenzt werden; sie theilen

1) In der 1ten Auflage meiner Eingeweidelehre S. 680.

2) Graefe-Saemisch, Handb. der Augenheilkunde Bd. V, S. 166.

3) Archiv für Ophthalmologie. Bd. XXIII. 1877. Abth 2. S. 121.

die innere Oberfläche der hintern Kapselwand in Felder, deren Dimensionen mit dem Durchmesser der Faserenden übereinstimmen. Aehnliche, nur viel zartere Rippen werden auch an der vordern Kapselwand sichtbar, nachdem das Epithel entfernt ist (Taf. V. Fig. 6). Schliesslich sei noch einer eigenthümlichen Anordnung des Epithels der vordern Kapselwand gedacht, die ich beim Triton und beim Aal antraf, dass nämlich die Epithelzellen sich gegen den Rand der Linse in Reihen ordnen, die der Faserung parallel laufen und auch in der Breite mit der Breite der oberflächlichsten Linsenfasern übereinstimmen (Taf. VIII. Fig. 1, Taf. IX. Fig. 7).

### Vergleichend Anatomisches.

Nach dem Bau der Linse scheiden sich die Wirbelthiere in zwei Abtheilungen. Die Linse der Einen besteht, abgesehen von dem flachen Epithel der vordern Kapselwand, lediglich aus meridional verlaufenden Fasern. In der Linse der andern Abtheilung hat sich ein Theil der Epithelzellen zu Fasern ausgebildet, welche senkrecht zur Kapsel und zu den meridionalen Fasern stehn und das unter dem Namen Ringwulst beschriebene Gebilde darstellen. Mit einem Ringwulst versehen ist die Linse der Vögel und Reptilien und es bewährt sich demnach auch an diesem Organ die Verwandtschaft der beiden genannten Thierklassen. Einfach, d. h. ohne Ringwulst, ist die Linse der übrigen Wirbelthiere, der Fische, Amphibien und Säugethiere mit Einschluss des Menschen.

Bei der grossen Mehrzahl der mit einem Ringwulst versehenen Linsen dient derselbe dazu, den Aequatorialdurchmesser der Linse zu vergrössern. Er hat die längsten Fasern und demnach die grösste Breite in der Gegend des Aequators der Linse und verjüngt sich nach vorn gegen das Kapselepithel, wie nach hinten gegen den Wirbel, durch den er in die meridionale Faserung der Linse sich fortsetzt. Linsen, deren meridionalfasriger Theil die Form einer Kugel oder gar eines in der Richtung der Augenaxe verlängerten Ellipsoids haben würde, erhalten durch den Ringwulst das Uebergewicht des aequatorialen Durchmessers (Vgl. die meridionalen Durchschnitte Taf. VII. Fig. 1, an denen der

dunkle Ring der in Müller'scher Flüssigkeit bräunlich gefärbten Rindensubstanz zwischen dem hellen Ringwulst und dem gelblich weissen Kern entspricht).

Eine Ausnahme von dieser Regel macht allein, so viel ich weiss, die Linse der Schlangen — das frische Auge eines Krokodils zu untersuchen war mir nicht vergönnt — deren Ringwulst, wenn man ihn so nennen darf, zur Verlängerung der Augenaxe beiträgt (Taf. V. Fig. 10). Die zu prismatischen Stäbchen ausgewachsenen Epithelzellen erreichen in der Schlangelinse das Maximum ihrer Länge am vordern Pol, nehmen von da nach allen Seiten gleichmässig ab und sind noch vor dem Aequator auf die Mächtigkeit gewöhnlicher Pflasterepithelzellen reducirt <sup>1)</sup>. Während also die Fasern des Ringwulstes in ihrer Gesamtheit bei den übrigen Reptilien einen gegen beide Ränder zugeschärften Reif darstellen, setzen die entsprechenden Fasern der Schlangen eine auf die Vorderfläche der meridionalen Fasersubstanz aufgepasste gewölbte Platte mit zugeschärftem kreisförmigen Rande zusammen.

Was die regulären Ringwülste betrifft, so beruhen die generischen Verschiedenheiten derselben auf Unterschieden ihrer Breite im Vergleich zum meridionalfasrigen Theil der Linse. Unter den Vögeln sind es die Passeres (Insessores), an deren Linse der Ringwulst den grössten Antheil hat (Taf. VI. Fig. 1b, 1c); ihnen zunächst stehn die Tagraubvögel (Fig. 1f), dann folgen die hühnerartigen und Wasservögel (Fig. 1d, 1e); den schmalsten Ringwulst besitzt die Linse der Eulen (Fig. 1g) und des Strausses. In der Classe der Reptilien zeichnet sich das Chamaeleon durch einen Ringwulst aus, der, nach Müller's Beschreibung, sich zum äquatorialen Durchmesser der ganzen Linse etwa wie 1:6 verhält und weiter auf die Vorderfläche der Linse übergreift, als auf die hintere. Der Ringwulst der Eidechse (Taf. V. Fig. 8) misst  $\frac{1}{8}$ , der der Blind-

1) An der fast kugligen Linse eines *Tropidonotus natrix*, deren Durchmesser 2 mm. betrug, hatten die Stäbchen des Ringwulstes am vordern Pol eine Länge von 0,1 mm.

2) Würzb. naturwissensch. Ztsch. Bd. III, 1862. S. 18. Taf. IV. Fig. 1.

schleiche (Fig. 9)  $\frac{1}{10}$  des Durchmessers der ganzen Linse; von der Schildkrötenlinse aber (Taf. V. Fig. 11) macht der Ringwulst kaum den dreissigsten Theil des Aequatorialdurchmessers aus, gleicht also ungefähr dem der Nachtraubvögel. Genauere Zahlenangaben findet man in der angehängten Tabelle B.

Nicht immer befindet sich der Ringwulst in unmittelbarer Berührung mit der meridionalfasrigen Linsensubstanz und der Kapsel. Von der Einen, wie von der andern trennt ihn häufig an gehärteten Präparaten eine Substanz, von der sich annehmen lässt, dass sie im Leben flüssig gewesen sei. Ich erwähne diesen Bestandtheil der Linse vorerst nur, um verständlich zu machen, wie sich der Ringwulst innerhalb der Kapsel verschieben, biegen und falten kann. Faltungen, ähnlich der in Taf. VI. Fig. 6 abgebildeten, kamen mir namentlich in den Augen junger Hühner vor; sie erwecken die Vorstellung, als sei der Ringwulst für den ihm gewährten Raum zu sehr in die Länge gewachsen. Viel auffallendere Falten boten die Ringwülste von *Cypselus apus* dar, zum Theil symmetrisch, wie in Taf. VI. Fig. 5, zum Theil so zahlreich, unsymmetrisch und verschlungen, wie in Fig. 4, immer aber vorzugsweise angesammelt am vordern Pol der Linse, so dass an Meridionalschnitten der Ringwulst sich kaum verschmälert von beiden Seiten auf die Vorderfläche der Linse fortzusetzen schien (Taf. VI. Fig. 1a). Ich muss aber hinzufügen, dass ich die complicirten Randwülste, die mir im ersten Sommer an allen Exemplare der genannten Vogelart, deren ich habhaft wurde, auffielen, an den Exemplaren des folgenden Jahres nicht wieder fand. Ich kann deshalb nicht umhin, zu vermuthen, dass in jenen Formen eine Anomalie und zwar eine epidemische, vorgelegen habe. Die stäbchenartigen Elemente der verbogenen Randwülste unterschieden sich nicht von den normalen.

Auf die homogene Substanz, von welcher so eben die Rede war, hat zuerst H. Müller<sup>1)</sup> die Aufmerksamkeit gelenkt. Er spricht in seiner Beschreibung des Vogelauges von einer Flüssigkeit, welche nach

1) Archiv f. Ophthalm. Bd. III. Abth. 1. 1857. S. 50.

dem Tode öfters die im Leben leere Spalte zwischen dem Ringwulst und der eigentlichen Linsensubstanz erfülle; sie ist nach seiner Meinung ein Product der Ausschwitzung aus den Linsenfäsern. Nach Zernoff<sup>1)</sup> bildet homogene Substanz einen flachen Ring, der hinter dem Aequator zwischen Kapsel und Ringwulst die Linse umgiebt; er will denselben Ring an derselben Stelle auch bei Säugethieren und Menschen in der ersten Zeit nach der Geburt gefunden haben. Ritter<sup>2)</sup> stimmt bezüglich der Localität der formlosen Substanz mit H. Müller überein, giebt aber nicht zu, dass dieselbe sich erst nach dem Tode bilde. Er fand sie in verschiedenen Stellen der Spalte zwischen der eigentlichen Linse und dem Ringwulst, am häufigsten am vordern Pol und im hintern Winkel vor dem Wirbel. Aus diesem wechselnden Verhalten zieht er den Schluss, dass die formlose Substanz im Leben flüssig und beweglich sei und gründet darauf die Vermuthung, dass ihre Bewegung dem Zwecke der Accomodation im Vogelauge diene; die Axe der Linse verlängere und verkürze sich, je nachdem die Flüssigkeit vor oder zur Seite der aequatorialen Fasermasse sich ansammle.

Ich kann, was das Thatsächliche betrifft, sowohl Zernoff's, als Ritter's Angaben bestätigen. Was Zernoff über die Ansammlung von Flüssigkeit zwischen Linse und Kapsel bei Säugethieren sagt, beruht allerdings auf ganz zufälligen und, nach meiner Erfahrung, seltenen Befunden. In der Vogellinse aber kommt der von Zernoff beschriebene Ring, wenn auch nicht so beständig, wie er annimmt, doch häufig genug vor, um neben der zwischen Linse und Ringwulst befindlichen Substanz Beachtung zu verdienen. Mit Einem Wort: nach aussen und innen vom Ringwulst, vorn oder seitlich, symmetrisch oder nicht, in mehr oder minder mächtiger Lage enthält das erhärtete Vogelauge eine homogene Substanz, die nur an den Rändern durch meist vacuolenhaltige Eiweisskugeln getrübt ist (Taf. VI. Fig. 2. 3. Taf. VII. Fig. 1). Constant ist ihre Lage nur beim Embryo und beim eben ausgeschlüpften Hähn-

---

1) a. a. O. S. 544.

2) Archiv für Ophthalm. Bd. XXIII. Abth. 2. 1877. S. 44.

ehen (Taf. I. Fig. 2 und 3), wo sie einen Raum vor dem Wirbel einnimmt, der mit dem Fortschritte der Entwicklung allmählig schmaler wird.

Die Eiweisskugeln sind ohne Zweifel erst nach dem Tode aus den Fasern des Ringwulstes und der Linse ausgetreten; ob auch, wie H. Müller meint, die homogene Substanz? Ich bin, mit Ritter, der entgegengesetzten Ansicht, weil ich öfters aus der angestochenen Kapsel der frischen Vogellinse wasserhelle Tröpfchen hervorspritzen sah und weil die oben beschriebene, mit Verlängerung verbundene Faltung des Ringwulstes einen disponibeln Raum zwischen Linse und Ringwulst voraussetzt. Auch ist die Ansammlung der Flüssigkeit in diesem Raum nicht nothwendige Folge der Zersetzung der Linsensubstanz. Ich habe sie oft vermisst in Linsen, die ich absichtlich Stunden lang vor dem Einlegen sich selbst überliess.

Dass ich, was den Aggregatzustand der homogenen Substanz im Leben betrifft, Ritter's Anschauung beipflichte, habe ich so eben ausgesprochen; der Antheil an der Accomodation den er der Flüssigkeit zuschreibt, darf demungeachtet, so anmuthend seine Hypothese ist, nicht als erwiesen angesehen werden. Es spricht dagegen, dass in den Linsen aller Reptilien und vieler, auch weitsichtiger Vögel der Ringwulst die Meridionalfaserschichte unmittelbar berührt, ferner, dass die Flüssigkeit bei Individuen Einer Art nicht nur an verschiedenen Stellen und, wie erwähnt, auch ausserhalb des Ringwulstes, sondern auch in sehr wechselnder Menge gefunden und auch wohl ganz vermisst wird. Am wenigsten aber verträgt sich mit Ritter's Hypothese die Thatsache, dass die homogene Substanz regelmässig bei verschiedenen Arten verschiedene Stellen einnimmt. Bei hühnerartigen Vögeln findet man sie nur an den Seitentheilen (Taf. VI. Fig. 2), bei Raben, Dohlen und Singvögeln fast beständig am vordern Pol (Taf. VI. Fig. 3). Man darf doch nicht annehmen, dass die Einen immer mit dem Blick in die Ferne, die Andern mit dem Blick in die Nähe sterben. Es wird der Erfindung zuverlässigerer Untersuchungsmethoden, als der bisher angewandten bedürfen, um die hier noch schwebenden Fragen zu lösen.

Bei der vergleichend anatomischen Untersuchung der einfachen

(ringwulstlosen) Linsen hat man besonders die Vereinigungsweise der Fasern am vordern und hintern Pol, die sogenannten Linsensterne in's Auge gefasst. Ich habe den von Kölliker <sup>1)</sup> und Babuchin <sup>2)</sup> gesammelten Angaben nur wenig hinzuzufügen, um zu beweisen, dass der Werth dieses Kennzeichens für die Classification gering ist. Nur bei den Vögeln scheint die Vereinigung durchgängig punktförmig zu sein. Unter den Fischen sah ich sie punktförmig bei *Gasterosteus*, *Syngnathus*, linear bei *Pristiurus*, *Raja*, *Anguilla*, *Aspius*, *Esox*, *Boops*. Während den Batrachiern allgemein ein punktförmiger Pol zugeschrieben wird, fand ich denselben, wie Kölliker, beim Frosch linear. Der Linsenstern der meisten Säugethiere gleicht der dreihörnigen Figur der menschlichen Linse, der des Hasen und Kaninchen stellt eine einfache, verticale oder transversale Spalte dar.

Characteristischer ist die Vertheilung der verschiedenen Faserarten, wie schon aus der histologischen Beschreibung derselben hervorgeht. Ich habe erwähnt, dass von den untersuchten Arten Eine, *Petromyzon fluviatilis*, durchaus glatte Fasern besitzt; ihre Breite beträgt in der Rinde nur 0,006 mm, im Kern kommen ebenso breite, aber auch viel schmalere Fasern vor. Es bleibt zu erforschen, wie andere Arten derselben Gattung und wie die verwandten Myxinen sich verhalten. Alle übrigen Geschöpfe haben nur eine oberflächliche Schichte glatter Fasern, auf welche nach innen gezahnte oder mit Zacken und haarförmigen Fortsätzen versehene folgen.

Die gezahnten Fasern sind eine Eigenthümlichkeit der Knochenfische; doch giebt es zwei Gattungen, die sich bezüglich des Baues ihrer Linse an die Plagiostomen und höhern Wirbelthiere anschliessen, *Anguilla* und *Silurus*. Beim Aal (Taf. IX. Fig. 9—13) sind die Fasern platt, die Fortsätze sehr fein, in der Ansicht von der Kante (Fig. 12) unregelmässig zerstreuten Pünktchen ähnlich. Die Fasern des Kerns sind, wie in der Froschlinse, gerade und fast vollkommen glatt. Beim Wels haben

---

1) Mikroskop. Anat. Bd. II. S. 712.

2) Stricker's Handb. Bd. II. S. 1084.

die äussersten Fasern eine Breite von 0,007, eine Dicke von 0,0023 mm., die innern sind im Querschnitt unregelmässig sechsseitig und wie die Fasern des Kerns der Säugethiere mit Reihen dicht gedrängter feiner Härchen besetzt (Taf. X. Fig. 5).

Unter den Fischen mit gezahnten Fasern zeichnen sich einzelne Gattungen (Sygnathus, Hippocampus, Pleuronectes) durch ungewöhnliche Breite, andere, wie die Scomberoiden, durch Schmalheit der Fasern aus; dies tritt besonders auffallend hervor, wenn man, wie es in Tabelle C geschieht, mit dem Durchmesser der Fasern zugleich den Durchmesser der Linse berücksichtigt. Wegen der den Gattungen Labrus, Julis und Xirychthis eigenen complicirten Form der Fasern verweise ich auf S. 36.

Den Säugethieren eigen sind die zackigen Fasern der mittlern Schichte der Linse; ich fand sie am reichlichsten ausgebildet bei den Nagethieren, auch den kleinsten, vermisste sie aber bei den Repräsentanten der höchsten Gruppen, der Fledermaus, dem Affen und Menschen.

Ich schliesse mit dem Hinweis auf einige zum Theil schon im Vorhergehenden besprochene exceptionelle Formen von Säugethierlinsen.

Die Linse der Spitzmaus (Taf. V. Fig. 1. 2) fällt auf den ersten Blick durch die in der ganzen Substanz zerstreuten Kerne auf. Sie misst in der Axe 0,35, im Aequatorialdurchmesser 0,45 mm. Ihre Fasern sind, die äussern glatt, die innern mit sehr feinen Härchenreihen besetzt. Isolirt zeigen sie sich unregelmässig spindelförmig, die oberflächlichen platt, 0,01 mm. und mehr breit und 0,0025 mm. dick, die tiefern unregelmässig prismatisch von wechselndem Durchmesser bis zu 0,012 mm. Jede Faser enthält einen runden oder elliptischen Kern, die elliptischen herrschen in den äussern, die runden in den innern Fasern vor; die elliptischen sind 0,012—0,015 mm. lang und 0,01 mm. breit, die runden haben einen Durchmesser von 0,003—0,005 mm. Der Kern nimmt die Mitte der Faser ein oder nähert sich ihrem hintern Ende. An dem Meridionaldurchschnitt der Linse nimmt die Zahl der Kerne gegen den hintern Rand zu.

Ueber die Linse des Maulwurfs besitzen wir Angaben von Leydig<sup>1)</sup>

1) Müller's Archiv. 1854. S. 346. Lehrbuch der Histologie. Frkf. a. M. 1857. S. 240.

und v. Becker <sup>1)</sup>. Nach Leydig bestände sie grossentheils aus der Art durchsichtiger Zellen, welche bei andern Wirbelthieren das Epithel der vordern Kapselwand bilden. Viele Zellen seien im Auswachsen zu Fasern begriffen, senden aber mehrere, der Abbildung zufolge 2—4 Fortsätze nach Einer Richtung. v. Becker fand in der zerzupften Linsensubstanz bis 0,03 mm. breite, platte, hyaline, kurze, verschieden geformte, meistens mit einem dünnen, kurzen Fortsatz versehene kernhaltige Zellen und kernlose Fasern von demselben Anschein, wie die Linsenfäsern der übrigen Säugethiere. Einen Durchschnitt der Linse, der die Anordnung dieser Elemente erkennen liess, brachte v. Becker nicht zu Stande. Auch mir ist ein solcher nicht gelungen. Doch gewann ich aus Bruchstücken des Organs Faserbündel, die offenbar der Axe desselben parallel liefen und von denen die längsten, übereinstimmend mit der Dicke der Linse, 0,3 mm. massen. Sie waren sämmtlich fast gerade, glattrandig, platt und eigenthümlich zerknittert (Taf. V. Fig. 3), an beiden Enden quer abgestutzt, etwas verbreitert, und in der Nähe des hintern Endes mit einem runden Kern versehen. Das breite Ende hatte 0,01, der Kern 0,0075 mm. im Durchmesser. Wenn das offenbar collabirte Ansehn der Fasern den Verdacht erwecken könnte, ob hier nicht eine Leichenveränderung im Spiele sei, so lässt sich dies durch die Abwesenheit aller Zersetzungsproducte, der Eiweisskugeln wie der Vacuolen, und auch noch dadurch widerlegen, dass die Behandlung des Maulwurfsauges ganz dieselbe war, wie die der übrigen Augen.

Unter allen Geschöpfen besitzt der Mensch, und nächst ihm der Affe, die platteste Linse. Das dadurch bedingte, geringe Brechungsvermögen steht im Einklang mit dem verhältnissmässig grossen Abstand der Linse von der Retina. Der Platteit der Linse aber entspricht der geringe Dickendurchmesser der Fasern in allen Schichten derselben. Der Aequatorialschnitt (Taf. I. Fig. 8) zeigt, der Kapsel zunächst, Reihen von nicht ganz regelmässigen, aber doch im allgemeinen sechsseitigen Durchschnitten, deren Breite im Mittel 0,0125, deren Dicke schon nicht

1) Archiv für Ophthalm. Bd. IX. Abth. 2. S. 20.

mehr als 0,0012 mm. beträgt. Sehr bald, in einer Tiefe von 0,15 mm., werden die Faserdurchschnitte unregelmässig und so dünn, dass bei gewöhnlicher Behandlung weder die seitlichen, noch die Flächengrenzen derselben sich markiren. Ich war in der That zweifelhaft, ob nicht eine homogene Masse diesen Theil der Linse erfülle und verdanke die Auflösung derselben in die einzelnen Elemente, wie der untere Theil der Fig. 8A sie zeigt, dem Rathe Merkel's, die in Alkohol erhärtete Linse mit Xylol aufzuhellen. An der Grenze von Rinde und Kern treten wieder dickere, aber schmalere Fasern auf (Fig. 8B); im Kern aber war es auch mit Hülfe des Xylols nicht möglich, die Schichtung der radiären Reihen der Durchschnitte aus einzelnen Plättchen nachzuweisen. Nur die seitlichen Grenzen der Reihen sind deutlich (Fig. 8C) und dies bewirken die feinen Häärchenreihen, die man an den Rändern der durch Maceration isolirten Fasern beobachten kann.

---

## Verzeichniss

der zur Untersuchung der Linsen benutzten Thiere<sup>1)</sup>.

*Petromyzon fluviatilis.*  
*Scyllium canicula.*  
*Pristiurus melanostomus.*  
*Carcharias glaucus.*  
*Zygaena malleus.*  
*Mustelus vulgaris.*  
*Lamna cornubica.*  
*Heptanchus cinereus.*  
*Squatina vulgaris.*  
*Torpedo marmorata.*  
 — *ocellata.*  
*Raja clavata.*  
 — *asterias.*  
*Acipenser sturio.*  
*Syngnathus acus.*  
*Hippocampus marinus.*  
*Balistes inc. sp.*  
*Orthogoriscus mola.*  
*Anguilla fluviatilis.*  
*Conger mirus.*  
*Clupea harengus.*  
*Engraulis encrasicolus.*  
*Esox lucius.*  
*Cyprinus carpio.*  
*Aspius alburnus.*  
*Cobitis fossilis.*  
*Silurus glanis.*  
*Gadus callarias.*  
*Merluccius esculentus.*  
*Pleuronectes platessa.*  
*Rhombus maximus.*  
*Labrus merula.*

*Labrus erythrinus.*  
*Crenilabrus rostratus.*  
*Xyrichthys novacula.*  
*Julis turcica.*  
 — *Geofredi.*  
*Serranus cabrilla.*  
*Apogon rex mullorum.*  
*Gasterosteus aculeatus.*  
*Dentex vulgaris.*  
*Maena vulgaris.*  
*Mullus barbatus.*  
*Boops vulgaris.*  
*Sargus annularis.*  
*Oblata melanura.*  
*Pagrus vulgaris.*  
*Pagellus mormyrus.*  
*Scorpaena scrofa.*  
 — *porcus.*  
*Cottus scorpius.*  
*Trigla hirundo.*  
*Gunellus sp. inc.*  
*Dactylopterus volitans.*  
*Uranoscopus scaber.*  
*Trachinus draco.*  
*Corvina nigra.*  
*Lepidopus ensiformis.*  
*Scomber colias.*  
*Thynnus vulgaris.*  
*Naucrates ductor.*  
*Zeus faber.*  
*Caranx trachurus.*  
*Lichia glauca.*

1) In der Aufzählung folge ich dem in Claus Handbuch der Zoologie adoptirten Systeme.

*Cyclopterus lumpus.*  
*Xiphias gladius.*  
*Gobius niger.*  
 — *quadrifasciatus.*  
*Blennius viviparus.*  
 — *ocellatus.*  
*Cepola rubescens.*  
*Atherina cernua.*  
*Mugil cephalus.*  
 — *chelo.*

*Triton igneus.*  
*Salamandra maculata.*  
*Rana temporaria.*

*Tropidonotus natrix.*  
*Coluber Riccioli.*  
 — *viridiflavus.*  
*Anguis fragilis.*  
*Pseudopus Pallasii.*  
*Lacerta agilis.*  
 — *muralis.*  
*Chelonia midas.*  
*Testudo graeca.*

*Cygnus olor.*  
*Anser cinereus.*  
*Anas boschas.*  
*Larus canus.*  
*Gallus domest.*  
*Perdix cinerea.*  
*Meleagris gallopavo.*  
*Columba domest.*  
*Hirundo urbica.*

*Cypselus apus.*  
*Corvus cornix.*  
 — *monedula.*  
*Muscicapa grisola.*  
*Sylvia phoeniceus.*  
*Alauda arvensis.*  
*Passer domesticus.*  
*Strix flammea.*  
 — *aluco.*  
*Astur palumbarius.*  
*Falco tinnunculus.*  
*Nisus communis.*  
*Struthio camelus.*

*Equus caballus.*  
*Sus scrofa.*  
*Ovis aries.*  
*Capra hircus.*  
*Bos taurus.*  
*Lepus timidus.*  
 — *cuniculus.*  
*Cavia cobaya.*  
*Mus rattus.*  
 — *musculus.*  
*Erinaceus europaeus.*  
*Sorex pygmaeus.*  
*Talpa europaea.*  
*Meles taxus.*  
*Canis familiaris.*  
 — *vulpes.*  
*Felis domestica.*  
*Vespertilio Bechsteinii.*  
 — *murinus.*  
*Inuus macao.*

Tabelle A.

## Maasse der Linsenfasern in Millimetern.

	Rinde.		Kern.	
	Breite.	Dicke.	Breite.	Dicke.
<i>Scyllium canicula</i>	0,018	0,0046	0,006	0,0023
<i>Pristiurus melanostomus</i>	0,015	0,0028	0,006	0,0026
<i>Carcharias glaucus</i>	0,012	0,0034		
<i>Zygaena malleus</i>	0,012	0,003		
<i>Squatina vulgaris</i>	0,013	0,0032		
<i>Acipenser sturio</i>	0,014		0,007	
<i>Hippocampus marinus</i>	0,036		0,008	
<i>Anguilla fluviatilis</i>	0,012	0,001		
<i>Silurus glanis</i>	0,007	0,0023		
<i>Pleuronectes platessa</i>	0,033—0,052	0,0007	0,015	
<i>Sargus annularis</i>	0,035	0,0007		
<i>Pagellus mormyrus</i>	0,020	0,005		
<i>Xiphias gladius</i>	0,012	0,0037	0,0075	
<i>Blennius viviparus</i>	0,023			
<i>Triton igneus</i>	0,055	0,0016	0,027	0,017
<i>Rana temporaria</i>	0,012	0,005	0,005	
<i>Anguis fragilis</i>	0,016	0,007		
<i>Lacerta agilis</i>	0,046		0,018	0,002
<i>Testudo graeca</i>	0,036			
<i>Cygnus olor</i> (Linse 9 mm)	0,025	0,0037	0,006	
<i>Anas boschas</i>	0,025	0,002		
<i>Gallus domest.</i>	0,032	0,0075		
— — jung	0,023	0,005	0,014	0,005
<i>Meleagris gallopavo</i>	0,030	0,0057	0,0057	
<i>Corvus monedula</i>	0,023	0,004	0,011	0,011
<i>Strix flammea</i>	0,017	0,010	0,010	0,007
<i>Ovis aries</i>	0,015	0,012	0,007	0,003
<i>Lepus cuniculus</i>	0,012	0,003	0,007	0,002
<i>Mus musculus</i>	0,012			
<i>Canis familiaris</i>	0,012—0,025		0,006—0,01	
<i>Inuus macao</i>	0,012	0,002		
<i>Mensch</i>	0,011	0,0012	0,009	0,003

Tabelle B.

Verhältniss der Breite des Ringwulstes zum Aequatorial-  
durchmesser der Linse.

(Maasse in Millimetern.)

	Aequatorial-Durchmesser der Linse.	Breite des Ringwulstes.	
<i>Anguis fragilis</i>	1,60	0,15	1 : 10
<i>Pseudopus Pallasii</i>	3,30	0,30	1 : 11
<i>Lacerta agilis</i>	1,25	0,15	1 : 8
<i>Chelonia Midas</i>	6,00	0,50	1 : 30
<i>Cygnus olor</i>	9,00	0,50	1 : 18
<i>Gallus domest.</i>	5,50	0,45	1 : 12
<i>Meleagris gallopavo</i>	7,50	1,00	1 : 7—8
<i>Columba domest.</i>	4,80	0,50	1 : 9
<i>Sylvia phoenicura</i>	5,00	1,00	1 : 5
<i>Hirundo urbica</i>	3,30	0,90	1 : 4
<i>Alauda arvensis</i>	5,00	1,25	1 : 4
<i>Corvus monedula</i>	5,00	1,00	1 : 5
<i>Astur palumbarius</i>	7,00	1,00	1 : 7
<i>Strix aluco</i>	15,00	0,50	1 : 30
<i>Struthio camelus</i>	15,50	0,50	1 : 30

Tabelle C.

Breite der äussern Fasern der Linse der Knochenfische am Aequator, nach dem Aequatorialdurchmesser der Linse geordnet. Die Maasse in Millimetern.

	Aequatorialdurchm. der Linse.	Breite der Fasern.
<i>Sygnathus acus</i>	1	0,036
<i>Hippocampus marinus</i>	—	0,036
<i>Crenilabrus rostratus</i>	—	0,0275
<i>Gobius quadrimaculatus</i>	—	0,020
<i>Dentex vulgaris</i>	—	0,017
<i>Zeus faber</i>	2	0,010
<i>Pleuronectes platessa</i>	—	0,052
<i>Serranus cabrilla</i>	—	0,020
<i>Mugil chelo</i>	2,5	0,012
<i>Julis Geoffredi</i>	—	0,037
<i>Cepola rubescens</i>	3	0,030
<i>Clupea harengus</i>	—	0,012
<i>Merluccius esculentus</i>	—	0,010
<i>Mugil cephalus</i>	4	0,012
<i>Dentex vulgaris</i>	—	0,017
<i>Pleuronectes platessa</i>	—	0,050
<i>Scomber colias</i>	4,5	0,010
<i>Mugil chelo</i>	—	0,020
<i>Dactylopterus volitans</i>	5	0,025
<i>Pagrus vulgaris</i>	—	0,17
<i>Lichia glauca</i>	—	0,025
<i>Boops vulgaris</i>	—	0,025
<i>Caranx trachurus</i>	6,5	0,030
<i>Mugil cephalus</i>	7	0,017
<i>Zeus faber</i>	—	0,020
<i>Xiphias gladius</i>	8	0,012
<i>Orthogoriscus mola</i>	12	0,025
<i>Pagellus mormyrus</i>	—	0,020
<i>Thynnus vulgaris</i>	—	0,015

## Erklärung der Tafeln.

Alle mikroskopischen Abbildungen, bei welchen ein Maass der Vergrösserung nicht angegeben ist, sind um das 450fache vergrössert.

### Taf. I. Entwicklung der Linse. Linse des Menschen.

Fig. 1. Durchschnitt der Linse einer extremitätenlosen Kaulquappe durch die Axe und parallel derselben.

Fig. 2. Durchschnitt durch die Axe der Linse eines 90 Stunden bebrüteten Hühnerembryo.

Fig. 3. Durchschnitt in gleicher Richtung durch die Linse eines eben ausgeschlüpften Hühnchens.

Fig. 4. Durchschnitt in gleicher Richtung durch die Linse eines der Reife nahen Kaninchen-Embryo.

Fig. 5. Die Gegend des Wirbels desselben Durchschnitts, stärker vergrössert, um den Uebergang der Epithelzellen der vordern Wand der Linsenkapsel in Linsenfäsern zu zeigen.

Fig. 6. Aus einem Aequatorialschnitt derselben Linse, Querschnitt der Fasern und der von ihnen begrenzten feinen Gänge.

Fig. 7. Innerer Theil des Aequatorialschnitts der Linse eines 3 Tage alten Kätzchens. Fettkörnchen in den Fasern des Kerns.

Fig. 8. Theile des Aequatorialschnitts der menschlichen Linse. *A.* Aeusserste Schichte. *a* Kapsel, *b* Epithel, *c* äussere prismatische Fasern, einzelne in der Gegend ihres Kerns durchschnitten, *d* Schichte der platten Fasern. *B.* Von der Grenze der Rinde und des Kerns. *C.* Aus dem innersten Kern, die Grenzen der einzelnen Faserquerschnitte ununterscheidbar.

Fig. 9. Aequatorialer Durchschnitt der äussersten Schichte einer menschlichen Linse. Unregelmässige, meist vierseitig prismatische Fasern.

Fig. 10. Der Axe paralleler, (meridionaler) Durchschnitt der Aequatorialgegend der menschlichen Linse. Uebergang der Epithelzellen der vordern Kapselwand in Fasern.

## Taf. II. Säugethierlinse. Hund. Ratte.

Fig. 1. Meridionaler Durschnitt durch die Aequatorialgegend der Linse des Hundes. \* Durchschnitt der Zonula, deren Ansatzstelle an die Kapsel ohngefähr die Grenze zwischen der mächtigen vordern und der dünnen hintern Kapselwand bezeichnet. Wirbel und Kernzone. Ausgetretene Eiweisskugeln zwischen dem Epithel der vordern Kapselwand und den Faserenden.

Fig. 2. Ein Theil der Fig. 1, stärker vergrössert.

Fig. 3. Theile des Aequatorialschnitts der Linse des Hundes. *a* Rinde, *b* Kern.

Fig. 4. Zackige Fasern aus der mittlern Schichte der Linse des Hundes.

Fig. 5. Querschnitte derselben Fasern.

Fig. 6. Dieselben Fasern von der Kante gesehen.

Fig. 7. Zackige Fasern des Kerns aus der Linse des Hundes.

Fig. 8. Zackige (flambergartige) Fasern aus der Mittelschichte der Linse der Ratte.

Fig. 9. Dieselben Fasern, von der Kante gesehen.

Fig. 10. Spiralige Fasern aus der Linse der Ratte.

## Taf. III. Säugethierlinse. Schaf. Ziege.

Fig. 1. *a b c d* Theile eines Aequatorialschnitts der Linse des Schafs aus verschiedener Tiefe. *a b* äussere Schichte, *c* Schichte der zackigen Fasern *d* Kern.

Fig. 2. Aequatorialschnitt aus der Rinde der Schaflinse.

Fig. 3. Desgleichen aus der Schichte der zackigen Fasern.

Fig. 4. Aus derselben Schichte regelmässig abwechselnde Reihen breiter und schmalen Querschnitte.

Fig. 5. Querschnitte aus einer mit Osmiumsäure behandelten Schafinse, in wellenförmige Bänder durch Verklebung der den spitzen Winkel einschliessenden Seitenflächen zerfallend.

Fig. 6. Aehnliche Bänder aus dem Kern der mit Osmiumsäure behandelten Schafinse.

Fig. 7. Eine Faser aus der mit Osmiumsäure behandelten Schafinse, welche die zottigen Anhänge der Ränder und die aus den stumpfen Kanten hervorragenden Stachelchen zeigt.

Fig. 8. Fasern der Schafinse, aus Osmiumsäure. Die Reihen dunkler und heller Pünktchen entsprechen den aus den obern und untern stumpfen Kanten hervorragenden Stachelreihen.

Fig. 9. Eine Reihe von Querschnitten der mit Stachelreihen besetzten Fasern aus der mit Osmiumsäure behandelten Schafinse.

Fig. 10. Mit feinen Härchen besetzte Faser aus dem Kern der in Osmiumsäure macerirten Schaflinse.

Fig. 11. Spiralige, zum Theil mit feinen Stacheln besetzte Fasern der Schaflinse.

Fig. 12. Querschnitte der spiraligen Fasern.

Fig. 13. Querschnitte aus dem Kern der Linse einer jungen Ziege.

Fig. 14. Aequatorialschnitt der in Müller'scher Flüssigkeit aufbewahrten Linse einer jungen Ziege.

#### Taf. IV. Säugethierlinse. Pferd, Schwein, Kalb, Kaninchen.

Fig. 1. Faser aus der Rinde der Linse des Pferdes.

Fig. 2. Fasern mit Zotten des Randes und Stachelreihen der stumpfen Kanten aus der in Osmiumsäure macerirten Linse des Pferdes. Optische Querschnitte.

Fig. 3. Mit Reihen von Stachelchen besetzte Fasern aus dem Kern einer in Osmiumsäure macerirten Linse des Pferdes.

Fig. 4. Fasern mit Zotten des Randes und Stachelreihen aus der Linse des Schweins.

Fig. 5. Fasern aus der Linse des Schweins, einseitig zackig.

Fig. 6. Mit Stachelreihen besetzte Fasern aus dem Kern der Linse des Schweins.

Fig. 7. Querschnitt der Fasern aus dem Centrum der Linse des Schweins.

Fig. 8. Fasern mit zottigen Anhängen aus den äussern Schichten der Kalbslinse.

Fig. 9. Stumpf endende Fasern mit Stachelreihen aus dem Kern der Kalbslinse.

Fig. 10. Fasern mit Stachelreihen und kolbigen Enden, ebendaher.

Fig. 11. Aequatorialschnitt aus der Kernzone der Linse des Kaninchen.

Fig. 12. Aequatorialschnitt aus der Rinde der Kaninchenlinse. Abnorme Formen; ungewöhnlich rascher Uebergang der prismatischen Fasern in platte.

Fig. 13. Wellenförmig gekräuselte, (scheinbar querstreifige) Fasern aus der Linse des Kaninchen.

Fig. 14. Verbreiterte äussere Enden der Linsenfasern des Kaninchen.

Fig. 15. Querschnitt von Zotten- und Stacheln tragenden Fasern aus der Linse des Kaninchen.

Fig. 16. Fasern aus dem Kern der Kaninchenlinse. Unregelmässige Enden.

#### Taf. V. Säugethiere. Reptilien.

Fig. 1. Meridionalschnitt der Linse von *Sorex pygmaeus*.

Fig. 2. Fasern aus derselben.

Fig. 3. Fasern aus der Linse des Maulwurfs.

Fig. 4. Aeussere Fasern aus der Linse des Hasen, Seitenansicht. Die hellen Streifen sind die ausserhalb des Focus befindlichen Kanten der Fasern der tiefern Schichte.

Fig. 5. Querschnitt der stark gezackten Fasern aus der mittlern Schichte der Linse des Dachs.

Fig. 6. Epithel der vordern Kapselwand einer jungen Ziege.

Fig. 7. Innere Fläche der hintern Kapselwand der jungen Ziege. Die Kapsel ist am linken Rande nach aussen umgeschlagen, um die Hervorragungen der netzförmigen Säume zu zeigen, welche die Fläche in Felder abtheilen.

Fig. 8. Meridionalschnitt der Linse von *Lacerta agilis*.

Fig. 9. Desgl. von *Anguis fragilis*.

Fig. 10. Desgl. von *Tropidonotus natrix*.

Fig. 11. Desgl. von einer grossen *Chelonia*.

### Taf. VI. Vögel. Ringwulst.

Fig. 1. Meridionalschnitte verschiedener Vogellinsen. Natürliche Grösse. Der dunkle Streifen bedeutet die Rindenschichte der eigentlichen Linse, die in Müller'scher Flüssigkeit sich hornartig braun färbt und den Ringwulst (die senkrecht zur Axe gestellten Fasern) von dem undurchsichtig weissen Kern der Linse scheidet.

- a. Linse des *Cypselus apus*.
- b. » der *Alauda arvensis*.
- c. » der *Hirundo urbica*.
- d. » der Hausgans.
- e. » des Hähnchens.
- f. » des *Astur palumbarius*.
- g. » der *Strix aluco*.

Fig. 2. Meridionalschnitt der Linse eines jungen Habichts. Eine Schichte amorpher Substanz mit Eiweisskugeln zwischen Ringwulst und eigentlicher Linse.

Fig. 3. Vordere Hälfte des Meridionalschnitts der Linse einer Dohle, *Corvus Monedula*. Amorphe Substanz am vordern Pol der Linse, zwischen Epithel und eigentlicher Linse.

Fig. 4. Vorderer Theil des Meridionalschnitts der Linse von *Cypselus apus*; vielfältig gewundener Ringwulst.

Fig. 5. Derselbe Durchschnitt von einem andern Exemplar derselben Species.

Fig. 6. Gefaltete vordere Spitze des Ringwulstes aus dem Meridionalschnitt der Linse eines Hähnchens.

Fig. 7. Fasern des Ringwulstes aus dem Auge des jungen Habichts, mittelst Salzsäure isolirt. a Aeussere Enden.

Fig. 8. Mit Salzsäure isolirte und theilweise durch ausgetretene Eiweisskugeln veränderte Fasern des Ringwulstes eines jungen Habichts. \* Innere Enden.

- Fig. 9. Dieselben Fasern, weiter fortgeschrittene Veränderung (Varicositäten).  
 Fig. 10. Durch ausgetretene Eiweisstropfen verunstaltete, scheinbar gezähnelte Fasern des Ringwulstes vom jungen Habicht.  
 Fig. 11. Mit Salzsäure isolirte Fasern aus der Uebergangsstelle vom hintern Ende des Ringwulstes in die äussere Schichte meridionaler Fasern. Vom Huhn.  
 Fig. 12. Fasern des Ringwulstes des Huhns. *a* Ansicht der der Kapsel zugewandten Endflächen. *b* Dasselbe Präparat bei tieferer Einstellung des Focus auf die Kerne. Aus einer in Salzsäure erhärteten Linse.  
 Fig. 13. Aeussere Endflächen der Fasern des Ringwulstes der Taube. Aus Müller'scher Flüssigkeit.  
 Fig. 14. Aeussere Enden der Fasern des Ringwulstes von *Falco tinnunculus*. *a* Profil. *b* Endflächen.

### Taf. VII. Vögel. Eigentliche Linse.

- Fig. 1. Aequatorialschnitt der Linse des Hühnchens. *a* Ringwulst, *b* formlose Substanz, *c* Eigentliche Linse.  
 Fig. 2. Querschnitt der Fasern aus der Rindenschichte des Huhns.  
 Fig. 3. Mit Reihen feiner Stacheln besetzte Fasern aus der mittlern Schichte der Linse des Huhns. *a* Flächenansicht, *b* Querschnitt.  
 Fig. 4. Fasern aus dem Kern der Linse des Huhns. *a* Vom Rand, *b* Flächenansicht.  
 Fig. 5. Concave Fasern aus dem Kern des Huhns. *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt.  
 Fig. 6. Aeussere, gegen die hintere Kapselwand gerichtete Enden (vgl. Taf. VI. Fig. 2) der meridionalen Linsenfasern des Huhns, im Profil.  
 Fig. 7. Dieselben, mit widerhakenförmigen Fortsätzen.  
 Fig. 8. Dieselben, von der Fläche gesehen, den täuschenden Anschein einer Zusammensetzung der Fasern aus Zellen gewährend.  
 Fig. 9. Dieselben Fasern, vom eben ausgeschlüpften Hühnchen, mit hellen Flecken in der Nähe der Endflächen.  
 Fig. 10. Meridionaler Durchschnitt der Linse der Taube. Kegelförmige Anhäufung heller Kugeln vom Centrum gegen den vordern und hintern Pol sich erstreckend.  
 Fig. 11. Die kegelförmige helle Figur der vorhergehenden Abbildung bei stärkerer Vergrösserung.  
 Fig. 12. Stachelige Fasern aus der mittlern Schichte der Linse der Taube.  
 Fig. 13. Mit Härchen besetzte Fasern aus der mittlern Schichte der Linse einer *Muscicapa*. *a* vom Rand, *b* von der Fläche.  
 Fig. 14. Faserquerschnitte aus der Linse der Dohle. *a* von der Rinde, *b* von der mittlern und innern Schichte.

Fig. 15. Faserquerschnitte aus der Linse von *Strix aluco*. *a* Von der Rinde, *b* vom Kern.

Fig. 16. Querschnitte, verschobene Sechsecke darstellend, der Fasern des Kerns einer Linse von *Strix aluco*.

Fig. 17. Querschnitt durch die Kernzone der Linse von *Strix flammea*.

### Taf. VIII. Amphibien.

Fig. 1. Flächenansicht der Kapsel des Epithels und der äussern Fasern in der Gegend der Kernzone von *Triton igneus*.

Fig. 2. Aeusserer Theil des Aequatorialschnitts der Froschlinse. *a* Kapsel, *b* Epithel, *c* Querschnitte der Fasern der Rindenschichte, aussen Vacuolen, weiter nach innen Kerne enthaltend.

Fig. 3. Meridionalschnitt der Froschlinse, Gegend der Kernzone. *a* Kapsel.

Fig. 4. Fasern aus der mittlern Schichte der Froschlinse, von der Fläche, treppenförmig abgebrochen. Vgl. S. 7.

Fig. 5. Dieselben vom Rande.

Fig. 6. Aequatorialschnitt der Froschlinse, welcher zeigt, wie die Schichten von der Peripherie gegen die Axe, bei gleich bleibender Breite der Fasern, durch Abnahme der Zahl derselben sich verjüngen.

Fig. 7. Fasern aus dem Innern der Froschlinse, isolirt, um die unregelmässigen Spitzen zu zeigen, mit welchen sie an den Nähten in einander greifen.

Fig. 8. Querschnitt der Fasern aus der mittlern Schichte der Froschlinse.

Fig. 9. Meridionalschnitt des Kerns der Froschlinse.

Fig. 10. Fasern aus dem Centrum der Froschlinse, isolirt.

Fig. 11. Eine Gruppe von Fasern aus dem Wirbel der Froschlinse, das kernhaltige Ende vor- und axenwärts gerichtet.

### Taf. IX. Fische. Plagistomen. Aal.

Fig. 1. Linse von *Scyllium canicula*. *a* Aequatorialdurchschnitt der in Müller'scher Flüssigkeit erhärteten Linse. Natürl. Grösse. *b* Aeusserste Fasern der Rinde, von der Fläche. Ein abgelöstes Bündel derselben, um die Axe gedreht, um die Fasern vom Rande zu zeigen. *c* Die den platten äussersten Fasern nächsten, schwach gezähnelten, von der Fläche.

Fig. 2. Querschnitte aus der Linse eines sehr grossen *Carcharias glaucus*, aus allmählig tiefern Schichten.

Fig. 3. Aus der mittlern Schichte der Linse von *Raja clavata*; die Rauigkeiten der Ränder machen den Eindruck von unregelmässigen Körnchenreihen.

Fig. 4. Querschnitt aus der Rinde der Linse von *Pristiurus melanostomus*.

Fig. 5. Aus der Kernzone von *Pristiurus melanostomus*. Flächenansicht.

Fig. 6. Fasern aus dem Kern der Linse des *Mustelus vulgaris*. *a* im Querschnitt, *b* von der Fläche, *c* vom Rande.

Fig. 7. Epithelzellen von der vordern Wand der Linsen kapsel des Aals, gegen den Rand der Linse in Längsreihen geordnet.

Fig. 8. Aeusserer Theil eines Meridionalschnitts der Linse vom Aal, Gegend des Aequators. Uebergang der Epithelzellen in Linsenfasern (dem Wirbel der Linse höherer Thiere entsprechend).

Fig. 9. Fasern der Mittelschichte der Linse vom Aal.

Fig. 10. Dieselben, bei doppelt so starker Vergrösserung.

Fig. 11. Dieselben, im Querschnitt.

Fig. 12. Dieselben, von der Kante.

Fig. 13. Faser aus dem Kern der Linse des Aals, von der Fläche.

#### Tafel X. Fische.

Fig. 1. Linsenfasern von *Acipenser Sturio*. *a* Von der Fläche, *b* im Querschnitt.

Fig. 2. Linsenfasern des *Hippocampus marinus*, von der Fläche. *a* aus der äussersten Rinde, *b* aus der nächst innern Schichte, *c* aus der mittlern Schichte, *d* aus dem Kern.

Fig. 3. Linsenfasern des *Cyprinus carpio*. *a* von der Fläche, *b* von der Kante.

Fig. 4. Segment einer Lamelle der Linse von *Aspius alburnus*; gegen den Pol convergirende und sich verjüngende Fasern.

Fig. 5. Fasern aus der mittlern Schichte der Linse von *Silurus glanis*.

Fig. 6. Aus der Linse des *Pleuronectes platessa*. *a* Aeusserer Theil des Aequatorialschnitts. \* Epithel, *b* Querschnitt der Fasern der Rinde, stärker vergrössert. *c* Fasern der mittlern Schichte, von der Fläche, Zähne und Nebenzähne. *d* Dieselben im Querschnitt.

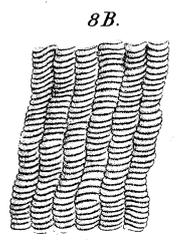
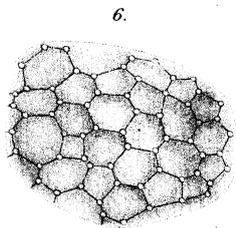
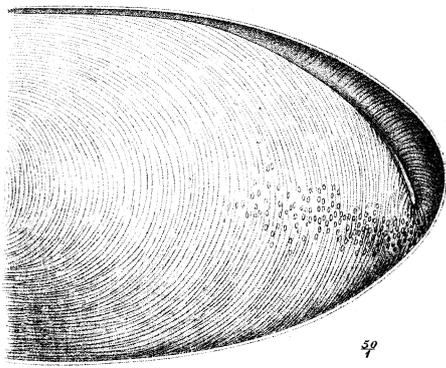
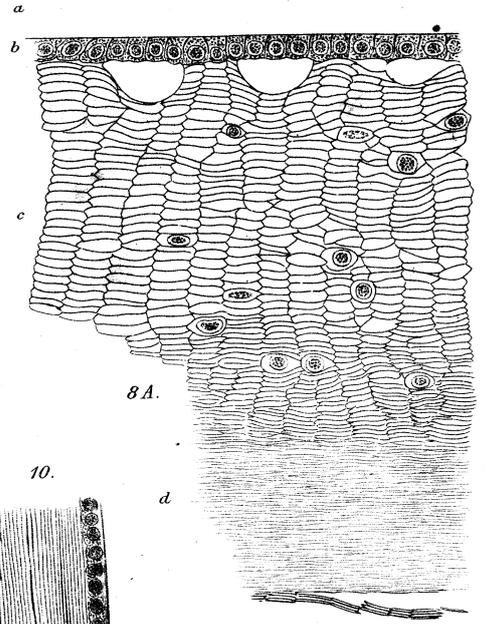
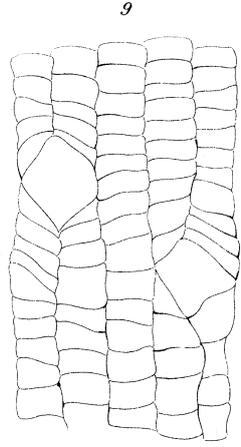
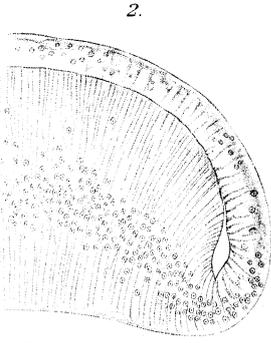
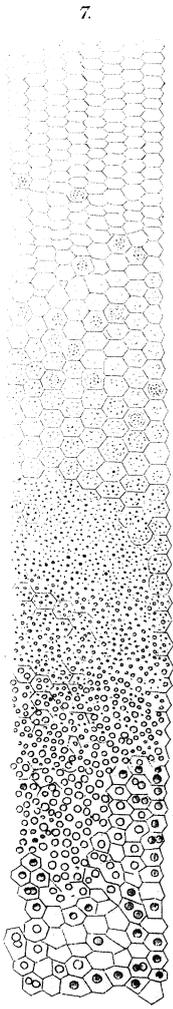
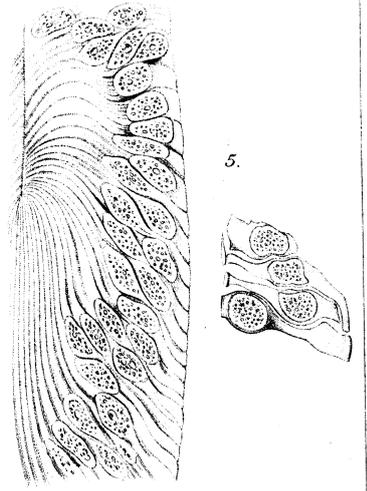
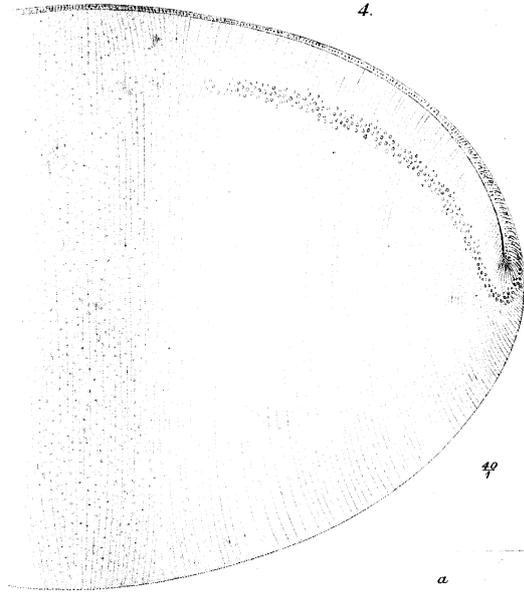
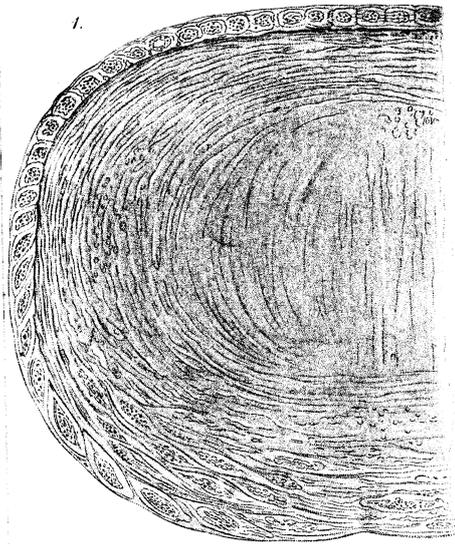
Fig. 7. Fasern aus der Rinde der Linse von *Julis turcica*. *a* vom Aequator, Flächenansicht, *b* Querschnitt derselben, *c* aus der Nähe des Pols, Flächenansicht.

Fig. 8. Fasern aus der Rinde der Linse von *Mullus barbatus*. *a* Flächenansicht, *b* Querschnitt.

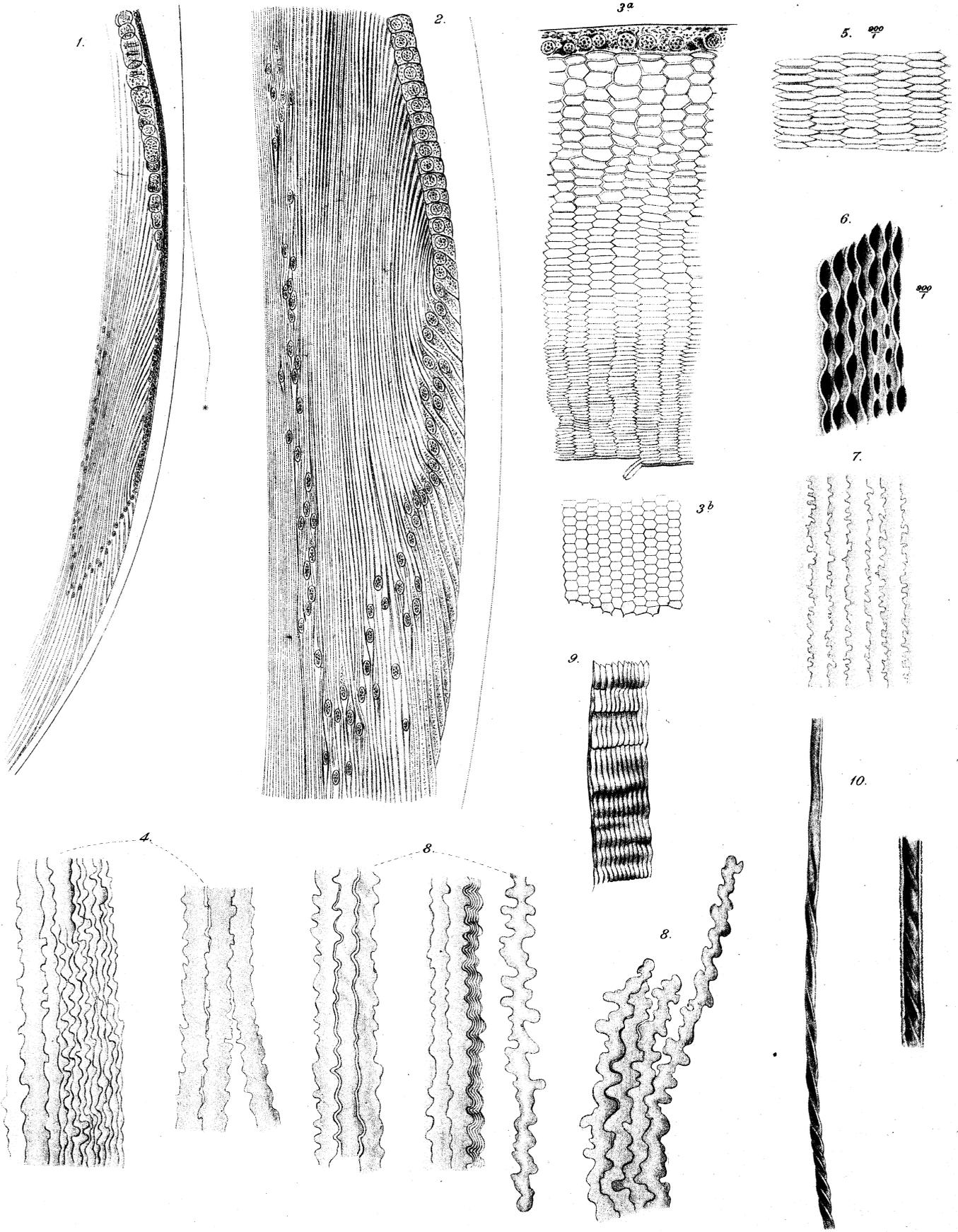
Fig. 9. Fasern der Rinde der Linse von *Sargus annularis*, Flächenansicht.

Fig. 10. Aus der Kernzone von *Pagellus mormyrus*. Flächenansicht.

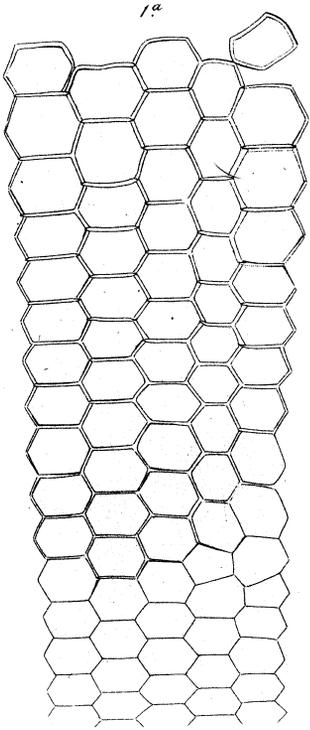
Fig. 11. Gegen den vordern Pol convergirende und verjüngte vordere Enden der Rindenfasern von *Uranoscopus scaber*.



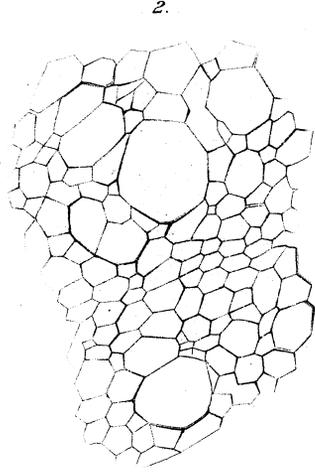




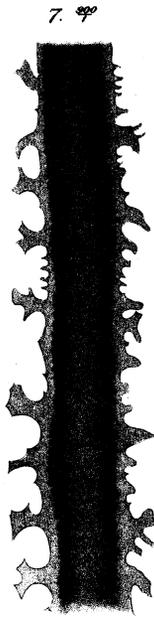




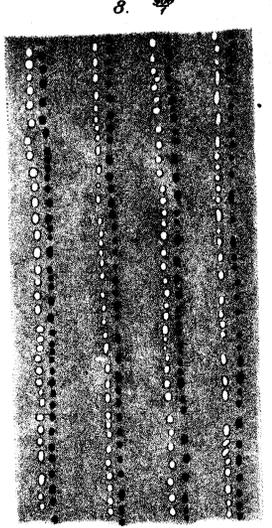
1a



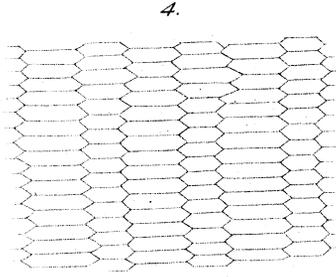
2.



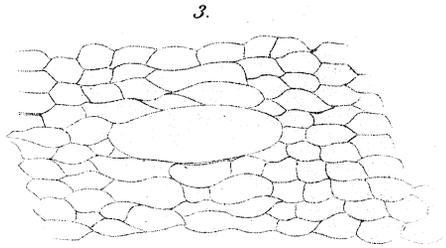
7.  $\frac{200}{7}$



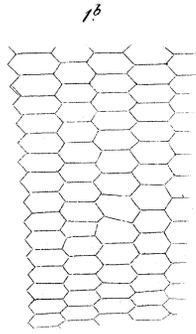
8.  $\frac{200}{7}$



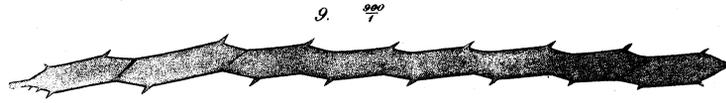
4.



3.



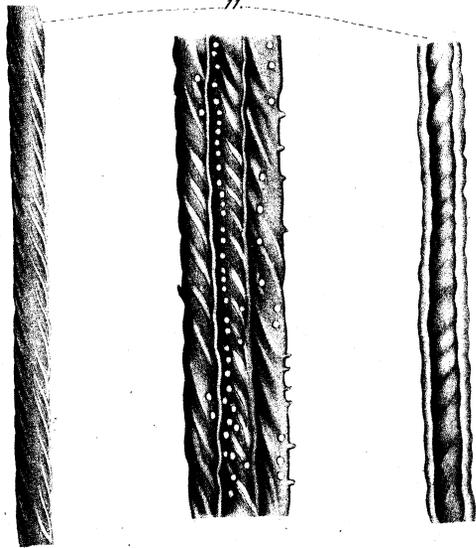
1b



9.  $\frac{200}{7}$



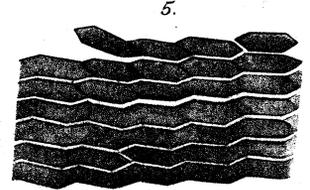
1c



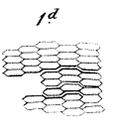
11



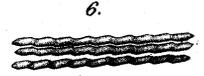
10.  $\frac{200}{7}$



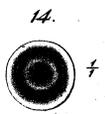
5.



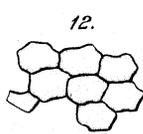
1d



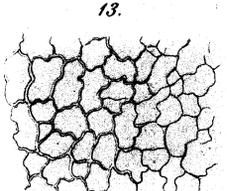
6.



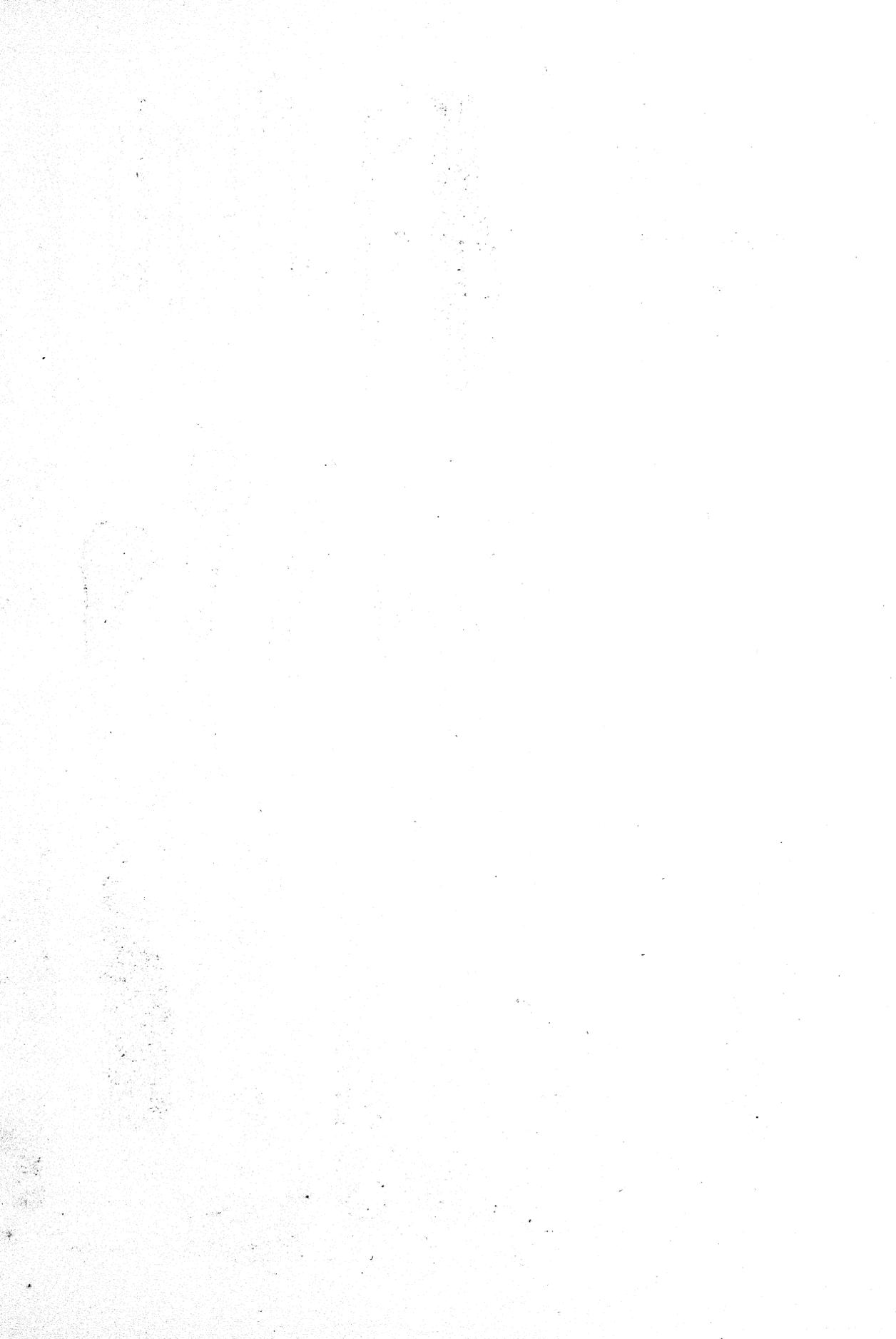
14.

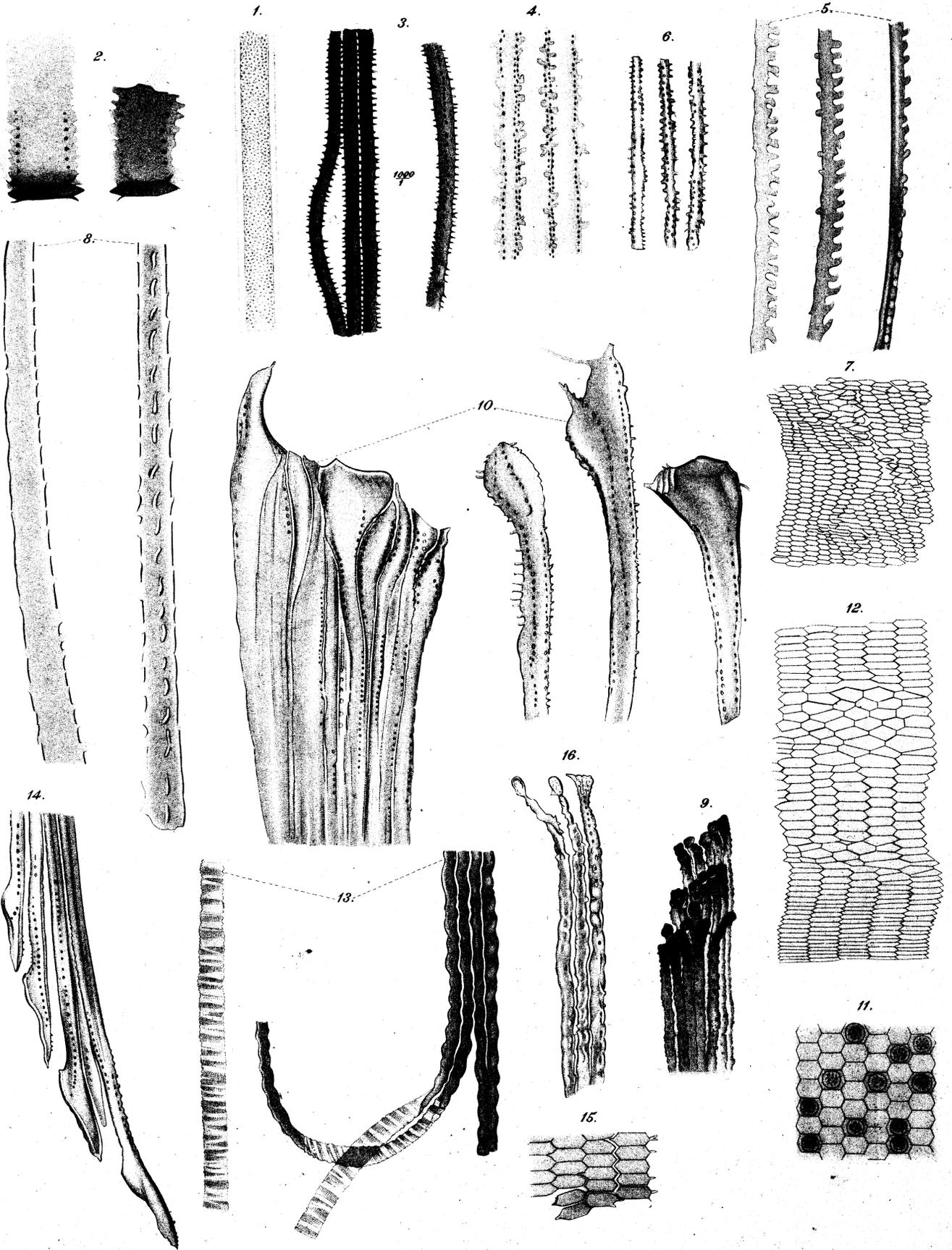


12.

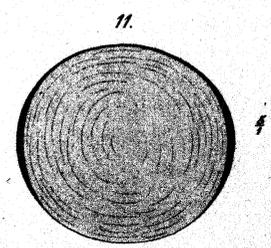
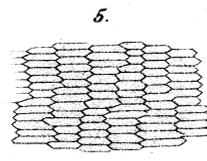
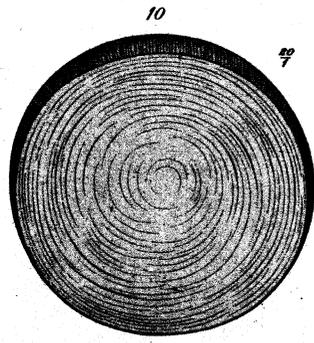
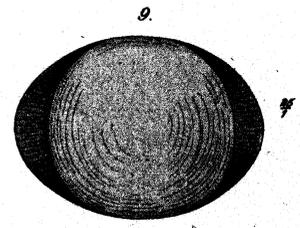
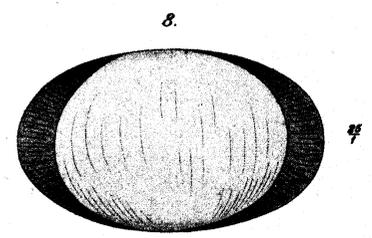
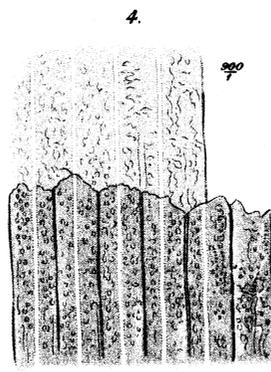
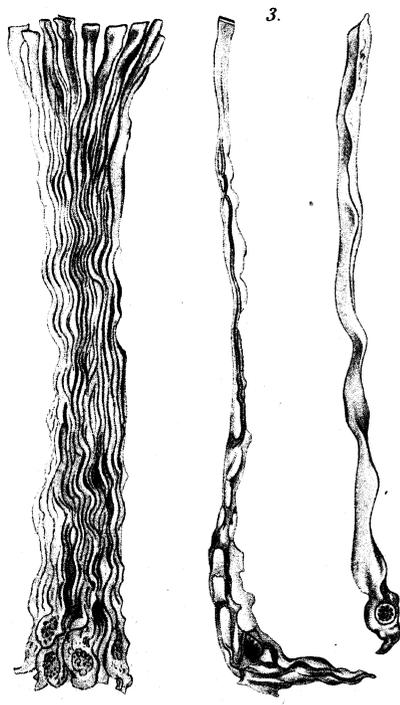
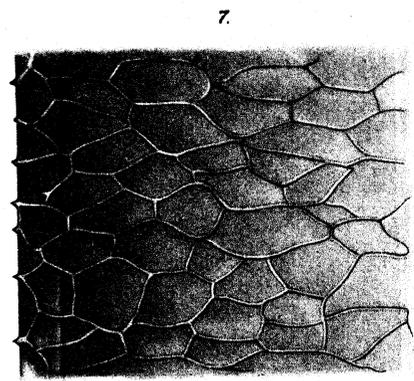
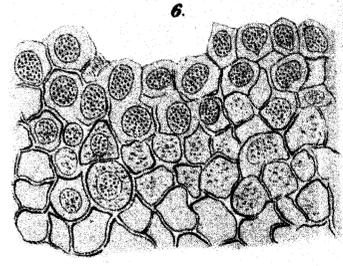
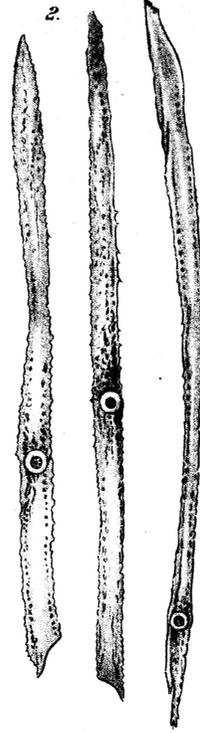
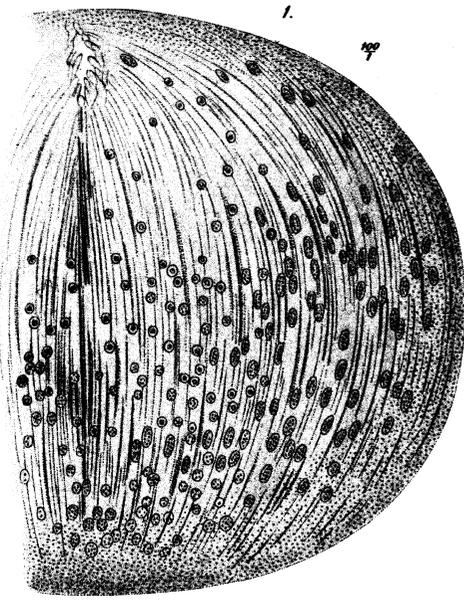


13.

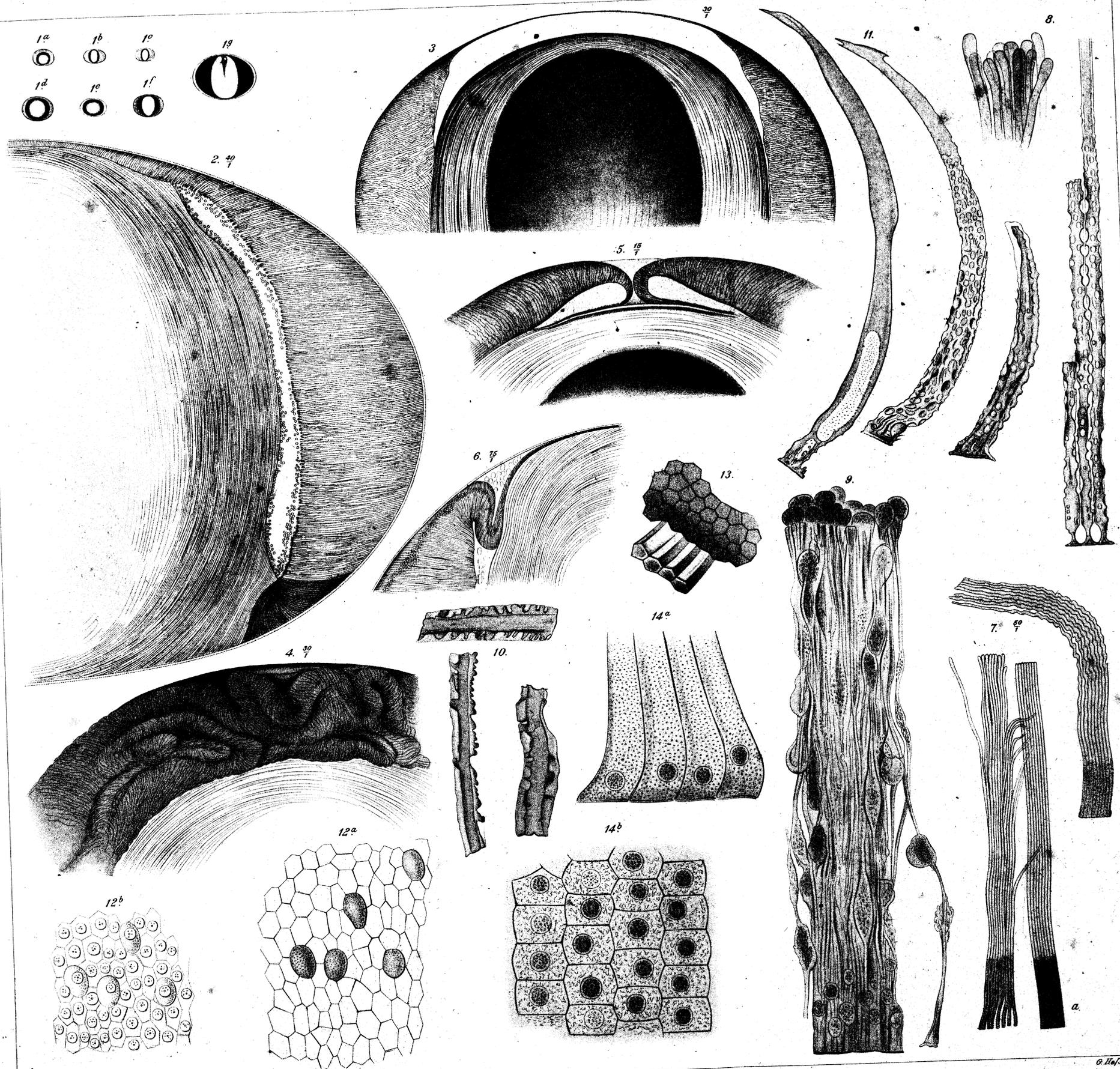


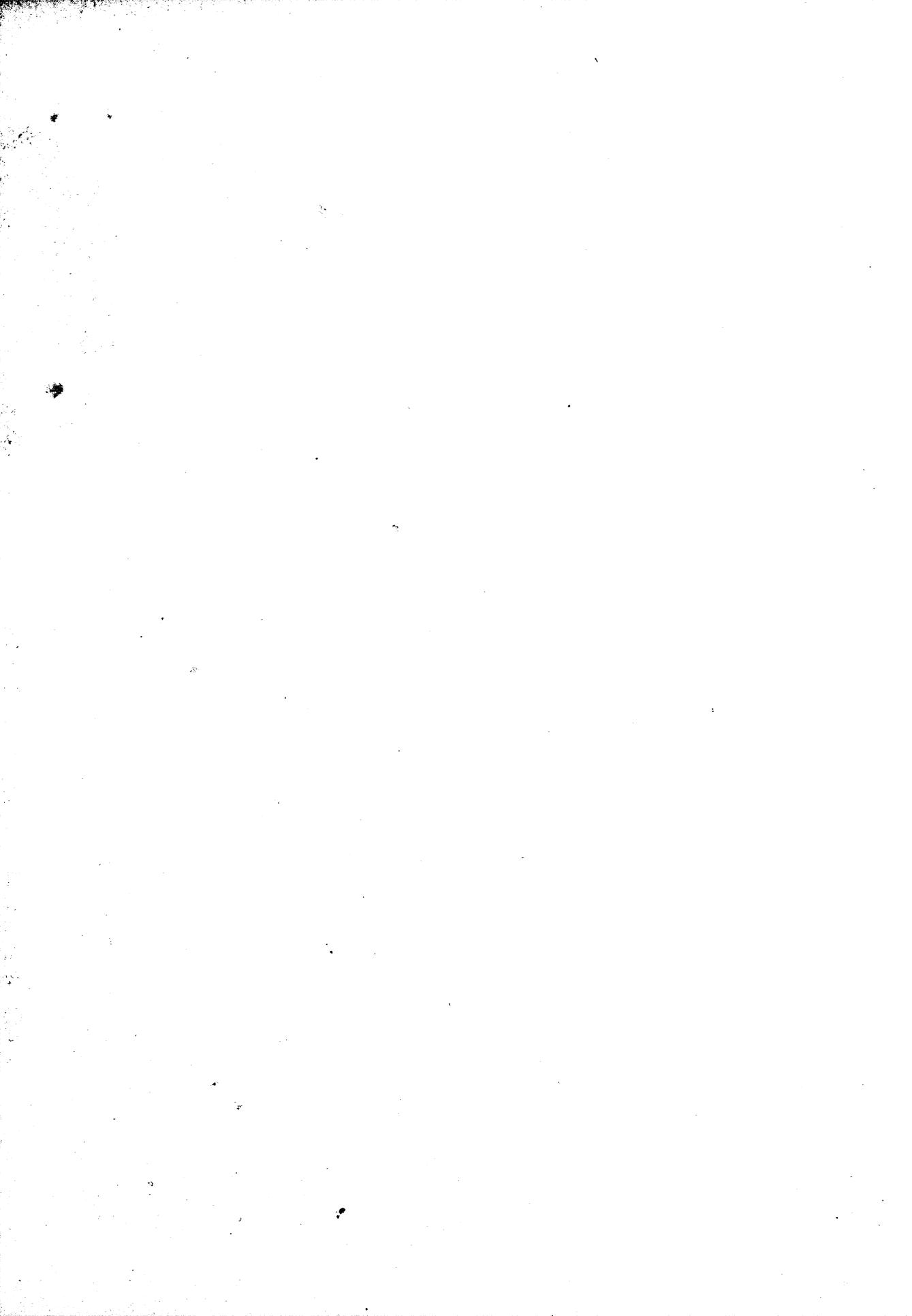


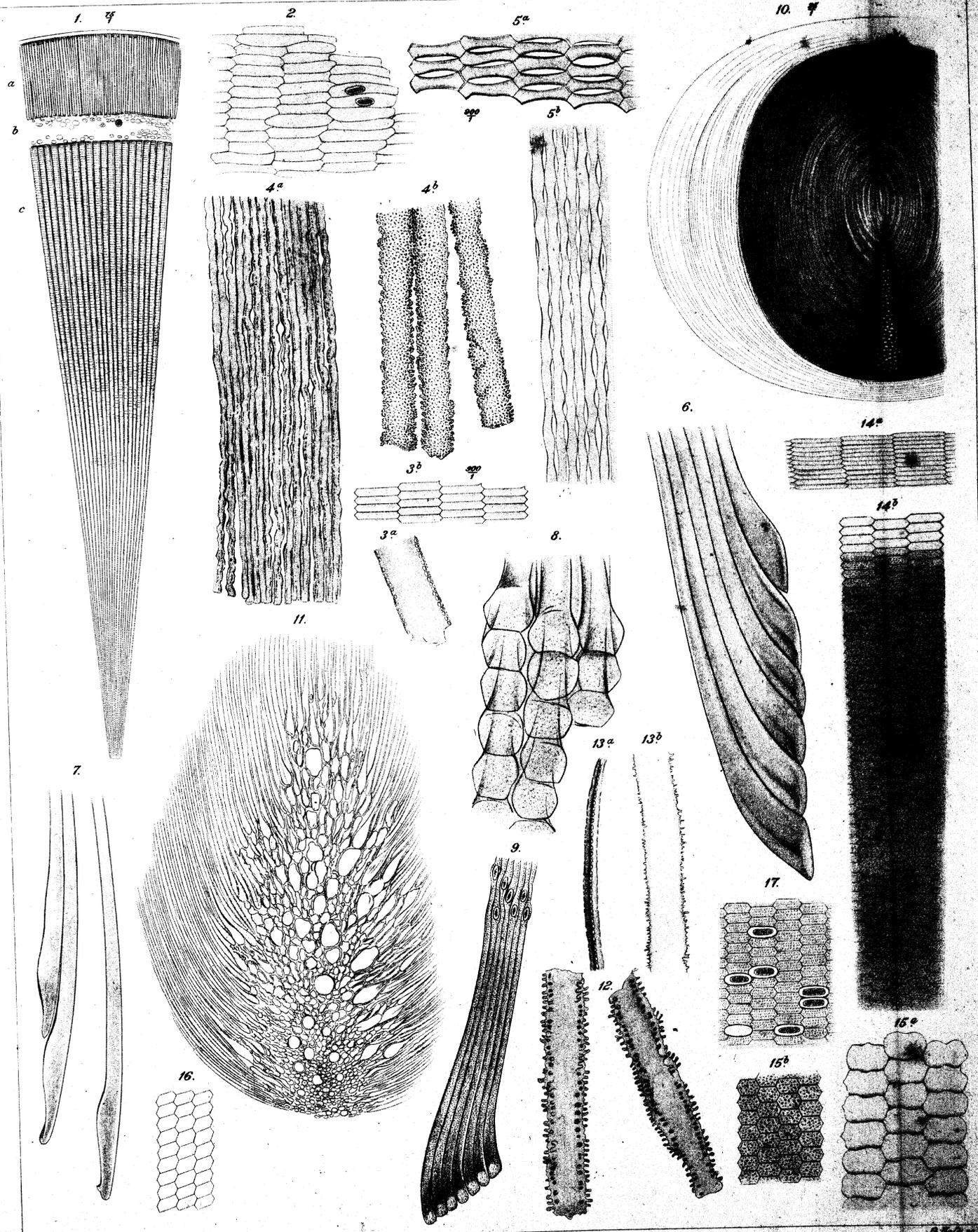




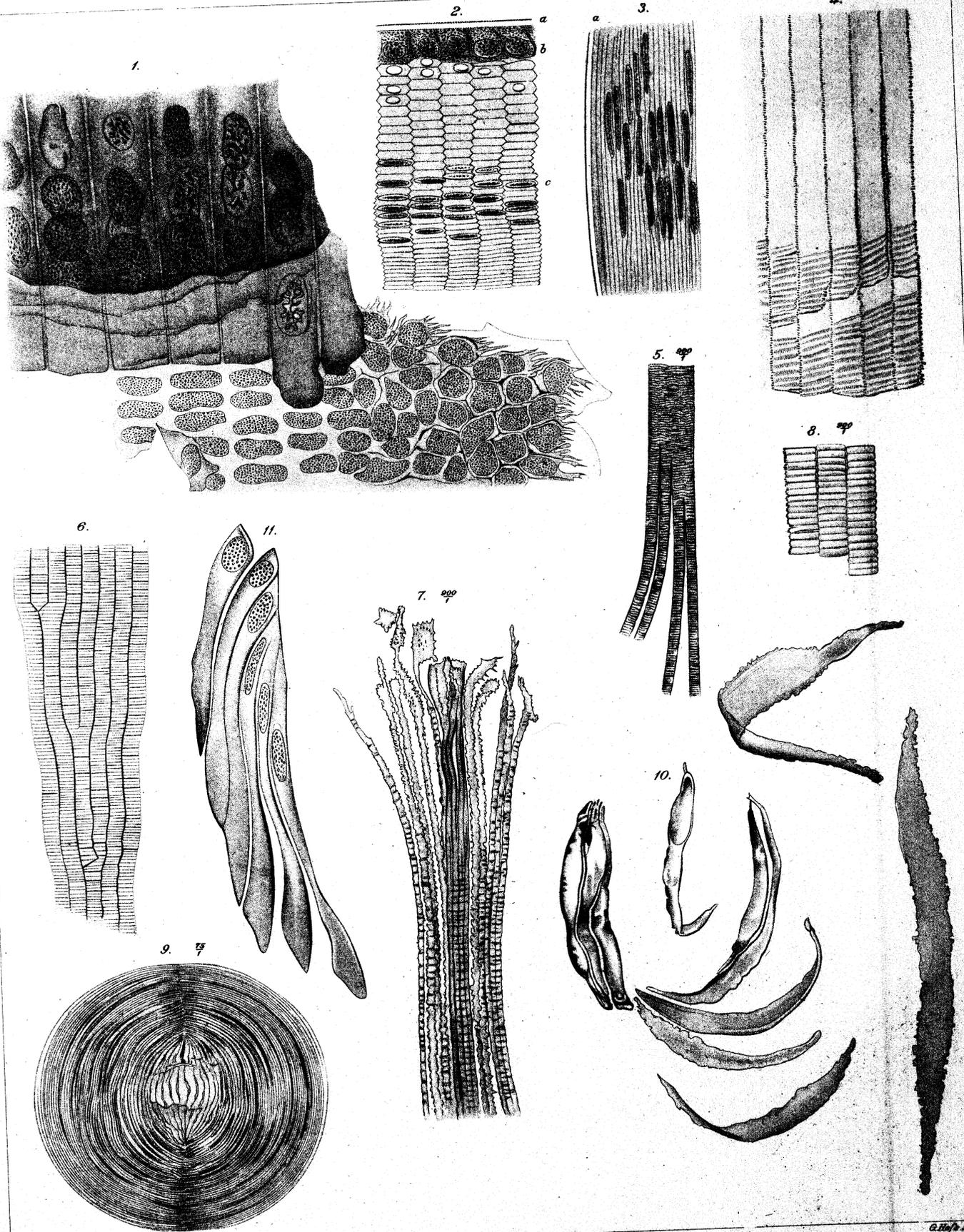


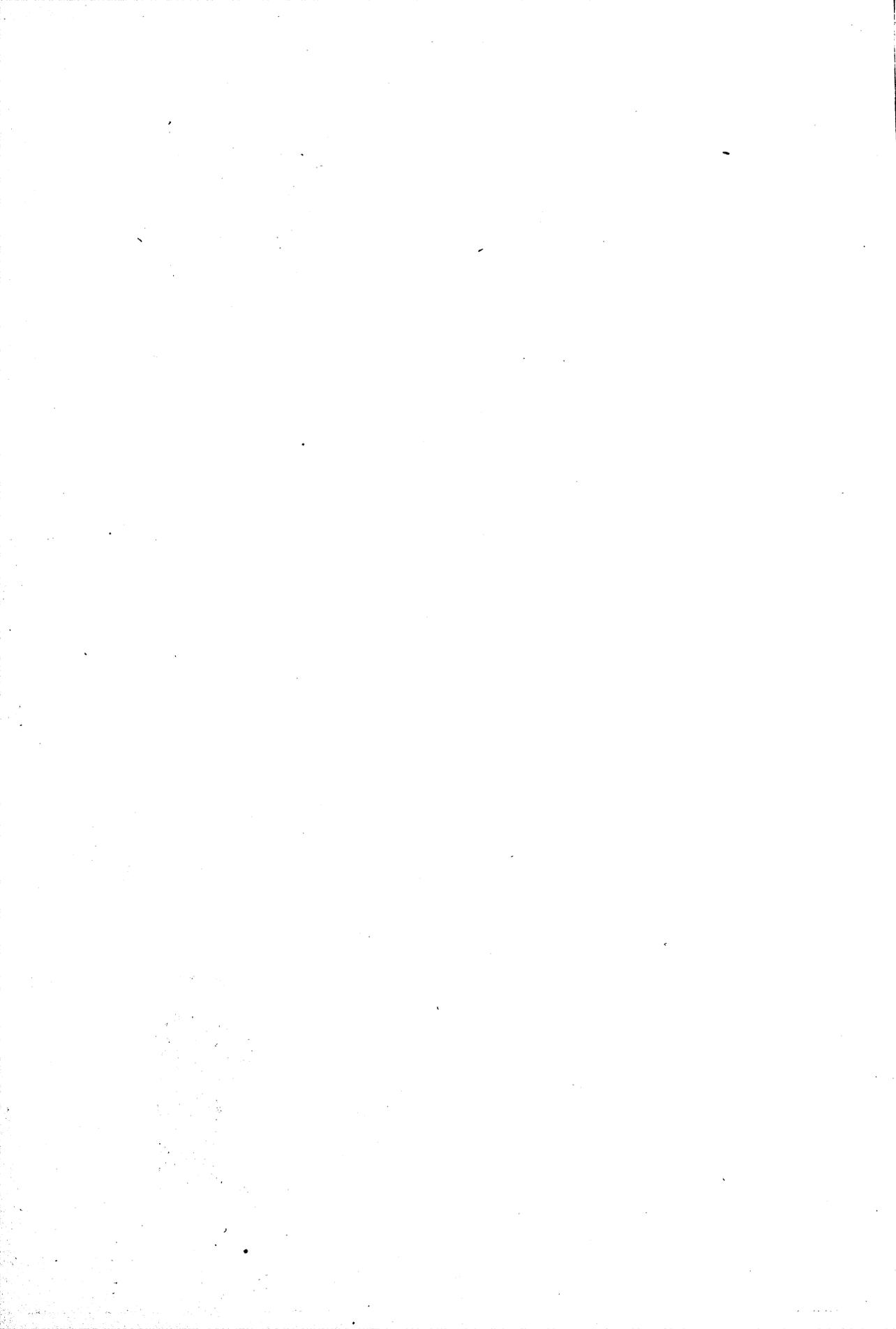


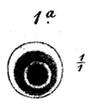




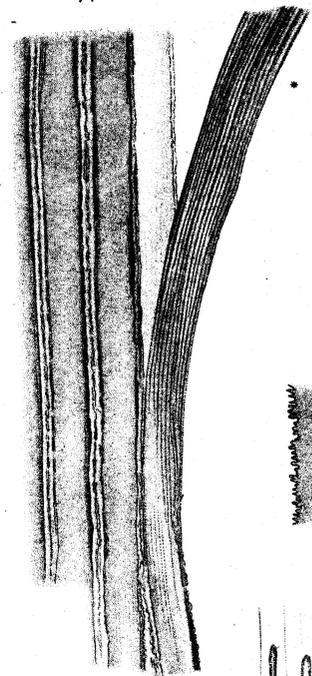




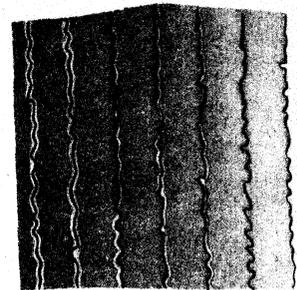




1b



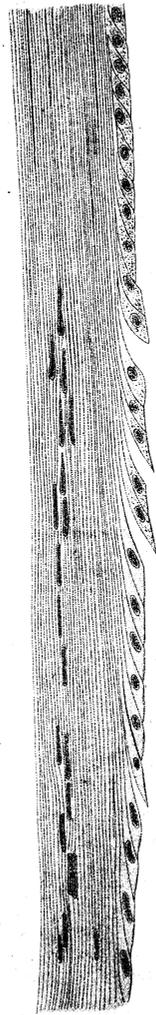
1c



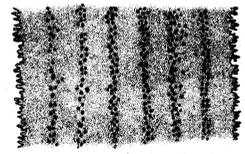
2.



8. 200



3.



4.



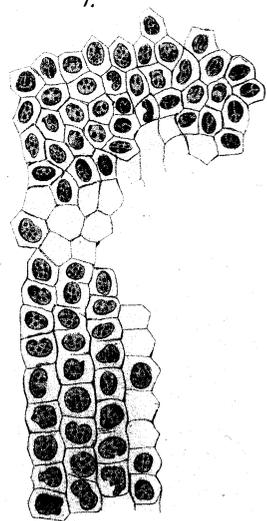
6b



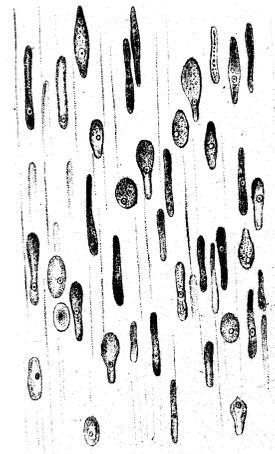
6c



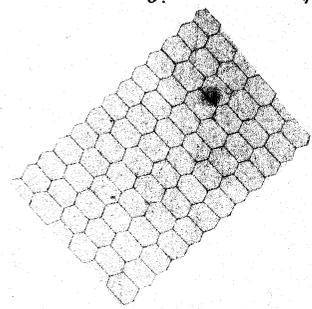
7.



5.

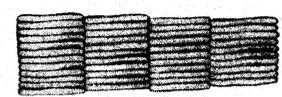


6a

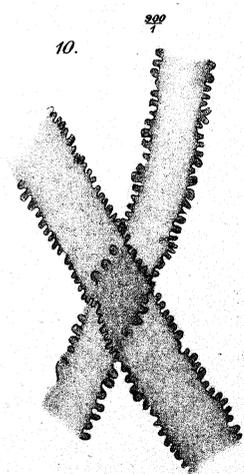


200

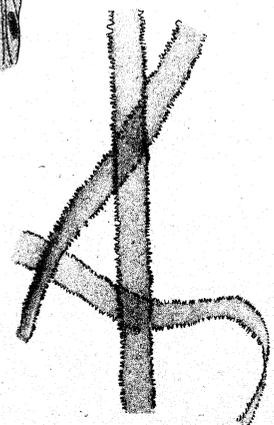
11. 200



10.



9.



12. 200



13. 200



