

Über den Bau der Phalangidenaugen.

Von

Fred. Purcell aus Kapstadt.

(Aus dem Zoologischen Institut zu Berlin.)

Mit Tafel I und II.

Einleitung.

Wiederholt wurde in den letzten Jahren der Bau der Arachnidenaugen studirt. Zumeist betreffen diese Untersuchungen die Skorpione und Spinnen. Den Phalangiden wurde nach dieser Hinsicht wenige Aufmerksamkeit geschenkt, und die beiden einzigen Forscher, GRENACHER und PATTEN, welche sie mit Hilfe der neuen Methoden untersuchten, gelangten bezüglich der Auffassung der Phalangidenaugen zu völlig entgegengesetzten Resultaten.

Der Erste, welcher sich, so weit mir bekannt ist, mit der Anatomie der Phalangidenaugen beschäftigte, war TREVIRANUS (1816, 26), dem dann einige Zeit später TULK (1843, 27) folgte. Beide Arbeiten sind im alten Stile geschrieben und haben nur mehr historisches Interesse.

LEYDIG (1855—1862, 13, 14) verdanken wir einige gelegentliche Bemerkungen über verschiedene Theile des Auges; eine eingehende Beschreibung wurde jedoch von ihm nicht gegeben.

Erst GRENACHER (1879, 6), welcher in seiner großen Monographie auch das Auge von *Phalangium opilio* L. behandelte und es durch einige Abbildungen erläuterte, giebt die erste eingehende und, abgesehen von einem wichtigen Punkte, die genaueste Darstellung, welche wir besitzen.

1887 veröffentlichte PATTEN (20) eine sehr kurze, anderthalb Seiten umfassende, vorläufige Mittheilung, ohne Abbildungen, über eine vermuthlich amerikanische Phalangide.

Endlich habe ich selbst (22) eine kurze vorläufige Notiz über die Anatomie und Entwicklung des Auges von *Leiobunum rotundum* Latr.

(*L. hemisphaericum* Herbst) gegeben, welche sich aber nur auf einige wenige der bemerkenswerthesten Züge beschränkte.

Die vorliegende Untersuchung beabsichtigt hauptsächlich eine möglichst genaue und vollständige Beschreibung der Retinaelemente zu geben. Die Linse und der Glaskörper werden besonders aus dem Grunde, weil sie von GRENACHER schon sehr genau beschrieben sind, weniger eingehend behandelt werden.

Die Präparate, welche als Beleg für die vorliegenden Ausführungen dienen, wurden bei Gelegenheit der zweiten Jahresversammlung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft demonstrirt. Die Beobachtungen sind an allen denjenigen Species, welche ich mir in der Umgegend von Berlin in genügender Menge verschaffen konnte, gewonnen worden. Diese acht Species gehören sechs Genera¹ an. Dieselben lassen sich nach dem Bau ihrer Rhabdome in zwei natürliche Gruppen unterscheiden, welche ich durch den Namen eines charakteristischen Genus gekennzeichnet habe:

- a) die *Leiobunum*-Gruppe; sie umfasst:
 - 1) *Leiobunum rotundum* Latr. (*L. hemisphaericum* Herbst),
 - 2) *Phalangium opilio* L. (*Ph. cornutum* L.),
 - 3) *Phalangium brevicorne* C. Koch,
 - 4) *Platybunus triangularis* Herbst;
- b) die *Acantholophus*-Gruppe; die umfasst:
 - 5) *Opilio parietinus* de Geer,
 - 6) *Acantholophus hispidus* Herbst,

¹ Die Bestimmung der Species geschah mit Hilfe des ausgezeichneten Buches von SIMON (24), dessen Nomenklatur ich, außer in dem folgenden Punkte, angewendet habe. Das Genus *Phalangium*, wie ich es hier verstehe, und welches in meiner Arbeit durch *Phalangium opilio* L. und *Ph. brevicorne* C. K. vertreten ist, stimmt überein mit dem Genus *Cerastoma* von C. L. КОСН und Anderen. Es ist charakterisirt durch die hornähnliche Verlängerung, welche sich an der Basis des zweiten Gliedes der Cheliceren beim Männchen findet. SIMON dagegen, welcher keinen Unterschied zwischen den Weibchen von *Cerastoma* und *Opilio* fand, vereinigte beide Genera unter dem Namen *Phalangium*. Ich habe nun aber gefunden, dass im Bau der Retina die Species von КОСН's Gattung *Cerastoma* (*Phalangium opilio* und *Ph. brevicorne*) sehr nahe *Leiobunum* verwandt sind, aber beträchtlich von *Opilio parietinus* de Geer abweichen, während die letztere Art wiederum sehr nahe *Acantholophus* und *Oligolophus* verwandt ist. Aus diesen Gründen bin ich gezwungen, die beiden erstgenannten Species (*Phalangium opilio* und *Ph. brevicorne*) von *Opilio parietinus* wieder zu trennen, und ich habe statt КОСН's Namen *Cerastoma* den Namen *Phalangium* L., für welche Gattung *Phalangium opilio* L. typisch ist, gebraucht, während *Opilio* Herbst für die Gattung bleibt, für welche *Opilio parietinus* de Geer den Typus darstellt.

7) *Oligolophus palpinalis* Herbst (Op. terricola C. Koch),

8) *Oligolophus tridens* C. Koch.

Jede von diesen Arten wurde von mir mit möglichster Genauigkeit geprüft, und alle Angaben in der folgenden Darstellung gelten für alle Species, falls das Gegentheil nicht besonders hervorgehoben ist.

Es ist mir eine angenehme Pflicht Herrn Geheimrath Professor F. E. SCHULZE für das lebhafte Interesse, das er meiner Arbeit zuwandte, sowie für die Überlassung der reichen Hilfsmittel des Berliner Zoologischen Instituts meinen aufrichtigen Dank auszusprechen. Auch Herrn Professor E. KORSCHULT bin ich für vielfachen freundlichen Rath zu herzlichem Dank verpflichtet.

Untersuchungsmethoden.

Von den technischen Schwierigkeiten, mit welchen bekanntlich eine Untersuchung der Retina zu kämpfen hat, ist die größte diejenige, eine geeignete Konservierungsflüssigkeit zu finden.

Die gewöhnlichen kalten wässerigen Lösungen sind wenig brauchbar, wahrscheinlich weil sie viel zu langsam eindringen und die rasch sich verändernden Gewebe des Auges erst einige Zeit nach dem Tode erreichen.

Warme wässerige Lösungen zwischen 35 und 95° C. dringen zwar rasch ein, aber die wichtigen Zellgrenzen werden oft undeutlich wiedergegeben und die Rhabdome werden durch die Hitze stark verlängert, so dass ihre Bilder zum Studium weniger geeignet sind.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, und um ein rascheres Eindringen ohne Anwendung von Hitze zu bewirken, bin ich fast ausschließlich nach folgendem Princip vorgegangen. Die gewöhnlichen wässerigen Reagentien (Pikrinsäure, FLEMMING'sche Lösung etc.) werden mit einer gleichen Menge von absolutem Alkohol vermischt, wodurch sich eine Flüssigkeit ergibt, die 50% Alkohol enthält und welche die Fähigkeit hat, schnell in das Gewebe einzudringen. Diese Mischungen habe ich gewöhnlich in kaltem Zustande, nur für bestimmte Zwecke auch warm angewandt.

Kalte alkoholische Pikrinsäurelösung, welche ich durch Mischung von absolutem Alkohol und einer gesättigten wässerigen Pikrinsäurelösung zu gleichen Raumtheilen erhielt, ist die bei Weitem beste Konservierungsflüssigkeit, welche ich kenne, für die Darstellung der feinsten Strukturen in der Retina. Der abgeschnittene Cephalothorax bleibt in der Mischung drei oder mehr Stunden, und wird nachher mit 63%igem Alkohol ausgewaschen. Die Kerne, Zellgrenzen, die Wabenstruktur des Protoplasmas und die Rhabdome bleiben aus-

gezeichnet erhalten. Das hohe Lichtbrechungsvermögen der Rhabdome und die Eigenschaft der verschiedenen Theile der letzteren, sich verschieden zu färben, sowie besonders die Lösbarkeit des Pigments werden dadurch nicht beeinträchtigt oder gemindert. Gewisse Nachteile dieses Reagens beruhen in der schlechten Konservierung der Nervenfasern. In Folge dessen mussten neben dieser Methode noch andere angewendet werden.

Da die Nervenfasern durch kalte Flüssigkeiten überhaupt sehr schlecht zu konserviren sind, so muss man die betreffenden Reagentien warm anwenden, und zwar bei Temperaturen zwischen 35 und 95° C. (z. B. alkoholische Pikrinsäurelösung bei 45° C.; Pikrinschwefelsäure bei 56° C.).

Zum Studium der Rhabdome eignet sich am besten die Härtung in kalter alkoholischer Pikrinsäure und die Färbung mit Hämatoxylin. Um bei gewissen Species (z. B. Phalangium, Acantholophus) die Wabenstruktur der Rhabdome deutlich zu machen, muss man, so lange das Objekt in der Flüssigkeit sich befindet, dieselbe auf 35° C. erwärmt halten. Ferner habe ich, um eine Differenzirung zwischen dem centralen Rhabdomer und den peripheren Rhabdomeren zu bekommen, die Objekte 20 Minuten lang bei 45—50° C. in 50%igem Alkohol, der bei derselben Temperatur mit Pikrinsäure gesättigt war, gehärtet. Das Pigment des Auges, welches durch die warme Flüssigkeit gelöst wird, färbt die Kerne und gewisse Theile des Rhabdoms (besonders das centrale Rhabdomer) tief braun oder schwarz, während die übrigen Theile des Rhabdoms ungefärbt bleiben oder höchstens einen hellbraunen Ton annehmen. Aus solchen Präparaten darf natürlich das Pigment nicht entfernt werden, und eine weitere Färbung ist überflüssig.

Übersichtsbilder, welche die richtigen topographischen Verhältnisse der Theile des Auges zeigen, sind sehr schwer zu gewinnen, weil bei Anwendung von kalten Lösungen der Glaskörper schrumpft, bei Anwendung von warmen die Rhabdome und Retinazellen sich verlängern. Am besten eignet sich hierfür vielleicht eine Mischung von FLEMMING'scher Lösung und Alkohol absolutus zu gleichen Theilen, welche man bei gewöhnlicher Temperatur anwendet; ferner auch warme alkoholische Mischungen (mit FLEMMING'scher Lösung, Pikrinsäure etc.) bei einer Temperatur von 56° C. für 40 Minuten.

Das Pigment wurde mittels einer Mischung von zwei Theilen 80%igem Alkohol, einem Theil Glycerin und 2 bis 3% Salzsäure (nach GRENACHER'S [8] Angaben) entfernt. Die Fähigkeit dieser Mischung, das Pigment zu lösen, wird sehr durch die Methode der Härtung beein-

flusst. Sie entfernt das Pigment vollständig in $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Minute aus dünnen Schnitten ($3,5 \mu$), welche in kalter alkoholischer Pikrinsäure gehärtet sind, ohne das Gewebe im geringsten zu schädigen. Dagegen ist für solche Präparate, welche in warmen Flüssigkeiten gehärtet sind, eine längere Einwirkung und oft ein gelindes Erwärmen nöthig, wobei die Schnitte mehr oder weniger stark leiden.

Man färbt am besten mit Hämatoxylin. Schnitte von $3,5 \mu$ Dicke werden nach der Entfernung des Pigments 20 Minuten in DELAFIELD'sches Hämatoxylin gebracht, dann einige Stunden in gewöhnlichem Wasser (nicht in salzsaurem Alkohol) ausgewaschen.

Es ist in Folge der Kleinheit der Elemente der Retina unbedingt nothwendig, lückenlose Serien von Schnitten zu bekommen, welche nicht mehr als $3,5 \mu$ dick sind. Es wäre mir dieses ohne Anwendung der Lösung von Mastix und Kollodium (in Alkohol und Äther) unmöglich gewesen. Diese Methode verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Professor KARL HEIDER¹, der sie zuerst in seiner Hydrophilus-Arbeit erwähnt. Die Oberfläche des Paraffinblockes wird jedes Mal vor dem Schneiden mit dieser Lösung überstrichen. Das dünne Häutchen von Mastixkollodium, welches nach der Verdunstung des Alkohols und Äthers zurückbleibt, genügt um ein Zerreißen oder Brechen des Schnittes, wenn das Messer durch das harte Chitin des Körpers geht, zu verhindern. Das Schneiden wird dadurch sehr erleichtert, dass man zuerst mit dem Mikrotom einen großen Theil der Linse und der vorderen chitinösen Wand des Augenhöckers wegschneidet. Das Objekt wird dann noch einmal in Paraffin eingebettet, bevor man die definitiven Schnitte, welche quer zur Sehachse liegen, anfertigt.

Die Untersuchung wurde in einem Medium vorgenommen, welches einen niedrigen Brechungsindex hat, wie z. B. Wasser, Alkohol und besonders einer Lösung von essigsäurem Kali. Präparate halten sich in letzterem Medium mehrere Jahre, jedoch wird die Färbung gewöhnlich nach einigen Wochen theilweise ausgezogen. Sie können aber dann leicht, wenn es nothwendig ist, zu jeder Zeit wieder gefärbt werden. Kanadabalsam ist wegen seines hohen Brechungsindex wenig geeignet, weil die feineren Details verschwinden oder sehr undeutlich werden.

In Bezug auf die oben angegebene Herstellungsmethode der Schnitte (alkoholische Pikrinsäurelösung — GRENACHER'sche Flüssigkeit — Hämatoxylin — essigsäures Kali) ist es wichtig zu bemerken, dass der Zustand der definitiven Präparate bei verschiedenen Individuen der-

¹ K. HEIDER, Die Embryonalentwicklung von *Hydrophilus piceus* L. I. Theil. Jena 1889.

selben Species sehr verschieden ist. Es ist deshalb zu rathen, von jeder Art, die man untersucht, eine größere Zahl von Schnittserien anzufertigen. Von meinen Schnittserien erwies sich zwar gewöhnlich die größere Zahl als gut, doch fand ich immer unter ihnen eine oder zwei Serien, deren Erhaltungszustand und Färbung ganz musterhaft waren, und welche die übrigen hierin weit übertrafen. Nachdem ich mir lückenlose Schnittserien mit gut erhaltenen Zellgrenzen verschafft hatte, wurden die Zellgrenzen in jenem Theil der Retina, welcher genau quer getroffen war, mit Hilfe eines Zeichenapparates entworfen. Jede Retinula in einer der Zeichnungen wurde dann mit einer Zahl versehen. Durch sorgfältige Vergleichung mit der Zeichnung des nächsten Schnittes lässt sich mit absoluter Sicherheit jede Retinula in letzterem identificiren und jede mit der ihr zukommenden Zahl versehen. Nachdem derart mit allen Zeichnungen von sämtlichen Schnitten verfahren ist, kann man schließlich den Querschnitt durch eine und dieselbe Retinula in jeder Region der Retina genau feststellen und studiren.

I. Orientirung über den größeren Bau der Phalangidenaugen.

Die Phalangiden besitzen im Gegensatz zu den meisten Arachniden nur zwei Augen. Dieses Augenpaar ist bekanntlich in einem Höcker auf der Dorsalfläche des Cephalothorax enthalten. Die Sehachsen bilden einen rechten Winkel mit einander und liegen in einer Transversalebene des Körpers, so dass sie seitwärts und aufwärts gerichtet sind. Da die Basen der beiden Augen zum größten Theil in der Medianebene (in Fig. 44 durch den Pfeil angedeutet) sich berühren, so sind sie hier abgeplattet, während der übrige Theil der Oberfläche des Augenbulbus gewölbt ist.

Jedes Auge ist durch eine Scheidewand, die präretinale Zwischenlamelle GRABER'S (5) (*prae.m* Fig. 40), welche eine direkte Fortsetzung der Basalmembran (*bm* Fig. 40) der Hypodermis ist, in einen äußeren und inneren Abschnitt geschieden. Der erstere funktioniert als dioptrischer Apparat und besteht aus dem Glaskörper (*Gl*) mit seinem Abscheidungsprodukt, der Linse (*L*). Glaskörper und Linse sind von einer Zone pigmentirter Hypodermiszellen (*Pg*²) resp. pigmentirter Cuticula (*Pg*¹) umgeben.

Der innere Abschnitt dagegen bildet den percipirenden oder nervösen Theil des Auges, der sich hauptsächlich aus einer mächtigen Retina (*Rt*) und einer viel dünneren Nervenfaserschicht (*Nv* Fig. 44), die proximal von ihr liegt, zusammensetzt. Die Oberfläche dieses Abschnittes ist, mit Ausnahme des abgeplatteten medianen

Theiles, von einer Membran (der Periretinalmembran MARK'S, *peri.m*) und ihrer dünnen zelligen Matrix (*Mx*) umgeben. Da diese Membran nicht zwischen die Augen dringt, sondern am Rande der erwähnten Berührungsstelle beider Augen kontinuierlich von einem zum anderen Auge übergeht, so bilden die periretinalen und die oben genannten präretinalen Membranen beider Augen zusammen eine einzige Kapsel (die Retinalkapsel MARK'S), welche die beiden Retinae sammt Nervenfaserschichten in einer gemeinsamen Hülle einschließt. Auf der ventralen Seite ist die Kapsel von einer Anzahl Löchern durchbrochen, welche in zwei parallelen Reihen von gewöhnlich je acht angeordnet sind, durch deren jedes ein Sehnerv hindurchtritt.

II. Linse und angrenzende Cuticula.

Die Linse ist bekanntlich eine verdickte durchsichtige Partie der chitinösen Cuticula des Körpers. Ihre stark konvexen Flächen gehören, wie GRENACHER sagt, Kugelflächen von ungleichen Radien an, und zwar übertrifft derjenige der äußeren den der inneren.

Die an die Linse angrenzende Cuticula lässt deutlich drei chitinöse Schichten erkennen, von denen die äußerste (*Cl*¹ Fig. 10 u. 11) sehr dünn, stark lichtbrechend, homogen ist und sich nicht färbt. Die mittlere (*Cl*²) erscheint viel dicker und meist pigmentirt, besonders in der unmittelbar der Linse benachbarten Partie, welche dadurch wie eine breite dunkle Zone (*Pg*¹) erscheint. Die mittlere Lage zeigt nur eine undeutliche Schichtung, während diese bei der innersten Lage (*Cl*³) sehr deutlich ausgeprägt ist.

Von diesen drei Schichten geht nur die äußerste unverändert bezüglich ihrer Dicke und sonstigen Beschaffenheit in die äußere Lage der Linse über; die mittlere und innere Schicht dagegen werden stark verdickt und bilden die Masse der Linse. In der letzteren lassen sich diese beiden inneren Schichten nicht mehr von einander unterscheiden, zumal sie auch in ihrer Beschaffenheit jetzt sich ähnlich erweisen, indem sie mit Hämatoxylin sich intensiv färben, gerade so wie die weiche, neugebildete Cuticula während der Häutung. Die Cuticula des Körpers nimmt sonst kaum eine Färbung an. Auch die Substanz der Linse ist gegen Reagentien weniger widerstandsfähig; so wird sie z. B. durch heiße Pikrinschwefel- und Pikrinsalpetersäure stark angegriffen, obwohl dies bei gewöhnlicher Cuticula durchaus nicht der Fall ist.

In der Cuticula finden sich zwei Arten von Porenkanälen, gröbere und feinere. Von diesen konnte ich die gröberen, eben so wenig wie GRENACHER, in der Linse auffinden, obwohl sie LEYDIG (13, p. 434) beschreibt und abbildet. Die anderen Porenkanäle (*por*), welche

äußerst fein sind und die ganze Dicke der Cuticula in großer Anzahl durchsetzen, sind auch in der ganzen distalen Partie der Linse deutlich zu unterscheiden, dagegen konnte ich sie nicht im Centrum und in der proximalen Partie erkennen.

III. Glaskörper.

Zu der genauen Beschreibung, welche GRENACHER vom Glaskörper (*Gl* Fig. 10 u. 11) giebt, kann ich nichts Neues hinzufügen. Er ist ein durchsichtiger Theil der Hypodermis (*Hy*), in welche er kontinuierlich übergeht. Die kleinen Kerne liegen am proximalen Ende ihrer Zellen. Nur an der Grenze, wo der Übergang in die Hypodermis stattfindet, verschiebt sich ihre Lage nach der Mitte und dem distalen Ende (Pg^2). Hier sind auch die Zellen pigmentirt und ihre Kerne erscheinen langgestreckt. Dieser Ring von Pigmentzellen (Pg^2), der direkt unter der oben erwähnten Pigmentzone (Pg^1) der Cuticula liegt, bildet mit der letzteren zusammen eine Pigmentwand, welche verhindert, dass die Lichtstrahlen auf anderem Wege als durch die Linse in das Auge eindringen.

Der Glaskörper umschließt die proximale Fläche der Linse kapselartig. Am stärksten entwickelt ist er bei *Platybunus*, wo seine Dicke mehr als $\frac{2}{3}$ derjenigen der Linse beträgt. Bei *Phalangium* ist er ein halbes Mal so dick, bei den übrigen Genera dagegen beträchtlich dünner, etwa $\frac{1}{5}$ so dick wie die Linse.

IV. Retina.

Die Retina (*Rt* Fig. 10 u. 11) liegt direkt unter dem Glaskörper, indem sie von ihm nur durch die präretinale Membran (*prae.m*) getrennt ist. Ihre distale Fläche ist also konkav und mit der inneren Wölbung der Linse konzentrisch.

Wie schon GRENACHER (6) beschreibt, setzt sich die Retina aus einer einzigen Lage sehr langer Nervenendzellen (Fig. 23) zusammen, von denen eine jede an ihrem distalen Ende (bei α) einen stark lichtbrechenden Körper, das Rhabdomer, abscheidet, an ihrem proximalen Ende dagegen, in dessen Nähe der Kern (k) liegt, in eine Nervenfasern (nf) übergeht. Während der distale den Sehstab tragende Theil gerade und mehr oder weniger senkrecht zur proximalen Fläche des Glaskörpers steht, biegt der proximale Abschnitt der meisten Zellen allmählich nach der Stelle um, wo der zunächst befindliche Sehnerv (vgl. Fig. 11) durch die Retinakapsel dringt. Da diese Stellen nicht in der Sehachse liegen, sondern ventral von ihr, so erscheint die Retina in den meisten Fällen bilateral symmetrisch gebaut (vgl. Fig. 10 u. 11), was

ferner auch durch den Umstand bewirkt wird, dass der Breitendurchmesser zwischen der hinteren und vorderen Fläche (Fig. 40) größer ist als zwischen der medialen (dorsalen) und lateralen Fläche (Fig. 44). Ein zur Sehachse vertikal geführter Schnitt durch die Retina zeigt sie deshalb von ovalem Umriss. Es dürfte nicht überflüssig sein zu bemerken, dass die bilaterale Symmetrie auf die Retina beschränkt ist und nicht für die Linse und den Glaskörper gilt, da diese letzteren und also auch die distale Fläche der Retina selbst völlig kreisförmig sind.

Leiobunum rotundum unterscheidet sich von den anderen Arten dadurch, dass bei der größten Zahl der Retinazellen ihr proximaler Theil nicht nur ventralwärts, sondern auch nach vorn gekrümmt ist, wodurch die Retina asymmetrisch und nicht bilateral-symmetrisch gebaut erscheint.

Als eine der wichtigsten und bemerkenswerthesten Eigenschaften der Retina ist die konstante Anordnung ihrer Elemente zu Gruppen (Retinulae) von je vier Zellen hervorzuheben, sowie die Vereinigung der Sehstäbe dieser vier Zellen zu einem einzigen Stück, dem Rhabdom, welches mithin aus vier Theilen oder Rhabdomeren gebildet ist.

Die ganze Retina setzt sich aus diesen Retinulae zusammen, welche in direkter Berührung mit einander stehen, da keine Pigment- oder andere Zellen zwischen ihnen vorkommen.

1. Die Form der Retinulazellen.

Die Zellen einer Retinula (Fig. 4) sind immer so zu einander angeordnet, dass eine in der Achse liegt und von den anderen drei umgeben wird. Ich bezeichne die erstere als die centrale (*c*), und die letzteren als die peripheren (*p*) Zellen. Diese beiden Zellarten unterscheiden sich sowohl durch ihre Gestalt als auch durch den Bau ihrer Rhabdomere beträchtlich von einander.

Die peripheren Zellen¹ (p^1 , p^2 , p^3 Fig. 4—8) sind die größten und erscheinen in allen Regionen, das distale Ende ausgenommen, fast gleichmäßig dick; nur am distalen Ende werden sie bei den meisten Arten etwas dünner oder (bei der *Acantholophus*-Gruppe) sogar zugespitzt. Sie sind prismatisch, fünf- bis sechsseitig oder etwas abgerundet

¹ In den Fig. 4—8 sind die peripheren Zellen dunkler schattirt als die centrale, um dem Leser die Unterscheidung beider Zellarten leichter zu machen. Es muss indessen bemerkt werden, dass diese Verschiedenheit nur bisweilen, nicht aber für gewöhnlich in den Präparaten zu erkennen ist.

und sind auch an ihrem proximalen Ende nicht durch den Kern (*k* Fig. 4 *B*) aufgetrieben.

Die centrale Zelle (*c*, *c*¹, *c*², *c*³ Fig. 4—8) dagegen variirt in den verschiedenen Abschnitten beträchtlich in ihrer Form (*c* Fig. 4). Da sie stets ihre Lage zwischen den drei peripheren Zellen beibehält, so nimmt sie im größten Theil ihrer Länge außer an den Enden eine dreiseitige Gestalt an. Der größte Theil des nicht stäbchentragenden Abschnittes der Zelle ist (außer bei *Opilio*) schlank, dreiseitig und nur halb so dick im Durchmesser wie die peripheren Zellen oder noch dünner (Fig. 4 *C* und 4 *D*). Am proximalen Ende aber ist sie durch den hier liegenden Kern (*k* Fig. 4 *A*) stark aufgetrieben und fünf- bis sechsseitig. Auch gerade proximal vom Rhabdom verdickt sich die centrale Zelle beträchtlich (Fig. 4 *E* und 6 *A*) und wird ungefähr eben so dick wie die peripheren, behält aber ihre dreiseitige Form bei. In der Rhabdom-region werden die drei flachen Seiten konkav und bilden dann drei Längsrinnen, welche um so tiefer werden, je mehr man sich dem distalen Ende nähert. In jeder Rinne liegt eine periphere Zelle. Bisweilen erstrecken sich diese Rinnen auch weiter proximalwärts vom Rhabdom (Fig. 4 *E*).

Durch gelungene Maceration in HALLER'scher Flüssigkeit kann man eine Anzahl von isolirten Retinulae erhalten, deren vier Zellen noch durch ihre Rhabdomere zusammenhängen. Ein solches Präparat, welches Fig. 22 wiedergibt, zeigt die charakteristische centrale Zelle (*c*) sehr gut. In Fig. 23 ist eine völlig isolirte periphere Zelle dargestellt, von welcher der Sehstab bei *x* abgetrennt ist.

Bei *Opilio parietinus* weicht die Gestalt der centralen Zelle von der typischen nur in so weit ab, als der Abschnitt zwischen Rhabdom und Kern nur ein wenig dünner ist als die peripheren Zellen und oft die Längsrinnen sich auf der ganzen Länge finden. Ein Querschnitt (Fig. 5 *A* u. 5 *B*) durch diese Zelle bietet ein sehr charakteristisches Bild wegen der scharfen Kanten der Zelle, welche das Aussehen hervorrufen, als ob die letztere in den Raum zwischen die peripheren Zellen wie hineingegossen wäre. Die Querschnitte durch die letzteren erscheinen dagegen mehr abgerundet, da die Kanten dieser Zellen stumpfere sind.

2. Der sehstabtragende Theil der Zellen und seine Beziehung zum Rhabdom.

Die centrale Zelle erzeugt ein axiales Rhabdomer (hellblau in Fig. 4 *F* bis 4 *M*), welches die seitliche Grenzfläche der Zelle an drei Stellen erreicht, nämlich am Boden jeder der Längsrinnen, um hier mit den drei peripheren Rhabdomeren zu verschmelzen. Die Rhabdo-

mere (dunkelblau in Fig. 4 *F* bis 4 *M*) der peripheren Zellen dagegen liegen excentrisch, der centralen Zelle genähert, und erreichen die Zellenoberfläche nur an einer Stelle, nämlich da, wo sie mit dem Rhabdomer der centralen Zelle in Berührung kommen.

Durch diese Art von Rhabdombildung wird das Protoplasma der centralen Zelle in der Rhabdomregion in drei Plasmastränge (c^1 , c^2 , c^3 Fig. 4 *G* bis 4 *M* und 6 *B* bis 6 *G*) getheilt, welche nur proximal vom Rhabdom zusammenhängen. Ein Querschnitt muss demnach genau ein Bild geben, als ob das Rhabdom von sechs Zellen umgeben wäre, wie es PATTEN (20) wirklich angenommen hat. In der That, wenn man solche Schnitte wie die von *Opilio* (Fig. 5 *C* bis 5 *F*) oder die von *Acantholophus* (Fig. 6 *D* bis 6 *F*) betrachtet, so ist es beim ersten Anblick wirklich schwer zu glauben, dass nur vier und nicht sechs Zellen vorhanden sind.

Durch zahlreiche Schnitte, welche ich durch das proximale Ende des Rhabdoms bei jeder der acht Arten führte, habe ich mich völlig überzeugt, dass es wirklich so ist, wie ich oben angegeben habe, dass nämlich drei von den scheinbaren Zellen (c^1 , c^2 , c^3) nur die distalen Theile der centralen Zelle der Retinula sind. Besonders klar ist dies auf solchen Präparaten zu erkennen, auf welchen die Zellgrenzen sehr scharf hervortreten, wie es in dieser Region gewöhnlich der Fall ist (vgl. Fig. 4 *E* mit 4 *F* und 5 *A* mit 5 *B*).

Die drei Plasmastränge der centralen Zelle spielen jedenfalls eine nicht unwichtige Rolle in der Physiologie des Auges, da ihnen, wie weiter unten (p. 28) beschrieben wird, bei der *Acantholophus*-gruppe hauptsächlich die Aufgabe zufällt, den Zugang des Lichtes zu den Rhabdomen zu reguliren. Ich werde sie deshalb ausführlich beschreiben.

Da jeder der Plasmastränge, wie ein Blick auf Fig. 5 *D* zeigt, zwischen dem Rhabdom, zwei peripheren Zellen und einer angrenzenden Retinula liegt, so können wir vier korrespondirende Begrenzungsflächen unterscheiden, von denen drei stets vorhanden sind, die vierte dagegen mitunter fehlen kann.

Diese letztere ist diejenige, welche an das Rhabdom grenzt und deren Breite, wie später gezeigt wird, mit der Breite des centralen Rhabdomers an derselben Stelle übereinstimmt (vgl. Fig. 4 *F* bis 4 *M*). Folglich ist bei solchen Arten, welche ein gut entwickeltes centrales Rhabdomer besitzen (*Leiobunum*, Fig. 4 *G* bis 4 *M* und *Phalangium*, Fig. 8), diese Grenzfläche immer zu sehen, die Stränge sind mindestens vierseitig (niemals dreiseitig) und verhindern vollkommen, dass die drei peripheren Zellen einander berühren.

Bei der *Acantholophus*-Gruppe finden wir andere Verhältnisse. Hier ist das centrale Rhabdomer in der Mittelregion des Rhabdoms sehr reducirt und kann stellenweise sogar ganz fehlen (z. B. *Acantholophus*, Fig. 6 *D* und 6 *E*). Ebenfalls verliert auf dieser gleichen Region jene Grenzfläche der Plasmastränge an Breite und verschmälert sich bis zu äußerster Feinheit (*Opilio parietinus*, Fig. 5 *C*) oder sie verschwindet ganz (*Acantholophus*, Fig. 6 *D*). Im letzteren Falle stehen die Plasmastränge der centralen Zelle sogar nicht mehr in Berührung mit dem Rhabdom an der betreffenden Stelle, werden sehr fein und sind daher manchmal schwer zu erkennen (Fig. 6 *D*). In beiden Fällen nehmen die Stränge an der betreffenden Stelle eine charakteristische oft dreiseitige Form an, indem sie mit scharfen Kanten versehen sind. Dadurch erinnern sie in der Gestalt sehr stark an den nicht rhabdomtragenden Abschnitt der centralen Zelle selbst (vgl. Fig. 5 *A* mit 5 *C*).

Es verdient bemerkt zu werden, dass die Stränge der centralen Zelle, wie dünn sie auch sein mögen, in der Rhabdomregion bei allen Arten ohne Ausnahme an der Bildung der seitlichen Grenzfläche des ganzen rhabdomtragenden Abschnittes der Retinula Antheil nehmen. Dieses Verhalten ist besonders gut in Fig. 6 *D* und 6 *E* zu erkennen.

Auf Querschnitten durch den proximalen Abschnitt¹ des Rhabdoms (Fig. 4 *F* bis 4 *I*; 5 *C* bis 5 *D*; 6 *B* bis 6 *E*) können die Stränge der Centralzelle leicht daran erkannt werden, dass sie konstant in den Winkeln liegen, welche von den Strahlen des Rhabdoms gebildet werden, und hier viel dünner sind als eine der peripheren Zellen. Bei *Platybunus* ist dieses Letztere auch im distalen Abschnitt des Rhabdoms der Fall, indem die Plasmastränge bei dieser Gattung überall fast dieselbe geringe Dicke behalten. Bei allen anderen Formen indessen erscheint der distale Abschnitt der Stränge, welcher ungefähr ein Drittel des ganzen Stranges ausmacht, keulenförmig verdickt. Dadurch ist eine entsprechende Größenabnahme der distalen Enden der peripheren Zellen bedingt. Dieses Verhalten ist weniger ausgeprägt bei *Leiobunum* (Fig. 4 *M*) und *Phalangium* (Fig. 8) bei denen alle sechs Enden der Zellen fast gleich groß sind. Bei der *Acantholophus*-Gruppe ist dieser Process so ins Extreme gesteigert, dass die Größenverhältnisse zwischen den beiden Zellarten genau entgegengesetzt sind denen, welche man in dem proximalen Abschnitt des Rhabdoms findet. Man kann am besten eine Vorstellung von diesen Größenverhältnissen gewinnen, wenn man die Schnittserie in Fig. 6 *B* bis 6 *G*, oder Fig. 5 *C* bis 5 *H*, Retinula 4, vergleicht. Das Anwachsen der Stränge der Cen-

¹ Wie weiter unten (p. 14) erklärt wird, zerfällt das Rhabdom in einen proximalen (*prox*, Fig. 4, 5 u. 6) und einen distalen (*dist*, Fig. 4, 5 u. 6) Abschnitt.

tralzelle an ihrem distalen Ende kann man leicht an einem und demselben Schnitt durch verschiedene Einstellung beobachten; Fig. 6 *F'* und 6 *F''* stellen z. B. die proximale und die distale Fläche desselben Schnittes dar.

Da die distale Region aller Zellen intensiv pigmentirt ist, so folgt daraus, dass das äußere Ende des Rhabdoms, welches dem Lichte ausgesetzt ist, in einen Pigmentmantel eingehüllt ist. Derselbe gehört bei *Platybunus* hauptsächlich den peripheren Zellen an, bei *Leiobunum* und *Phalangium* findet er sich zur Hälfte in der centralen Zelle, zur Hälfte in den peripheren Zellen, während er in der *Acantholophus*-gruppe fast völlig der centralen Zelle zukommt.

3. Bau des Rhabdoms.

Wie oben schon erwähnt wurde, tragen alle Zellen einer Retinula zur Bildung des Rhabdoms bei, indem eine jede ein Rhabdomer abscheidet; das der centralen Zelle aber unterscheidet sich beträchtlich im Bau und auch in der Beschaffenheit von denen der peripheren Zellen. Das centrale Rhabdomer färbt sich stets hellblau mit Hämatoxylin, die peripheren dagegen entweder ganz, oder doch in ihrem größten Theil, dunkelblau. Diese Unterschiede in der Färbung habe ich in allen kolorirten Figuren so getreu als möglich wiederzugeben versucht.

Frisch im Blute des Thieres untersucht erscheinen die Rhabdome farblos. Ihre Länge variirt sehr in derselben Retina. Die randständigen sind gewöhnlich kürzer, oft nur halb so lang als die mehr central liegenden. Dieser Unterschied stimmt im Allgemeinen mit der Länge der Zellen überein und ist auf *GRENACHER'S* Fig. 45 (6) sehr gut zu erkennen¹. Die Rhabdome können cylindrisch, abgeplattet oder mit drei mehr oder weniger hohen Längsleisten versehen sein. Das letztere Verhalten ist das häufigste und in diesem Falle erscheint der Querschnitt dreistrahlig.

In den vollkommeneren Augen (*Platybunus*, *Phalangium*), in denen der Glaskörper am stärksten entwickelt und sehr dick ist (vgl. *GRENACHER'S* Fig. 45), sind die Rhabdome klein, kompakter und sehr zahlreich, während sie bei den Arten mit weniger entwickeltem, relativ dünnem Glaskörper (*Leiobunum*, *Acantholophus* Fig. 40 u. 44, *Opilio*, *Oligolophus*) sowohl relativ wie absolut größer und weit weniger zahlreich

¹ Auf meinen Fig. 40 u. 44, die genau nach den Präparaten gezeichnet sind, kommt dieser Unterschied zufälligerweise nicht zum Ausdruck, da ich bei ihrer Herstellung vor allen Dingen darauf ausging, die besten Präparate zu verwenden und deshalb auf die betreffende Thatsache nicht besonders achten konnte. Der erwähnte Unterschied ist nicht in allen Fällen vorhanden.

sind und vielmehr die Tendenz zeigen mittels Leisten sich seitlich auszubreiten. Diese Verhältnisse sind in Fig. 25 veranschaulicht, indem die mit stark entwickeltem Glaskörper versehenen Arten unten, die mit schwach entwickeltem Glaskörper oben angebracht sind.

Bei allen Arten können wir einen distalen (*dist*, Fig. 4, 5, 6) von einem proximalen Abschnitt (*prox*, Fig. 4, 5, 6) unterscheiden.

Der distale Abschnitt differirt in seiner Gestalt und in seinem inneren Bau sehr auffällig von dem proximalen, weit größeren Abschnitt. Er beträgt gewöhnlich ein Drittel, bei *Platybunus* sogar nur ein Sechstel des ganzen Rhabdoms. Besonders charakteristisch ist für ihn die sehr unregelmäßige und wechselnde Gestalt und Struktur, welche er nicht nur bei den verschiedenen Species zeigt, sondern sogar bei der Retina eines und desselben Thieres erkennen lässt. Er ist in der That der am meisten der Variation unterworfenen Theil des ganzen Rhabdoms.

Wie schon oben angeführt, lassen sich die von mir untersuchten Arten nach der Struktur des Rhabdoms in zwei natürliche Gruppen eintheilen, deren Angehörige ich jetzt zunächst charakterisiren und beschreiben werde.

A. Die *Leiobunum*-Gruppe.

Bei den Arten dieser Gruppe ist der proximale Abschnitt des Rhabdoms cylindrisch oder mehr oder weniger dreistrahlig. In derselben Retina zeigt er sich stets von sehr gleichmäßiger Gestalt. Da die peripheren Rhabdomere sich überall in der ganzen Länge mit Hämatoxylin dunkelblau färben, so können sie leicht selbst im distalen Abschnitt des Rhabdoms erkannt werden. Die Rhabdome bleiben normalerweise getrennt und treten nicht mit den benachbarten in Verbindung; nur hier und dort findet man bei allen Arten ein oder zwei Paare mit einander vereinigt.

Leiobunum rotundum Latr.

Diese Species ist zum Studium bei Weitem am besten geeignet, weil die beiden Arten von Rhabdomeren in besonders deutlicher Ausbildung vorhanden sind und sich sehr leicht in allen Regionen unterscheiden lassen. Es ist mir deshalb besonders bei dieser Art möglich gewesen, einen tieferen Einblick in den Bau zu gewinnen und damit einen Schlüssel zum Verständnis der weniger günstigen Formen zu erhalten. Die Schnittserie Fig. 4 *F* bis 4 *M* stellt ein typisches Rhabdom dar.

Der proximale Abschnitt des Rhabdoms (Fig. 4 *F* bis 4 *I*) ist

mit drei hohen Längsleisten versehen, so dass er im Querschnitt deutlich dreistrahlig erscheint. Die Strahlen (oder Leisten) sind am höchsten nahe dem proximalen Ende (Fig. 4 G) und werden nach dem distalen Abschnitt zu niedriger (Fig. 4 I). Sie sind hauptsächlich von den peripheren Rhabdomeren gebildet, und nur ein kleiner Theil von jedem kann auch vom centralen Rhabdomer herrühren (Fig. 4 G).

Das centrale Rhabdomer ist durch die ganze Länge des Rhabdoms gut entwickelt. Nahe an seinem proximalen Ende ist es ungefähr einem der peripheren Rhabdomere an Größe gleich (Fig. 4 G), wird in der Mitte am dünnsten (Fig. 4) und nimmt dann gegen das distale Ende (Fig. 4 K bis 4 M) wieder an Umfang zu. Hierdurch unterscheidet es sich von den peripheren Rhabdomeren, welche proximal am dicksten, distal dagegen am dünnsten sind (Fig. 4).

Der distale Abschnitt (Fig. 4 K bis 4 M), welcher gewöhnlich seitlich komprimirt ist, verdankt seinen Unterschied im Bau hauptsächlich dem zunehmenden Umfang des centralen Rhabdomers unter entsprechender Abnahme der drei peripheren Rhabdomere. Dabei verschwinden einige der Leisten, welche von den letzteren gebildet werden. Diese Veränderung beginnt an der Grenze zwischen dem distalen und dem proximalen Abschnitt.

Ein sehr häufiger Fall ist in den Schnitten Fig. 4 I bis 4 M dargestellt. Hier drängen sich zwei von den peripheren Rhabdomeren (p^2 und p^3) in die Substanz des centralen Rhabdomers ein, bis sie sich treffen und vereinigen (Fig. 4 I). Zu gleicher Zeit nehmen die zwei Strahlen, welche sie bildeten, an Höhe ab und verschwinden schließlich (Fig. 4 M). Jener Theil des centralen Rhabdomers, welcher zwischen den zwei peripheren Rhabdomeren (p^2 , p^3) lag, wächst in den angrenzenden Plasmastrang (c^1 Fig. 4 K) der Centralzelle vor und bildet einen neuen Strahl, der natürlich auf demselben Schnitt nicht länger in Berührung mit dem anderen Theil des centralen Rhabdomers sein kann. Hierdurch wird das centrale Rhabdomer an seinem distalen Ende gespalten, und der Spalt wird durch zwei periphere Rhabdomere ausgefüllt. Dadurch erhält der Querschnitt (Fig. 4 M) des Rhabdoms ein gebändertes Aussehen, indem ein dunkelblauer mit einem hellblauen Theil alternirt.

Wie schon bemerkt, ist der distale Abschnitt sehr der Variation unterworfen. So begegnet man Modifikationen des oben beschriebenen Baues immer bei einer kleineren oder größeren Anzahl von Rhabdomen. Dieselben können auf eine der folgenden Weisen zu Stande kommen:

Erstens, das centrale Rhabdomer kann in einen oder auch in die beiden anderen Plasmastränge (c^2 und c^3) der centralen Zelle eindringen

und so neue Strahlen bilden, wodurch auf dem Querschnitt (Fig. 2) die Gestalt kreuzförmig und nicht nur seitlich komprimirt erscheint. Würden diese neuen Strahlen (c^{II} und c^{III}) des centralen Rhabdomers auftreten, bevor diejenigen der peripheren (p^{II} und p^{III}) verschwunden sind, wie es oft in dem Übergangstheil des Rhabdoms vorkommt, so würde der Querschnitt durch diese Region vier-, fünf- oder sechsstrahlig erscheinen (Fig. 3).

Zweitens, das dritte periphere Rhabdomer (p^1) kann genau in derselben Weise, wie die beiden anderen (p^2 und p^3), in das centrale Rhabdomer eindringen, so weit, dass alle drei sich in der Achse des Rhabdoms treffen und vereinigen (Fig. 4). Das centrale Rhabdomer erscheint alsdann an seinem distalen Ende in drei Stücke gespalten, und da es aus seiner axialen Lage verdrängt wird, wächst es oft in die drei Plasmastränge der centralen Zelle hinein. Auf dem Querschnitt kann ein so gebautes Rhabdomer in diesem Ende genau die dreistrahlige Gestalt (Fig. 4) zeigen, wie im proximalen Abschnitt; aber die Rhabdomere der centralen und peripheren Zellen haben gewissermaßen ihre Rolle vertauscht, indem die Strahlen am distalen Ende vom centralen Rhabdomer gebildet sind und mit jenen des proximalen Abschnittes alterniren, wie ein Vergleich von Fig. 4 und Fig. 4 G deutlich zeigt.

Diese drei Formen können dazu dienen, den Weg zu zeigen, wie das distale Ende des Rhabdoms modificirt ist. Auch andere Unregelmäßigkeiten, denen man noch begegnet, lassen sich leicht als kleine Abweichungen oder Kombinationen von einer der schon beschriebenen Formen auffassen.

Obgleich die Rhabdome normal ganz getrennt sind, so kommt es doch hin und wieder vor, dass zwei benachbarte durch eine Brücke von Rhabdomsubstanz verbunden sind. Diese Verbindung ist fast stets auf den distalen Abschnitt beschränkt und entsteht durch das Zusammentreffen und Verschmelzen zweier Strahlen (Leisten), die natürlich dem centralen Rhabdomer angehören, da ja die der peripheren Rhabdomere in diesem Abschnitt sehr an Größe reducirt sind. Ich habe in derselben Retina niemals mehr als fünf Paare von Rhabdomen gefunden, welche in dieser Weise vereinigt waren. Im proximalen Abschnitt sind solche Verbindungen viel seltener, und nur zweimal konnte ich einen derartigen Fall beobachten. In dem einen Fall wurde die Verbindung durch centrale, im anderen durch periphere Rhabdomere hergestellt.

Zuweilen findet man Retinulae mit einer überzähligen peripheren Zelle, so dass sie aus einer centralen und vier peripheren

Zellen bestehen. Dieses Vorkommnis ließ sich in ein und derselben Retina selten an mehr als zwei oder drei Retinulae nachweisen.

Ich habe schon betont, wie leicht sich das centrale und die peripheren Rhabdomere bei dieser Species von einander unterscheiden lassen. Die Grenzlinie zwischen einer hell und dunkel gefärbten Partie des Rhabdoms ist scharf und deutlich, und oft, besonders im proximalen Abschnitt, durch eine noch dunklere Färbung als sie die peripheren Rhabdomere annehmen, ausgezeichnet. Sie stimmt in Bezug auf ihre Lage stets genau überein mit einer der Grenzen zwischen der centralen und den peripheren Zellen und erscheint als direkte Fortsetzung dieser Zellgrenze in das Rhabdom hinein. Dass dieses wirklich der Fall ist, lehrt ein Vergleich von zwei auf einander folgenden Schnitten (wie Fig. 1 E und 1 F), von denen der eine kein Rhabdom enthält, während der andere durch sein äußerstes proximales Ende geht. Hier ist es völlig klar, dass die Grenzen zwischen den hell und dunkel gefärbten Theilen des Rhabdoms zusammenfallen mit denen zwischen der centralen Zelle und den peripheren Zellen. Und wenn man weiter bedenkt, dass jene Fläche der Plasmastränge der Centralzelle, die dem Rhabdom anliegt, stets und in allen Regionen genau einer freien seitlichen Grenzfläche des hell gefärbten Theiles des letzteren entspricht, so kann kein Zweifel darüber obwalten, dass die hell und dunkel gefärbten Theile des Rhabdoms von *Leiobunum* identisch sind mit den Rhabdomeren der centralen, bzw. peripheren Zellen.

Ich habe noch eines anderen Unterschiedes zwischen den Rhabdomeren zu gedenken, welcher sich in solchen Präparaten findet, die bei 45° C. in einer gesättigten alkoholischen Pikrinsäurelösung gehärtet sind (siehe p. 4). Ein Theil des Augenpigmentes wird durch die warme Flüssigkeit gelöst und färbt das ganze centrale Rhabdomer tief braun oder fast schwarz, während die peripheren Rhabdomere fast farblos bleiben oder doch nur hell braun werden.

Phalangium opilio L. und *P. brevicorne* C. K.

schließen sich in Betreff des Baues ihrer Rhabdome ganz an *Leiobunum* an. Die Rhabdome sind aber nicht mit so hohen Leisten versehen wie bei letzterer Art. Sie sind mehr dreiseitig und kompakter, ein Umstand, der Hand in Hand geht mit ihrer geringeren Größe und größeren Zahl. Von den beiden in Fig. 25 (*Phal. op.* und *Phal. brev.*) abgebildeten Formen ist die dreiseitige die gewöhnlichste, beide Formen finden sich aber nicht zu gleicher Zeit in derselben Retina. Der distale Abschnitt ist ganz ähnlich gestaltet wie bei *Leiobunum* und zeigt dasselbe Anwachsen des centralen Rhabdomers und entsprechend

dieselbe Abnahme der peripheren Rhabdomere, indem die letzteren tief in die Substanz des centralen Rhabdomers eindringen. Die Modifikation, welche Fig. 8 zeigt, ist die häufigste und ähnelt ganz der dritten, welche ich für *Leiobunum* beschrieben habe (Fig. 4).

Platybunus triangularis Herbst.

Hier sind die Rhabdome manchmal etwas dreiseitig, gewöhnlich indessen völlig cylindrisch (Fig. 25, *Plat. trian.*), und der distale Abschnitt ist sehr kurz, indem er weniger als den sechsten Theil des ganzen Rhabdoms ausmacht. Das centrale Rhabdomer erscheint fast ganz unterdrückt und ist gewöhnlich nur am distalen Ende sichtbar, wo es in die Plasmastränge der centralen Zelle auswächst, wodurch dieses Ende etwas dicker erscheint und sich von dem übrigen Theil des cylindrischen Rhabdoms unterscheidet. Der Bau dieses distalen Abschnittes lässt sich ableiten von dem Bau, welchen Fig. 4 von *Leiobunum* zeigt, wenn wir annehmen, dass hier das centrale Rhabdomer und die centrale Zelle sehr klein geworden sind, ohne aber ganz zu verschwinden. Die Plasmastränge der centralen Zelle sind sehr fein und werden an ihrem äußeren Ende nicht verdickt. Das das Rhabdom umhüllende Protoplasma gehört somit auch im distalen Abschnitt fast ausschließlich den peripheren Zellen an, wodurch sich diese Species von allen übrigen unterscheidet.

B. Die *Acantholophus*-Gruppe.

Das charakteristischste Merkmal dieser Gruppe besteht darin, dass der distale Abschnitt des Rhabdoms mit allen oder den meisten der benachbarten Rhabdome durch Brücken von Rhabdomsubstanz verbunden ist, so dass ein unregelmäßiges Netzwerk auf der ganzen distalen Fläche der Retina entsteht. Der distale Abschnitt setzt sich aus dem centralen und den peripheren Rhabdomeren zusammen. doch färben sich die letzteren in diesem Abschnitt hellblau wie das erstere, wesshalb eine scharfe Unterscheidung der beiden Arten von einander nicht möglich ist. Das Protoplasma sammt Pigment, welches dieses Ende umhüllt, gehört fast ganz der centralen Zelle an.

Den proximalen Abschnitt (*prox* Fig. 5 u. 6) des Rhabdoms bilden fast ausschließlich die sich dunkelblau färbenden peripheren Rhabdomere, da das centrale Rhabdomer hier nur sehr klein ist. Die Vielgestaltigkeit dieses Abschnittes ist charakteristisch (Fig. 25), indem man in derselben Retina sowohl die dreistrahlige, als auch die platte Form stets finden kann, wenn auch das Verhältnis, in welchem beide Formen vorkommen, bei verschiedenen Individuen derselben Species in weiten

Grenzen variiert. Wenn auch beide Formen in jedem Theil der Retina zu treffen sind, so findet man doch die abgeplatteten zum größten Theil in der vorderen lateralen Region des Auges, die dreistrahligen dagegen am häufigsten in der gegenüberliegenden medialen hinteren Region. Ferner sind die meisten der abgeplatteten Rhabdome so gestellt, dass ihre breiten Flächen parallel mit der Transversalebene des Körpers liegen (Fig. 12). Daher zeigen Schnitte, die rechtwinkelig zu dieser Ebene geführt sind, von den Rhabdomen in der vorderen Region nur die schmalen Kanten derselben (Fig. 10).

Opilio parietinus de Geer

besitzt größere Rhabdome als irgend eine von den anderen von mir untersuchten Arten (Fig. 25, *Op. par.*). Die Fig. 5 A bis 5 H stellen Querschnitte durch verschiedene Regionen derselben vier Retinulae dar und können zur Erläuterung der charakteristischsten Eigenschaften dienen.

Der proximale Abschnitt (Fig. 5 C bis 5 E) ist dimorph, bzw. trimorph. Er erscheint abgeplattet, von oblongem Querschnitt (*ret. 1* in Fig. 5 C), oder er zeigt drei Längsleisten und erscheint dann im Querschnitt dreistrahlig (*ret. 2*); endlich können auch nur zwei Leisten vorhanden sein, so dass dann der Querschnitt zweistrahlig erscheint (*ret. 3* in Fig. 5 E). Die letztere Form leitet sich von der dreistrahligen durch Reduktion eines Strahles ab, kommt aber im Ganzen seltener vor. Schließlich kann dasselbe Rhabdom in verschiedenen Regionen des proximalen Abschnittes verschieden geformte Querschnitte zeigen; so z. B. ist das der Retinula 1 proximalwärts abgeplattet (Fig. 5 C), in der Mitte dreistrahlig (Fig. 5 D) und distalwärts wieder abgeplattet (Fig. 5 E).

Diese verschiedenen Formen sind in der Retina nicht in gleicher Zahl vorhanden, vielmehr schwankt dieselbe sehr. Bei einigen Augen sind bei Weitem die meisten Rhabdome abgeplattet und nur wenige dreistrahlige werden im hinteren medialen Theil der Retina gefunden. Bei anderen Augen wieder ist das Gegentheil der Fall, indem die dreistrahlige Form stark überwiegt und die abgeplatteten nur in kleiner Anzahl im vorderen lateralen Theil zu finden sind. Ferner können beide Formen in ungefähr gleicher Zahl vorhanden sein und mehr oder weniger durch einander gemischt liegen oder das Vorkommen der abgeplatteten Formen beschränkt sich auf den vorderen lateralen Theil, und das der dreistrahligen auf die hintere mediane Region der Retina (Fig. 12).

Die Dicke der Rhabdome im proximalen Abschnitt ist überall fast

dieselbe, und niemals sind sie in der Mitte, wie bei den anderen Species dieser Gruppe, eingeschnürt.

Sehr selten trifft man in diesem Abschnitt eine Verbindung zwischen benachbarten Rhabdomen. In einem ganz besonderen Ausnahmefall allerdings war ungefähr die Hälfte aller Rhabdome in der Retina zu Gruppen vereinigt; dieses ist indessen ganz abnormal. In allen Fällen wurde die Verbindung durch die peripheren, niemals durch das centrale Rhabdomer hergestellt.

Der distale Abschnitt des Rhabdoms färbt sich ganz hellblau, ist völlig unregelmäßig gestaltet und steht mit den anliegenden Rhabdomen mittels Brücken von Rhabdomsubstanz, die sowohl von der centralen als auch von den peripheren Zellen erzeugt wird, in Verbindung. Um einige Beispiele anzuführen, so kann die Bildung der Brücke durch zwei centrale Zellen veranlasst worden sein, und dann sind die beiden Rhabdome durch ihre centralen Rhabdomere verbunden. Im anderen Falle wird die Brücke durch zwei periphere Zellen erzeugt, und dann erfolgt die Verbindung durch periphere Rhabdomere (z. B. zwischen *ret. 2* und *5*, vgl. Fig. 5 *E* und 5 *F*). Endlich kann das centrale Rhabdomer eines Rhabdoms vereinigt sein mit einem peripheren eines anderen, wie es am häufigsten zu finden ist (z. B. zwischen *ret. 1* und *2* sowie *2* und *4*, vgl. Fig. 5 *E* und 5 *F*). Auf diese Weise entsteht ein unregelmäßiges Netzwerk von Rhabdomsubstanz, an deren Bildung alle Rhabdome in der Retina Antheil nehmen.

Die Zusammensetzung des Rhabdoms aus centralelem und peripheren Rhabdomeren und die Lagenbeziehung derselben zu einander sind keineswegs so klar wie bei *Leiobunum*. Der proximale Abschnitt färbt sich zum größten Theil dunkelblau und scheint fast ganz aus peripheren Rhabdomeren zu bestehen. Indessen bemerkt man gewöhnlich bei sorgfältiger Prüfung auf Querschnitten (Fig. 5 *C* bis 5 *E*) einige wenige schmale hellblaue Querstreifen, welche von der anliegenden Fläche eines Plasmastranges der Centralzelle ausgehen und stets genau mit derselben in der Breite übereinstimmen. Von diesen hellblauen Streifen sind niemals mehr als drei vorhanden. Sie können sich quer durch das Rhabdom erstrecken und mit zwei gegenüberliegenden Strängen der centralen Zelle in Verbindung treten, oder sie reichen nur halb so weit, nur bis zur Mittellinie (*ml* Fig. 5 *C*). Schnitte durch das äußerste proximale Ende (Fig. 5 *B*) zeigen, dass das centrale Rhabdomer wirklich vorhanden ist und sich hellblau färbt.

Erinnern wir uns nun an die Verhältnisse bei *Leiobunum*, wie sie besonders an solchen Schnitten (wie Fig. 4 *M* und Fig. 4) dargestellt sind, wo das centrale Rhabdomer durch die sich eindringenden peri-

peren Rhabdomere in zwei oder drei getrennte Stücke gespalten ist, wodurch die peripheren in direkte Berührung mit einander treten, und denken wir ferner daran, dass die Breite des centralen Rhabdomers bei *Leiobunum* stets genau mit der anliegenden Fläche der Centralzelle übereinstimmt — so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die schmalen Streifen von hellblauer Substanz bei *Opilio* nichts Anderes vorstellen als den Rest des stark reducirten centralen Rhabdomers.

Dies wird ferner auch dadurch bewiesen, dass bei Präparaten, die mit warmer gesättigter alkoholischer Pikrinsäurelösung behandelt worden sind, die abgeplatteten Rhabdome im Querschnitt drei schmale Streifen (*cr* Fig. 14 B) zeigen, welche mit jenen oben erwähnten hellblauen genau in der Lage übereinstimmen und durch das gelöste Pigment dunkelbraun oder schwarz gefärbt sind. Letztere Eigenthümlichkeit erkannten wir schon als eines der Kennzeichen für das centrale Rhabdomer bei *Leiobunum*.

Im distalen Abschnitt (bei *Opilio*) ist es ganz unmöglich, in Folge der ganz gleichmäßigen Färbung, die relative Größe der beiden Arten von Rhabdomeren zu bestimmen. Dass aber beide sicher vorhanden sind, lehrt die Bildung der Brücken, wie oben gezeigt wurde. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird der größte Theil des distalen Abschnittes vom centralen Rhabdomer gebildet, wie wir vielleicht aus der sehr starken Entwicklung der Centralzelle in diesem Abschnitt schließen dürfen (vgl. *ret. 4* in Fig. 5 G und 5 H, wo zwei von den sehr reducirten peripheren Zellen sogar nicht mehr in Berührung mit dem Rhabdom stehen).

Acantholophus hispidus Herbst.

Bei dieser Art treffen wir wieder einen Bau, der dem von *Opilio* beschriebenen sehr ähnlich ist und nur in wenigen Punkten, die hier erwähnt zu werden verdienen, davon abweicht.

Eine neue Erscheinung bei dieser und den folgenden Arten ist die kegelförmige Gestalt des Rhabdoms, welche durch die allmähliche Verjüngung des proximalen Abschnittes gegen seine distale Region zu entsteht (Fig. 11). Diese letztere Region (Fig. 6 E), d. h. also jene, welche der Grenze zwischen dem proximalen und dem distalen Abschnitt nahe liegt, ist der dünnste Theil des ganzen Rhabdoms. Allerdings kommen beträchtliche Abweichungen vor, indem sie manchmal äußerst dünn (Fig. 7), manchmal (im Durchmesser) mehr als halb so groß als das proximale Ende ist (Fig. 6 E).

Der proximale Abschnitt kann jede der oben für *Opilio* beschriebenen Gestalten besitzen. Außer der dreistrahligen (Fig. 16)

kommt durch Zurücktreten der Leisten eine sich oft findende dreiseitige Form zu Stande (Fig. 6 C) (vgl. Fig. 25, *Acan. hisp.*). Wenn beide in demselben Auge zusammen vorkommen, so ist die letztere Form immer im hinteren Theil der Retina zu finden, während die drei-strahlige sowie die abgeplattete Form vorzugsweise dem vorderen Theil zukommen. Das centrale Rhabdomer ist ziemlich gut entwickelt am äußersten proximalen Ende, wo es leicht auf Querschnitten (Fig. 6 B und 6 C; *cr* Fig. 16, 17 und 18) erkannt werden kann. Nach der Mitte zu nimmt es an Größe sehr rasch ab, bis es zuletzt ganz verschwindet. In derselben Region kommen die äußerst feinen Plasmastränge der centralen Zelle in einiger Entfernung vom Rhabdom zu liegen (Fig. 6 D und 6 E), das hier natürlich ganz aus den peripheren Rhabdomeren besteht. Die peripheren Rhabdomere färben sich nicht überall dunkelblau in ihrem proximalen Abschnitt, sondern ein Theil (q^1, q^2, q^3 Fig. 6 B) im Centrum eines jeden Strahles erscheint gewöhnlich hellblau, fast wie das centrale Rhabdomer, ein Umstand, welcher zuerst bei der genauen Bestimmung der Grenzen des letzteren etwas Schwierigkeit bereitet. Indessen eine Vergleichung solcher Präparate (Fig. 6 B) mit anderen, welche mit gesättigter warmer alkoholischer Pikrinsäurelösung (Fig. 16) behandelt sind, lässt leicht erkennen, dass nur jene hellblauen Streifen zum centralen Rhabdomer gehören, die den Strängen der centralen Zelle anliegen, während die anderen (q^1, q^2, q^3 Fig. 6 B) mit der feinen Mittellinie den peripheren Rhabdomeren zuzurechnen sind. Diese Verhältnisse werden später in dem Kapitel über die feinere Histologie des Rhabdoms genauer erörtert werden.

Oligolophus palpinalis Herbst

schließt sich hinsichtlich des Baues seiner Rhabdome an *Acantholophus* eng an (vgl. Fig. 25, *Olig. palp.*). Das centrale Rhabdomer erscheint sogar noch mehr durch die peripheren im proximalen Abschnitt verdrängt, wo kaum eine Spur von ihm zu entdecken ist. In der hinteren Region der Retina sind die Rhabdome dreiseitig oder mehr oder weniger abgerundet, so dass der proximale Abschnitt hier eine konische Gestalt erhalten kann.

Oligolophus tridens C. K.

Bei dieser Art treffen wir wieder ganz dieselben Verhältnisse wie bei *Opilio parietinus*, nur mit dem Unterschiede, dass die Rhabdome kegelförmig sind (vgl. Fig. 25, *Olig. trid.*). Bei einigen Individuen ist das Netzwerk von Rhabdomsubstanz nicht so vollkommen ausgebildet, wie

bei den drei vorigen Arten, indem eine kleine Anzahl von Rhabdomen getrennt bleiben kann.

Aus den vorhergehenden Beschreibungen lässt sich unter Anderen folgender Schluss ziehen: Das Rhabdom besteht bei allen Species aus zwei chemisch verschieden beschaffenen Theilen. Zu dem einen gehört das ganze centrale Rhabdomer und, bei der *Acantholophus*gruppe, auch der distale Abschnitt der peripheren Rhabdomere, während der andere Theil bei der *Leiobunum*gruppe von den ganzen peripheren Rhabdomeren, bei der *Acantholophus*gruppe aber nur von ihrem proximalen Abschnitt gebildet wird.

Ferner ist der sich dunkelblau färbende Theil stets stark entwickelt und bildet den bei Weitem größeren Theil des proximalen Abschnittes des Rhabdoms. Dagegen variirt der sich hellblau färbende Theil des Rhabdoms sowohl in der Form wie in der Masse sehr, und er kann sogar stark reducirt sein (*Platybunus*). Er ist stets am stärksten entwickelt in dem distalen Abschnitt des Rhabdoms.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch auf eine bemerkenswerthe Analogie der Phalangidenaugen mit den Augen der Cephalopoden hinweisen, welche die auffallende Verbindung der Rhabdome zu einem unregelmäßigen Netzwerk betrifft, wie sie in der *Acantholophus*gruppe vorhanden ist. Diese letztere Erscheinung steht im Bereiche der Arthropoden, so weit bekannt, ganz vereinzelt da. Dagegen findet sich merkwürdigerweise bei den Cephalopoden eine ähnliche Erscheinung, wie von GRENACHER (8) nachgewiesen wurde. Bei *Octopus*, *Eledone* und *Sepia* verschmelzen nämlich die gewöhnlich aus vier Rhabdomeren gebildeten Rhabdome in der Weise mit einander, dass in verschiedenen Regionen der Retina ein unregelmäßiges Netzwerk von Rhabdomsubstanz zu Stande kommt, in dessen Maschen noch Protoplasma der zugehörigen Zellen liegt.

Von einer anderen merkwürdigen Analogie dieser Cephalopodenaugen mit den Spinnenaugen wird weiter unten noch die Rede sein.

4. Feinere Struktur des Rhabdoms.

Wenn wir einen Querschnitt durch einen der abgeplatteten Rhabdome (z. B. Fig. 14 A) von *Opilio parietinus* genauer prüfen und ihn mit einem ähnlichen Rhabdom, das man von der schmalen Seite sieht (Fig. 15), vergleichen, so sehen wir, dass es aus parallelen Längsschichten, in diesem Falle aus sechs, aufgebaut ist. Diese Schichten sind ihrerseits

wieder dadurch, dass sie von feinen Linien oder Lamellen (*ql*) quer durchzogen werden, in Maschen oder Kästchen geteilt. Die äußersten Schichten stehen an dem Seitenrande des Rhabdoms in kontinuierlicher Verbindung mit einander und können deshalb auch als eine einzige Schicht, welche die inneren Lagen umgiebt, angesehen werden. Die vier inneren Schichten verhalten sich in ganz gleicher Weise, d. h. sie gehen ebenfalls an den Seitenrändern in einander über. Ein so gebautes Rhabdom (Fig. 14 A) kann als eine Röhre mit einer dreischichtigen Wandung betrachtet werden, die seitlich so stark zusammengedrückt ist, dass ihr Lumen verschwindet¹. Dieser Vergleich passt dadurch noch besser, dass oft in Folge des Einwirkens der Konservierungsflüssigkeiten ein künstlicher Spalt (*sp* Fig. 14 A) gebildet wird, welcher die Wände der zusammengedrückten Röhre trennt. Die einzige Zwischenlamelle, in der dieser Spalt auftritt, und der das verschwundene Lumen der Röhre repräsentirt, werde ich die Mittellamelle oder Mittellinie (*ml*) nennen, zum Unterschiede von den Seitenlamellen oder Seitenlinien (*sl*) zwischen den drei Schichten, welche die Wandung der vermeintlichen Röhre bilden².

Wenn wir uns vorstellen, dass eine der abgeplatteten Wände nach außen hin eine Längsfaltung erführe (etwa bei x Fig. 14 A), so würden wir eine dreistrahlige Figur erhalten, welche genau in ihrem Baue mit einem dreistrahligem Rhabdom übereinstimmt. Man kann deshalb das letztere betrachten als eine Röhre, welche eine dreischichtige Wand hat und welche seitlich von drei verschiedenen Stellen her so weit zusammengedrückt wurde bis ihr Lumen verschwand (vgl. Fig. 19, *Leio- bunum*). Den Übergang der einen Form in die andere kann man leicht bei einem und demselben Rhabdom von *Opilio parietinus* verfolgen (z. B. bei solchen wie das von *ret. 1* in Fig. 5 C und 5 D).

Einen sehr ähnlichen Bau findet man bei allen anderen Species. Die wichtigsten Abweichungen betreffen die Zahl der die Wandung der »Röhre« bildenden Schichten. Gewöhnlich sind es drei wie bei *Opilio*. Bei *Leio- bunum* konnte ich hingegen nur zwei finden, die aber sehr klar und deutlich waren (Fig. 19); nur zuweilen war hier und dort eine dritte sichtbar. Auch bei den Formen, wo man für gewöhnlich drei

¹ Dieser Vergleich dient lediglich zur Erleichterung der Beschreibung. Es soll keineswegs damit gemeint sein, dass das Rhabdom etwa einmal in seiner Entwicklung eine wirkliche Röhre darstellte.

² Es dürfte nicht überflüssig sein zu erwähnen, dass in allen kolorirten Figuren nur die Mittellinie eingezeichnet ist. Im distalen Abschnitt bei der *Acantho- lophus*-Gruppe tritt sie weit weniger hervor als im proximalen Abschnitt des Rhabdoms (Fig. 5 F bis 5 H).

Schichten trifft, scheinen stellenweise nur zwei vorhanden zu sein (z. B. bei *Acantholophus*). In allen Fällen, wo neue Leisten (Strahlen) in einer Region des Rhabdoms gebildet werden, z. B. im distalen Abschnitt bei *Leiobunum*, heben sie sich durch eine einfache Faltung der zwei- resp. dreischichtigen Wandung der vermeintlichen Röhre, gerade so wie bei *Opilio parietinus*, ab.

Abgesehen von der Bildung von vier bis sechs Längsschichten, sind die kleinen Kästchen auch noch in Querschichten angeordnet, die durch Zwischenlamellen von einander getrennt sind. Diese Lamellen, die ich als Querlamellen oder Querlinien (*ql* Fig. 15) bezeichne, sind viel zahlreicher aber weniger deutlich als die zwischen den Längsschichten liegenden Mittel- und Seitenlamellen (*ml*, *sl* Fig. 15). Von der Seite gesehen scheint sonach das Rhabdom aus einer Anzahl von über einander gelegenen Platten von der Dicke eines Kästchens aufgebaut zu sein (Fig. 15). Die Querstreifung des Rhabdoms, die schon PATTEN gesehen hat, beruht auf den zwischen den Platten befindlichen Querlamellen (*ql* Fig. 15).

Es muss besonders betont werden, dass, wenigstens im proximalen Abschnitt des Rhabdoms, die Grenzlinien zwischen den kleinen Kästchen durch die zwei- resp. dreischichtige Wand der »Röhre« in ganz geraden Linien von der äußeren Oberfläche bis zur Mittellamelle (*ml*) fortlaufend zu verfolgen sind (Fig. 15, 16, 17 u. 19). Weiter scheinen sie kontinuierlich in die Grenzlinien der gegenüberliegenden Wandung zu verlaufen (Fig. 15, 16, 17 u. 19), doch findet man zuweilen auch, dass sie mit jenen alterniren.

Nach dem Mitgetheilten kann, meiner Ansicht nach, kein Zweifel sein, dass die kleinen Maschen in Wirklichkeit sechseckige Kästchen sind, und dass das Rhabdom mithin eine wabenartige Struktur besitzt. Ob diese »Waben«, wie mir nicht unwahrscheinlich ist, eine Flüssigkeit enthalten, und somit vacuolenartig sind, vermag ich nicht mit Sicherheit zu sagen. Die Wände der Waben stellen wirkliche Lamellen dar, die sich tief färben und oft von beträchtlicher Stärke sind, was besonders bei der Mittellamelle der Fall ist. Die Waben oder Kästchen treten in allen Theilen des Rhabdoms hervor, sowohl in dem centralen wie in den peripheren Rhabdomeren, wie es die instruktive Fig. 19 von *Leiobunum* zeigt. Bei dem verschiedenartigen chemischen Verhalten der Rhabdomere ist dies jedenfalls bemerkenswerth.

Die Anordnung der Waben im distalen Abschnitt des Rhabdoms bei der *Acantholophus*gruppe ist sehr schwer zu erkennen und scheint weniger regelmäßig zu sein. Die Zahl der Längsschichten kann an sehr dicken Stellen jene im proximalen Abschnitt übertreffen.

Ich habe schon gelegentlich erwähnt (p. 22), dass bei verschiedenen Arten (z. B. *Phalangium*, *Acantholophus*) das Verständnis des Baues durch die Art und Weise, wie sich die peripheren Rhabdomere färben, erschwert wird. Auf diesen Punkt muss ich hier zurückkommen, denn die Wabenstruktur des Rhabdoms wird auch durch dieselbe Färbungsweise theilweise unkenntlich gemacht¹. Wenn man einen solchen Schnitt von *Acantholophus* (Fig. 48) mit einem anderen vergleicht, in dem nur das centrale Rhabdomer durch gelöstes Pigment gefärbt ist (Fig. 46), so sieht man, dass bei dem ersteren die mittlere von den drei Schichten, welche die Wand der Röhre bilden, in den peripheren Rhabdomeren so dunkel gefärbt ist, dass ihre Wabenstruktur verwischt ist. Die äußeren und inneren Schichten dagegen sind fast ungefärbt geblieben, wie das centrale Rhabdomer. In anderen Rhabdomen derselben Retina kann die äußere Schicht ebenfalls tief gefärbt sein, und nur die innere Schicht kann hell bleiben (q^1 , q^2 , q^3 Fig. 6 B u. 6 C).

5. Struktur des Protoplasmas in den Retinazellen.

Der größte Theil der Zelle ist mit Pigmentkörnern so dicht gefüllt, dass es durchaus nothwendig ist, dieselben zu entfernen, um eine Vorstellung von der feineren Struktur in der pigmentirten Region zu erhalten.

Das Protoplasma zeigt im optischen Schnitte einen ausgeprägten wabigen Bau von hell sich färbender Substanz, den ich in den Fig. 4—8 und 13 wiederzugeben versucht habe. Die Maschen des Wabenwerkes sind, besonders in der distalen, am dichtesten pigmentirten Region der Zelle, ziemlich, wenn nicht ganz gleichmäßig groß und gewöhnlich fünf- bis sechseitig. In den Knotenpunkten des Netzwerkes, in welchen in der Regel drei, seltener vier, Seiten zusammentreffen, sammeln sich sehr häufig färbare Substanzen an, und zwar oft in beträchtlicher Menge. Die Knotenpunkte erscheinen dann viel dicker als die Seiten der Maschen. Solche Knotenpunkte, welche man besonders im proximalen Theil der Zelle (Fig. 4 C) trifft, geben dem Protoplasma bei minder genauer Betrachtung ein grobkörniges Aussehen. Bei eingehender Untersuchung bemerkt man jedoch, dass die Körner durch feine, sich leicht färbende Linien zu einem scheinbaren Netzwerke verbunden sind. Die Maschen oder Waben ordnen sich dort in einer Reihe an, wo sie mit einer festeren Wandung, z. B. dem Rhabdom oder der Zellwand, in Berührung kommen (BÜTSCHLI'S Alveolarschicht; z. B. Fig. 4 L, 4 M, 4, 13 etc.).

¹ Diesem Übelstand kann dadurch abgeholfen werden, dass man die Konservierungsflüssigkeit warm anwendet. Vgl. oben p. 4.

Untersucht man die Retinazellen auf Längsschnitten, so zeigt sich gewöhnlich derselbe Bau. Nicht selten freilich kommt es vor, dass die Waben eine Tendenz zeigen, sich in Längsreihen anzuordnen. Einen solchen besonders ausgezeichneten Fall stellt z. B. Fig. 43 dar, wo die Waben mehr oder weniger länglich vierseitig sind, und die Zelle hierdurch ein längsstreifiges Aussehen bekommt.

Eine kleinere oder größere Anzahl Waben — je nach der betreffenden Region — enthält je ein sphärisches Pigmentkorn, das dieselbe Größe hat und sie anscheinend völlig ausfüllt. Eine solche Wabe kann natürlich, wenn man will, als ein ein Pigmentkorn enthaltender Knotenpunkt betrachtet werden.

Bekanntlich ist es sehr schwierig über die wahre Natur eines so gebauten Protoplasmas, wie ich es beschrieben habe, ins Klare zu kommen, ob es ein komplicirtes Netzwerk von feinen Fäden ist, oder ob es nur aus einer Menge von Bläschen oder Vacuolen besteht, die im optischen Schnitt nur das Vorhandensein eines Netzwerkes vortäuschen. Das letztere oder die Schaumstruktur, wie sie von BÜTSCHLI (3) beschrieben worden ist, scheint mir in unserem Falle die größte Wahrscheinlichkeit für sich zu haben. Sie erklärt am besten die allgemeinen Erscheinungen, welche ich oben beschrieben habe: die fünf- bis sechseitigen Maschen, die verdickten Knotenpunkte, die Anordnung in Reihen längs der festeren Wände, etc. Für mich ist folgende Beobachtung maßgebend: wenn man eine der Maschen bei genauer Einstellung unter dem Mikroskop betrachtet und dann den Tubus etwas hebt und senkt, so treten an Stelle der einen beobachteten Masche sehr oft drei andere Maschen, die genau über, bezw. unter ihr liegen, so dass der gemeinsame Knotenpunkt der drei Maschen mit dem Centrum der ersteren zusammenfällt. Es lässt sich dieses am besten durch das Schema Fig. 20 klar machen, wo die in einer optischen Ebene liegenden Maschen durch dunkle Linien, die unmittelbar darunter liegenden durch helle dargestellt sind. Dieses Schema entspricht der Form einer Honigwabe, und zwar der Gegend, an welcher zwei Lagen von Zellen in Berührung stehen.

Zu Gunsten der Ansicht, dass das Protoplasma ein Netzwerk von feinen Fäden ist, könnte angeführt werden, dass alle oben erwähnten Erscheinungen durch die Gegenwart einer großen Anzahl von Pigmentkörnern hervorgerufen werden könnte, welche eben so groß wie die Höhlungen der Maschen sind. Indessen findet sich genau derselbe Bau in jenen Regionen der Zellen, welche wenig oder kein Pigment enthalten, wovon man sich leicht an Schnitten überzeugen kann, aus denen das Pigment nicht entfernt worden ist.

Wenn wir nun die Wabenstruktur des Protoplasmas mit der des

Rhabdome in Vergleich ziehen, so finden wir eine auffällige Ähnlichkeit zwischen beiden. Ja die dem Rhabdom anliegende Alveolarschicht ist oft von der äußeren Kästchenschicht des Rhabdome nur durch das starke Lichtbrechungsvermögen des letzteren zu unterscheiden. Es macht ganz den Eindruck als wenn die Kästchen des Rhabdome erstarrte Protoplasmawaben wären. Erstere sind natürlich, im Gegensatz zu den Plasmawaben, nicht unter einander beweglich.

6. Pigment der Retinazellen.

Die distale Region der Zellen ist vollständig pigmentirt, die proximale dagegen ist mehr oder weniger von Pigment frei. In der Rhabdomregion ist dasselbe besonders stark vertreten, und, da es vor Allem die Plasmastränge der centralen Zelle erfüllt, so kann man diese gewöhnlich auf Schnitten, aus denen das Pigment noch nicht entfernt ist, als intensiv schwarze oder braune Flecken, die in den Rinnen des Rhabdome liegen, erkennen.

Es ist völlig sicher, dass echte Pigmentzellen, die kein Rhabdome tragen, ganz fehlen.

Wie STEFANOWSKA (25) schon beobachtet hat, sind die Pigmentkörner in der proximalen Region der Retina oft in Längsreihen angeordnet. Jedenfalls hängt dieses mit einer reihenförmigen Anordnung der Protoplasmawaben in dieser Region zusammen (Fig. 43).

Im frischen Zustand geprüft erscheint das Pigment bei Phalangium dunkelbraun mit einem Stich ins Röthliche, sowohl im durchscheinenden wie auch im reflektirten Licht. Bei allen anderen Gattungen ist es schwarzbraun, fast schwarz im durchscheinenden, und dunkelbraun mit einem Stich ins Röthliche im reflektirten Licht.

Einige Versuche habe ich angestellt über den Einfluss, welcher von dem Licht, das in wechselnder Stärke in das Auge eintritt, auf die Pigmentwanderung ausgeübt wird. Es wurden Präparate mit einander verglichen, einmal von Individuen, die bei gewöhnlichem Tageslicht getödtet waren, und andererseits von solchen, die vor dem Abtöden in vollkommener Dunkelheit sieben Stunden oder länger geblieben waren. Die Fixirung wurde in beiden Fällen auf die gleiche Weise vorgenommen (alkoh. Pikrinsäure).

Während bei gewöhnlichem Tageslicht das Pigment bis zu den äußersten distalen Enden der Zellen reicht, so hatte sich dasselbe nach dem völligen Abschluss des Lichtes eine Strecke von dem distalen Ende zurückgezogen, und zwar in den peripheren Zellen weiter als in der centralen. In den peripheren Zellen wurde auf diese Weise eine Strecke von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ der Länge des Rhabdome völlig frei von Pigment.

Bezüglich der centralen Zelle war das Verhalten bei den beiden Gruppen ein wenig abweichend:

Bei *Opilio parietinus* (als Vertreter der *Acantholophus*-Gruppe) zog sich das Pigment völlig bis zu etwa $\frac{1}{3}$ der Länge des Rhabdoms zurück, d. h. bis etwa zu dem Schnitt *5E* in Fig. 5. Der ganze distale Abschnitt des Rhabdoms (*dist* Fig. 5) hatte somit seinen Pigmentmantel verloren. Da nun, wie ich oben bereits gezeigt habe (p. 12), der größere Theil des Pigments in diesem Mantel der centralen Zelle angehört (vgl. Fig. 5 *G*, 5 *H* u. 6 *G*), so folgt daraus, dass bei der *Acantholophus*-Gruppe die centrale Zelle den wesentlichsten Einfluss auf die Regulirung des Lichtes ausübt, das zu dem Rhabdom gelangen soll. Erst wenn das Pigment sich eine Strecke von dem distalen Ende zurückgezogen hat (bis etwa Fig. 5 *F* u. 6 *F*), spielen auch die peripheren Zellen eine wichtige Rolle, indem sich nun ihr Pigment noch weiter zurückzieht als in der centralen Zelle.

Auch bei *Phalangium opilio* (als Vertreter der *Leibonum*-Gruppe) zieht sich das Pigment der centralen Zelle in einigen Fällen auf $\frac{1}{3}$ der Länge des Rhabdoms zurück, in zahlreichen anderen Fällen dagegen nur weit weniger, ja oft gar nicht. Diese letztere Eigenthümlichkeit hat mich zu Zweifeln veranlasst, ob die centrale Zelle bei dieser Gruppe in allen Fällen innervirt wird, eine Frage, auf welche später zurückgekommen werden soll. Da an den distalen Enden die drei peripheren Zellen zusammen wenigstens denselben Umfang haben, wie die centrale Zelle (vgl. Fig. 4 *M* u. 8), und da ferner das Pigment bei den ersteren sich auf $\frac{2}{3}$ der Länge des Rhabdoms zurückzieht, so geht hieraus hervor, dass bei der *Leibonum*-Gruppe die Hauptrolle hinsichtlich der Regulirung des Lichtes den peripheren Zellen zugeschrieben werden muss.

Bei beiden Gruppen wird das Zurückziehen des Pigments auf eine größere Strecke in den peripheren, als in der centralen Zelle, jedenfalls theilweise dadurch veranlasst, dass die letztere Zelle im Bereiche der Mitte des Rhabdoms sich häufig sehr beträchtlich verdünnt, während eine solche Verdünnung bei den peripheren Zellen überhaupt kaum eintritt (vgl. Fig. 6 *C*, 6 *D*, 5 *C*, 4 *H*).

STEFANOWSKA (25), welche die Pigmentwanderung in den Augen von *Phalangium opilio* studirte, erwähnt nichts von den hier besprochenen Vorgängen.

7. Die Kerne der Retinazellen.

Die Kerne finden sich sämmtlich in der proximalen Hälfte der Retina (Fig. 40 u. 41). Sie enthalten ein oder zwei Nucleoli und sind

je nach der Art sehr wechselnd in ihrer Gestalt, bald sphärisch (Platybunus), bald länglich-oval (Opilio), am häufigsten aber ist die Gestalt eine ovale. Zum Unterschied von den Kernen der centralen Zellen verursachen die der peripheren keine Anschwellung der Zellen. Bei Leio-*bunum* (Fig. 4) liegen die Kerne der ersteren mehr proximal als die der peripheren Zellen derselben Retinula, und dieses scheint auch bei den anderen Arten der Fall zu sein. Außer den gewöhnlichen Kernen kann man in der am meisten proximal gelegenen Region der Retina immer eine geringe Anzahl kleiner, mehr rundlicher Kerne (*k*¹ Fig. 11) finden, die wahrscheinlich, so wenigstens in den meisten Fällen, centralen Zellen angehören, welche eine ungewöhnliche Länge erreicht haben. Freilich ist es sehr schwer, dies mit völliger Sicherheit nachzuweisen.

8. Phaosphären von *Acantholophus* und von den Skorpionen.

In den Retinulazellen von *Acantholophus* fallen nicht selten gewisse stark lichtbrechende Körper auf, die ohne Zweifel den ähnlichen Gebilden entsprechen, welche in den Augen der Skorpione vorkommen und unter dem Namen Phaosphären bekannt sind.

Die Gestalt und Größe dieser stärker lichtbrechenden Körper (*Ph* Fig. 13) bei *Acantholophus* ist sehr verschieden; bald sind sie rund, bald länglich-oval, und haben bald die Größe eines Nucleolus, bald die eines Kernes. Sie liegen ganz nahe beim Kern und meist auf dessen distaler Seite, doch findet man stets einige auch auf der proximalen Seite. Wenn Phaosphären vorhanden sind, so findet sich gewöhnlich nur eine, zuweilen auch zwei in einer Zelle (Fig. 13), doch trifft man stets eine Anzahl von Zellen, die keine einzige enthalten. Manchmal sind sie in beträchtlicher Zahl in der Retina vorhanden, das andere Mal nur sehr spärlich und noch häufiger finden sie sich überhaupt nicht. Unter 49 Individuen z. B. besaßen sie nur 8, und sie fehlten ganz bei den übrigen 11.

Jede Phaosphäre liegt anscheinend in einer Vacuole (*vc* Fig. 13), welche nicht ganz von ihr erfüllt wird, und in welcher sie durch feine radiäre Fasern¹ gehalten zu werden scheint. Beim ersten Anblick erscheinen die Phaosphären zwar homogen, mittels starker Vergrößerung lässt sich aber ein deutliches Netzwerk erkennen. Durch die matt graublaue Färbung mit Hämatoxylin unterscheiden sie sich sehr scharf

¹ Diese Fasern stellen möglicherweise nur die Wände zwischen Waben dar. Diese Waben würden aber ganz verschieden von den gewöhnlichen Protoplasma-waben sein.

von dem tiefen Blau der Kerne, mit welchen sie auch nicht die entfernteste Ähnlichkeit haben, außer zuweilen in der Größe.

In der Ordnung der Skorpione wurden die fraglichen Körper zuerst von GRENACHER (7) bei Buthus, Ischnurus und Lycas erkannt. Die, welche bei Euscorpius carpathicus und Euscorpius italicus vorkommen, wurden zuerst von LANKESTER und BOURNE (12) gefunden und erhielten von ihnen den Namen »Phaosphaeren«.

Ich selbst habe sie bei den beiden zuletzt genannten Arten untersucht, und kann kaum einen Unterschied von denen von Acantholophus finden, außer darin, dass sie bei Euscorpius carpathicus (aber nicht bei Euscorpius italicus) einen etwas höheren Brechungsindex haben. Man trifft sie meist in der Nähe des Nucleus, oft ihm mittels einer abgeplatteten Fläche direkt anliegend, gerade so wie bei Acantholophus. Wenn ich sie auch wie LANKESTER und BOURNE zum größten Theil proximal vom Kern liegend fand, so habe ich in einigen meiner Präparate sie doch fast eben so häufig auf der distalen wie auf der proximalen Seite der Kerne, oft je eine auf beiden Seiten in derselben Zelle, angetroffen. Sonst aber stimmen sie in jeder Hinsicht mit denen von Acantholophus überein, indem sie in Bezug auf Größe und Gestalt eben so sehr einem Wechsel unterliegen, sich ebenfalls matt graublau färben, eine netzartige Struktur erkennen lassen, und in einer Vacuole von feinen Fasern suspendirt zu liegen scheinen.

Wie LANKESTER und BOURNE (12) richtig bemerken, finden sie sich auch in den Seitenaugen der Skorpione.

Das Vorkommen der Phaosphaeren ist aber nicht auf die Augen beschränkt. Sowohl bei den Phalangiden als auch bei Euscorpius enthielten die Leberzellen im Cephalothorax eine sehr große Zahl runder, stark lichtbrechender Körper, die den Phaosphaeren, welche man in den Augen derselben Species findet, in jeder Beziehung gleichen. Es scheint diese letztere Thatsache den früheren Autoren entgangen zu sein. Ferner habe ich sie auch in den Hypodermiszellen gewisser Arten gefunden, z. B. bei Acantholophus (*ph* Fig. 11).

Hier wie in der Leber sind sie an Größe sehr verschieden und oft, entsprechend dem größeren Durchmesser der Zellen, viel größer als die der Retina. Jene, die ich in den Leberzellen von Euscorpius carpathicus fand, haben einen höheren Brechungsindex als bei anderen Arten, ein Verhalten das ganz übereinstimmt mit dem der Phaosphaeren der Retina bei diesem Thier.

Über die chemische Natur dieser Körper weiß ich nichts zu sagen. Die Phaosphaeren in der Leber und im Auge sowohl von Euscorpius carpathicus wie auch von Acantholophus hispidus werden allem Anschein

nach durch mäßig konzentrierte Säuren (Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Essigsäure) und Alkalien (Kalilauge 35 %, Ammoniak) nicht angegriffen. Bei Anwendung von Doppelfärbung (Eosin-Hämatoxylin) färben sie sich roth, die Kerne dagegen blau.

Alle diese stark lichtbrechenden Körper der Leber, Retina und Hypodermis sind jedenfalls gleichwerthig und wahrscheinlich auch in ihrer Konstitution ganz oder fast identisch.

Es verdient erwähnt zu werden, dass LANKESTER und BOURNE (12) bei einigen Skorpionen (*Androctonus*) keine Phaosphäeren, ferner GRENACHER (7) bei *Buthus* eine »schwankende Anzahl von Vacuolen« und G. H. PARKER (18) bei *Centrurus* eine kleine Zahl von stark lichtbrechenden Punkten in den Phaosphäeren fand, die niemals bei *Euscorpius* und *Acantholophus* vorkommen.

Die Frage nach der Natur der Phaosphäeren in den Augen wird von den verschiedenen Autoren sehr verschieden beantwortet. LANKESTER und BOURNE (12) glauben, dass sie aus derselben Substanz wie das Rhabdom bestehen. MARK (17) vermuthet in ihnen rudimentäre Rhabdome. PATTEN (19) und PARKER (18) sind geneigt sie als Gebilde nuclearen Ursprungs zu betrachten.

Meiner Ansicht nach müssen die Phaosphäeren als Stoffwechselprodukte, die in den verschiedensten Geweben auftreten können und wahrscheinlich in einem Zusammenhang mit der Ernährung stehen, angesehen werden. Im Ganzen möchte ich bezüglich der Natur der Phaosphäeren mit CARRIÈRE (4) übereinstimmen, welcher sagt: »Da sowohl die Stelle ihres Vorkommens bei einer Species als dieses selbst bei verschiedenen Gattungen schwankt und unabhängig von ihnen immer Rhabdome vorhanden sind, dürfte diesen Gebilden überhaupt kein besonderer Werth beizulegen sein.«

V. Nervenfaserschicht und Sehnerven.

Wenn auch, wie die Entwicklung lehrt, die Retina invers gebaut ist, so verbinden sich doch die Nervenfasern mit dem proximalen Ende der Zellen, welches dem ursprünglich (vor der Inversion) freien, äußeren Ende entspricht. Die Zellen werden an diesem Ende hinter dem Kern sehr rasch dünner und gehen in die Nervenfaser über. Da ich diesem wichtigen Punkte besondere Aufmerksamkeit gewidmet habe, so kann ich diese Angabe mit absoluter Sicherheit machen. Am besten studirt man die betreffenden Verhältnisse auf Präparaten, welche in warmen Flüssigkeiten konservirt oder in HALLER'scher Flüssigkeit macerirt sind (Fig. 23 u. 24). Die Achsencylinder sind oft so gut konservirt, dass die Querschnitte durch einen Jeden sofort erkannt werden

können, doch ist es mir niemals gelungen eine Faser zu entdecken, welche zwischen den Zellen aufwärts zieht und sich irgendwo an der distalen Seite vom Kern anheftet.

Die Nervenfasern bilden eine Schicht (*Nv* Fig. 11), welche der proximalen Fläche des Retinazellenlagers aufliegt, und welche nahe der Mitte am dicksten ist, gegen die Peripherie zu aber äußerst dünn und daher schwer zu erkennen ist. Alle Fasern nehmen ihren Weg zu dem nächsten optischen Nerven und treten noch innerhalb der Retinalkapsel zu kleinen Bündeln zusammen, von denen ein jedes von einer cellulären Scheide eingeschlossen wird. Während ihres centripetalen Verlaufes vereinigen sich kleinere Bündel zu größeren und gehen zuletzt durch die Löcher, welche sich in der Retinalkapsel an der ventralen Seite finden, in eben so viele Sehnerven über, wie Löcher vorhanden sind. Jeder Sehnerv theilt sich bei seinem Eintritt in das Auge in zwei Hauptäste, die eine dorsale, bezw. laterale Richtung nehmen und nach den anliegenden Retinazellen auf ihrem ganzen Wege Fasern abgeben (Fig. 10 u. 11).

In der Regel sind acht Nerven für jedes Auge vorhanden, doch kommen Abweichungen vor, und bei einigen Individuen kann sich ihre Zahl bis auf fünf vermindern (Fig. 10). Da sie sich auf ihrem Wege zum Gehirn unter einander vereinigen, so wird ihre ursprüngliche Zahl schließlich bis auf die Hälfte oder auf noch weniger reducirt. Ihr weiterer Verlauf im Gehirn ist von ST. REMY (23) beschrieben worden.

Die Scheide der Sehnerven und diejenige der innerhalb der Retinalkapsel befindlichen Bündel mit ihren Kernen bleiben stets auf die Peripherie beschränkt. Somit fehlen jegliche innere Scheiden, welche den Nerven oder das Bündel in sekundäre Bündel theilen. Die kleinen ovalen oder länglichen Kerne (k^4 Fig. 11) veranlassen in der Wand der Scheide eine Verdickung und sind leicht von den rundlichen viel größeren Kernen (k) der Retinazellen zu unterscheiden. Zuweilen trifft man auch ähnliche Kerne zwischen den Sehnervenfasern (k^3 Fig. 10).

Obwohl der Nachweis, dass die peripheren Zellen je in eine Nervenfasern übergehen, nicht sehr schwer ist, so ist er doch nicht so einfach für die centrale Zelle. Ich habe versucht mir dadurch über diesen Punkt Gewissheit zu schaffen, dass ich die Zahl der Nervenfasern in den optischen Nerven mit der Zahl der Rhabdome in demselben Auge verglich. Wenn es auch mühsam ist, so ist es doch durchaus möglich, die genaue Zahl der Rhabdome zu ermitteln, indem man in der oben (p. 6) beschriebenen Weise Zeichnungen einer lückenlosen Serie von Schnitten, aus denen das Pigment nicht entfernt ist und welche die Sehachse genau quer durchschnitten haben, mit einander vergleicht.

Die Nervenfasern lassen sich ebenfalls zählen, wenn auch nicht mit solcher Genauigkeit. Dies geschieht am besten auf Querschnitten von Sehnerven, die in warmen Flüssigkeiten gehärtet und mit Hämatoxylin gefärbt sind. Auf ihnen erscheint jeder Achsencylinder wie ein heller, farbloser Raum auf blauem Grunde. Die Vertheilung der Fasern eines Auges auf acht Sehnerven, deren jeder 60 bis 400 Fasern enthält, vereinfacht die Zählung bedeutend.

Das Resultat der Zählung ergab für ein linkes Auge von *Acantholophus* genau 588 Rhabdome, während die acht Sehnerven desselben Auges bei demselben Individuum annähernd 2449 Fasern enthielten. Würden alle Zellen in einer Retinula innervirt, so würde die Gesamtzahl von Fasern $4 \times 588 = 2352$ ergeben, welche Zahl sehr gut mit der gefundenen (2449) übereinstimmt. Die letztere Zahl übertrifft zwar um 97 Fasern die wirkliche Zahl, d. h. es ist ein Irrthum von nur 4,1% vorhanden, indessen kommt er nicht in Betracht, wenn man bedenkt, dass, wenn nur die peripheren Zellen innervirt würden, die Zahl der Fasern nur $3 \times 588 = 1764$ betragen müsste, also um 685 hinter der gefundenen zurückbleiben würde.

Hier mag einer etwas überraschenden Übereinstimmung in der Zahl der Rhabdome, welche ich bei verschiedenen Augen von *Acantholophus hispidus* fand, gedacht werden. Das oben erwähnte linke Auge besaß 588 Rhabdome, und in dem rechten Auge desselben Individuums erhielt ich dieselbe Zahl 588. In dem Auge eines anderen Individuums zählte ich 587, also nur ein Rhabdom weniger. Diese Zahlen sind überdies sehr genau, nicht nur annähernd, bestimmt, so dass ein etwaiger Irrthum höchstens ein Rhabdom mehr oder weniger betragen kann.

VI. Die Retinalkapsel und das zwischen ihr und den Schichten der Retina und der Nervenfasern liegende Gewebe.

Die Retinalkapsel, auf welche schon zu verschiedenen Malen Bezug genommen wurde, ist eine Membran von beträchtlicher Festigkeit, wie man sich leicht auf Präparaten, die kurze Zeit in HALLER'scher Flüssigkeit macerirt wurden, überzeugen kann. Sie schließt alles Gewebe beider Augen ein, welches proximal vom Glaskörper liegt.

Der Name präretinale Membran (*prae.m* Fig. 10) ist von GRABER (5) jenem Theil der Retinalkapsel gegeben worden, welcher zwischen dem Glaskörper und der Retina liegt. Sie trennt diese letzteren, doch hält sie dieselben gleichzeitig auch zusammen, weil die Zellwände beider Schichten fest mit ihr verbunden sind. Diese Membran ist jedenfalls eine Folge der Verwachsung der die Zellen jederseits von ihr begrenzenden Zellwände. Niemals enthält sie Kerne.

An ihrem Rande ist die präretinale Lamelle rechtwinkelig umgeschlagen und geht in die periretinale Membran (*peri.m*) über, welche die periphere Fläche und einen Theil der basalen Fläche des Augenbulbus bedeckt. Der inneren Seite dieser Membran liegt eine besondere zellige Matrix (*Mx* Fig. 11) an. Da die Hypodermis (*Hy* Fig. 10 u. 11) eine beträchtliche Strecke mit der peripheren Wand des Augenbulbus in Berührung steht, so verschmilzt die periretinale Membran in dieser Region mit der Basalmembran (*bm*) der Hypodermis. Diese beiden Membranen schließen gewöhnlich eine Anzahl von Tracheen zwischen sich ein (*Tr* Fig. 11) und trennen sich in der Nähe der basalen Fläche des Auges (bei *x* Fig. 10 u. 11).

Der Raum zwischen der periretinalen Membran und der Schicht der Retinazellen sowie der Nervenfasern wird von der dünnen zelligen Matrix der Membran eingenommen. Der distale Theil der Matrix, welcher zwischen dem doppelten Theil der Periretinalmembran und den randständigen Retinulae liegt, setzt sich aus zwei bis drei Schichten von langen, etwas komprimirten, prismatischen Zellen (*Pg*³) zusammen, welche mit den randständigen Retinazellen parallel verlaufen, fast eben so lang sind und langgestreckte abgeplattete Kerne besitzen. Diese Zone ist dicker als der übrige Theil der Matrix und bildet, da sie gewöhnlich sehr intensiv pigmentirt ist, eine ringförmige Pigmentzone (*Pg*³ Fig. 10 u. 11), welche alle Retinulae wie ein Fassreifen umspannt. Bei *Platybunus* sind die Zellen dieser Zone statt mit Pigment, mit kleinen glänzenden Krystallen, und bei *Phalangium brevicorne* zum Theil mit Pigment, zum Theil mit Krystallen erfüllt.

Der Rest der Matrix (*Mx* Fig. 11), welcher zwischen der periretinalen Membran und der Nervenfaserschicht liegt, ist äußerst dünn mit wenigen langgestreckten Kernen versehen. Er kann Pigment oder Krystalle enthalten, aber auch stellenweise von beiden frei sein.

Schon oben habe ich erwähnt, dass die periretinale Membran des einen Auges direkt in die des anderen übergeht, ohne zwischen dieselben einzudringen. Hierdurch ist in der ventralen Region zwischen der Kapsel und den beiden Nervenfaserschichten ein beträchtlicher Raum freigelassen, der gewöhnlich von dreieckiger Gestalt und mit einem besonderen faserig-lockeren Gewebe erfüllt ist (*zw.g* Fig. 11). In ihm finden sich neben zahlreichen Kernen gewöhnlich Glanzkrystalle in großer Menge, besonders in dem Theil, welcher dem vorderen Körperende zunächst liegt.

In der Medianebene des Körpers scheinen die Nervenfaserschichten beider Augen in direkter Berührung mit einander zu stehen; nur hier und dort trifft man vereinzelt, sehr abgeplattete Kerne (*k*² Fig. 11).

Die oben erwähnten Glanzkrystalle, welche man in der Matrix findet, sind sehr kleine, kurze, eckige Stäbchen (Fig. 9) von gelblicher Färbung in durchscheinendem Licht. In reflektirtem Licht schillern sie prachtvoll golden, grün und roth, wie jene des Tapetums bei den Spinnen. Außerdem trifft man sie in großer Menge in den Hypodermiszellen (*Hy* Fig. 10 u. 11) und oft auch in anderen Geweben, wie von LEYDIG (13, p. 384) des Genaueren beschrieben wurde.

VII. Litteratur.

Schon TULK (1843, 27) kannte die Thatsache, dass die beiden Augen der Phalangiden mit einander verbunden sind. Ferner beschreibt er und bildet (Taf. V, Fig. 32) ein Paar Muskeln ab, welche jederseits unter den Augen verlaufen und eine Verschiebung des Augeninhaltes ermöglichen sollen.

In der That fand ich verschiedene Längsmuskeln (*Mk* Fig. 11), welche auf der lateralen Seite der Sehnerven dicht unterhalb der Augen vorbeilaufen. Sie verbinden sich aber nicht mit den Augen, sondern setzen sich einerseits an der Cuticula unmittelbar hinter dem Augenhöcker, und andererseits am oberen Rande der Basen der Cheliceren fest. Ohne Zweifel sind dies, wie schon GRENACHER erwähnt, die Muskeln, welche TULK gesehen hat.

LEYDIG (1855, 43) beschreibt bei Phalangium ein aus zerstreuten Flitterchen gebildetes Tapetum, welches sich am Augengrund ausnimmt »wie Sterne am dunkeln Firmament« (p. 439). In seiner Fig. 21 bildet LEYDIG die Verhältnisse ab. Das Tapetum besteht aus Kügelchen, die größer sind als die Pigmentkörner.

Es ist mir niemals möglich gewesen, bei irgend einer Species etwas einem solchen Tapetum Entsprechendes aufzufinden; auch GRENACHER erwähnt nichts davon.

LEYDIG gibt ferner eine schöne Figur (15, Taf. VIII, Fig. 2), welche die Beziehungen des Auges und Gehirns zu einander zeigt.

Die sehr genaue Beschreibung GRENACHER's (1879, 6) von dem Verhalten der Linse und des Glaskörpers kann ich in allen Punkten bestätigen. Dagegen kann ich seiner Darstellung über den Bau der Retina nicht ganz beistimmen. Er sagt: Die hinter dem Glaskörper gelegene Retina besteht aus einer einzigen Zellenlage. Die Elemente derselben sind stark verlängert, von vorn bis hinten mit Pigment erfüllt, und im frischen Zustand mehr cylindrisch als nach der Erhärtung, wo sie ziemlich spindelförmig werden. An ihrem Vorderende ist ihnen je ein Stäbchen eingelagert, und an ihrem hinteren Ende treten sie mit dem Opticus in Zusammenhang. Die Kerne liegen hinter der Mitte und

verursachen das spindelförmige Aussehen der Zelle durch ihre Auftreibung. Die spindelförmigen Stäbchen lassen sich etwa mit einem Getreidekorn vergleichen. Bei Längsansichten zeigen sie eine sehr feine Längslinie, welcher oft leichte Einkerbungen an den abgerundeten Enden entsprechen. Die Stäbchen bestehen aus drei gleichgroßen, der Länge nach an einander gekitteten Segmenten, so dass der Querschnitt ein kleeblattähnliches Aussehen zeigt.

Aus dem Mitgetheilten kann man ersehen, dass meine Darstellung von derjenigen GRENACHER's in einem sehr wesentlichen Punkte abweicht, obwohl ich ganz besonders hervorheben möchte, dass die von GRENACHER gegebene Darstellung vom Bau des Auges im Übrigen eine sehr naturgetreue ist. Der erwähnte Differenzpunkt besteht darin, dass nach GRENACHER jedes dreitheilige Stäbchen nur einer einzigen Zelle zugehört, die Zellen der Retina gleichwerthig und nicht in Gruppen oder Retinulae angeordnet sind, dass dagegen nach meinen Beobachtungen jedes solche »Stäbchen« in Wirklichkeit ein Rhabdom ist, d. h. ein Produkt einer Gruppe von vier Zellen, welche zusammen eine Retinula bilden.

Die von GRENACHER untersuchte Art, *Phalangium opilio*, ist allerdings wegen der Kleinheit der betreffenden Elemente weit weniger günstig für die Untersuchung als *Leiobunum* und *Opilio parietinus*, an welchen ich meine Beobachtungen zuerst gemacht habe.

PATTEN (1886, 19) fand gelegentlich seiner ausgedehnten Untersuchungen, dass die Retina der Mollusken und Arthropoden sowohl bei den Stemmata wie bei den facettirten Augen sich aus kreisförmig angeordneten Gruppen von pigmentirten Zellen zusammensetzt, die central liegende Zellen umgeben, welche letztere durch konstante Merkmale im Bau ausgezeichnet sind. Diese letzteren Zellen nennt er »Retinophoren«. Ihrer sind stets zwei oder mehr vorhanden, die allerdings mit einander verschmelzen können, wobei der Kern der einen degenerirt. Die Sehstäbe werden von diesen Zellen erzeugt (und haben somit stets die Natur eines Rhabdoms). Sowohl die farblosen Zellen als auch die Theile der Sehstäbe schließen eine axial, ursprünglich intercellulär gelegene Nervenfaser zwischen sich ein. Diese Gruppen von pigmentirten und farblosen Zellen, welche PATTEN mit einem früher etwas anders gebrauchten Namen als »Ommatidia« bezeichnet, sollen, wie er glaubt, die Strukturelemente der meisten, wenn nicht aller Augen sein.

Bei seinen Untersuchungen über das Auge von *Phalangium* (20) findet er nun auch, dass die Retina dieser Form nach demselben Schema gebaut ist. Sie soll aus wohl entwickelten »Ommatidia« bestehen, von

denen jedes sich aus wenigstens neun Zellen zusammensetzt. Das Centrum eines jeden »Ommatidiums« wird von drei Retinophoren gebildet, die je einen Sehstab tragen, welcher am proximalen Ende in eine Spitze ausläuft. Die drei Sehstäbe vereinigen sich mittels ihrer axialen Flächen zu einem konischen Körper, so dass man auf Querschnitten das Bild einer T-förmigen oder dreistrahligem Figur erhält, deren Arme eingekerbt sind (vgl. meine Fig. 5 C). Die drei Sehstäbe verlängern sich proximal in drei dünne Fäden, die in einer zarten Röhre eingeschlossen sind, welche ihrerseits durch Verwachsung der proximalen Enden der farblosen Retinophoren gebildet wird. Die genannten Fäden stehen in Zusammenhang mit einer axialen Nervenfasern, welche durch die Röhre in das Centrum des Kegels (Rhabdoms) übergeht. Die Kerne der Retinophoren, d. h. der drei farblosen centralen Zellen, sind wahrscheinlich über dem distalen Ende der Sehstäbe gelegen, wenn auch PATTEN diesen Punkt nicht mit Bestimmtheit festgestellt hat. Die Retinophoren sind von sechs in zwei Kreisen angeordneten pigmentirten Zellen umgeben. Der äußere und innere Kreis besteht aus je drei Zellen. Diejenigen des äußeren sind schmal und liegen in den Rinnen des Kegels (Rhabdoms). Die Kerne haben ihre Lage gegenüber der Mitte derselben, aber sie sind kaum zu erkennen. Die proximalen Enden der Zellen laufen in lange hyaline Fäden aus. Die drei Zellen des inneren Kreises sind dagegen viel größer und sind den Leisten des Rhabdoms angelagert. Ihre großen ovalen Kerne liegen proximal von den inneren Enden der Sehstäbe und scheinen beim ersten Anblick die einzigen Kerne zu sein, welche in der Retina vorhanden sind.

Wenn wir einen meiner Querschnitte durch die Rhabdomregion von einer Form wie *Opilio parietinus* (Fig. 5 C) mit der Beschreibung PATTEN's vergleichen, so finden wir eine unverkennbare Ähnlichkeit zwischen ihnen. PATTEN's größere Pigmentzellen mit den großen proximal liegenden Kernen sind augenscheinlich meinen drei peripheren Zellen gleichwerthig, während seine kleineren Pigmentzellen, welche in den Winkeln des Rhabdoms liegen, den drei Plasmasträngen meiner centralen Zelle gleichzusetzen sind. In jeder anderen Hinsicht weicht die Darstellung PATTEN's so stark von der meinigen ab, dass ein weiterer Vergleich für mich ausgeschlossen ist.

HENKING (1888, 9) machte einige Beobachtungen über die Linse während der Häutung. Das weiche Material für die zukünftige neue Linse wird bereits unter der gelockerten alten Linse abgeschieden und ist Anfangs nach außen konkav, entsprechend der gekrümmten Unterseite der alten Linse. Diese Angaben HENKING's kann ich auch bestätigen.

VIII. Überblick über die Entwicklung der verschiedenen Theile des Auges.

Da ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung (22) eine kurze Übersicht über die Entwicklung des Auges von *Leiobunum rotundum* gegeben habe und dieselbe später ausführlich zu behandeln gedenke, so werde ich hier nur so viel wiederholen als zum Verständnis der genetischen Beziehungen der Theile zu einander nothwendig ist. Die Augen entstehen aus einem Paar ektodermaler Taschen am Kopfsegment des Keimstreifens, welche durch einen complicirten Faltungsprocess sich bilden, Anfangs mit einem Lumen versehen und von einander vollständig getrennt sind. Später werden sie völlig von der Hypodermis abgeschnürt, bleiben jedoch mit ihr immer in Berührung. Bald rücken sie mehr und mehr in der Medianebene zusammen.

Die äußere Wand jedes Sackes wird sehr dick und gleichzeitig wird sie in das Innere des Sackes eingestülpt, so dass das Lumen des letzteren vollständig verschwindet. Diese verdickte Wand giebt der Retina den Ursprung. Ihre Zellen ordnen sich in einer einzigen Schicht an und bilden zuletzt die Rhabdomere an ihrem jetzt distalen Ende, welches indessen dem ursprünglich (vor der Inversion) inneren, basalen Ende entspricht. Die Nervenfasern haben ihre definitiven Ansatzpunkte an dem entgegengesetzten proximalen, dem Lumen zugekehrten Ende, welches dem ursprünglich freien, äußeren Ende der Zellen gleich ist. Indessen erzeugen nicht alle Zellen der äußeren Wand des Sackes Rhabdomere, sondern die randständigen, welche eine zwei bis drei Zellen dicke Zone bilden, werden sehr intensiv pigmentirt und geben dem periretinalen Pigmentring (*Pg*³ Fig. 44) den Ursprung, welcher, wie oben beschrieben wurde, einen Theil der Matrix der periretinalen Membran bildet.

Die proximale innere Wand des Sackes, welche niemals besonders stark sich verdickt, bleibt an den meisten Stellen sehr dünn und aus ihr geht erstens der dünnste Theil der Matrix (*Mx* Fig. 44) hervor, welcher zwischen der periretinalen Membran und der Nervenfaserschicht liegt, ferner das ein Dreieck bildende faserig-lockere Gewebe auf der Ventralseite zwischen den beiden Augen und wahrscheinlich entstehen aus ihr auch die langgestreckten Kerne (*k*²), welche sich zwischen den Nervenfaserschichten der beiden Augen in der Medianebene finden.

Jener Theil der Hypodermis, welcher direkt über der Retina liegt, erfährt auch eine Verdickung und wird zum Glaskörper, der an seiner distalen Wand die cuticulare Linse abscheidet.

Es ergibt sich also das Resultat, dass die Augen der Phalan-

giden dreischichtige inverse Augen ektodermalen Ursprungs sind.

IX. Theoretische Erörterungen über die mögliche Funktion der Retinaelemente.

Bekanntlich ist es eine ganz allgemeine Annahme, dass die Empfindung der Lichtstrahlen in den Stäbchen bezw. Rhabdomen stattfindet. Dieses muss gerade bei den Phalangiden der Fall sein, wo der ganze distale Theil der Retinazellen mit Pigmentkörnern erfüllt ist, die sich überall finden, so weit das Protoplasma sich distalwärts erstreckt (GRENACHER). Alle Lichtstrahlen müssen desshalb sofort absorbiert werden, außer denjenigen, welche direkt auf die Rhabdome fallen.

Es gibt nun verschiedene Weisen, wie man den Sehstab mit Bezug auf seine Lichtempfindlichkeit auffassen kann.

Man kann zum Beispiel annehmen, dass der Sehstab ganz aus lichtempfindlicher Substanz besteht und so gebaut ist, dass ein Reiz, welcher durch einen auf irgend eine Stelle fallenden Lichtstrahl hervorgerufen wird, sich durch die ganze Substanz des Sehstabes fortpflanzt und dann auf die nervösen Leiter übertragen wird.

Stellen wir uns nun die Rhabdome bei den Phalangiden derartig gebaut vor und prüfen wir die Konsequenzen einer solchen Annahme. Bei solchen Augen, wie sie der Acantholophusgruppe zukommen, bei denen jedes Rhabdom mit den benachbarten verschmilzt, müsste der Reiz, welcher durch einen Lichtstrahl in irgend einem Rhabdom hervorgerufen wird, sich fast allen anderen Rhabdomen in demselben Auge mittheilen. Ferner würde dieses Rhabdom auch den Reiz von Lichtstrahlen empfangen, welche andere Rhabdome treffen. Ein Bild kann in einem solchen Auge unmöglich entstehen, nur eine gleichmäßige Lichtempfindung, die aus der Mischung aller in das Auge eintretenden Strahlen resultirt, könnte hervorgebracht werden. Dass dieses die ganze Funktion eines Auges von einer der Acantholophusgruppe angehörigen Arten, mit seinen komplicirt gebauten Retinulae und Rhabdomen, mit seinem Pigmentapparat zum Reguliren der Lichtstärke, mit seiner großen Zahl von Rhabdomen und noch größeren Menge von Nervenfasern, sein soll, ist mir höchst unwahrscheinlich und ich möchte daher der folgenden Betrachtungsweise den Vorzug geben.

Wir dürfen nicht den Sehstab in seiner Totalität, wie es oben geschah, als einheitliches lichtempfindliches Endorgan betrachten, sondern wir müssen annehmen, dass im Rhabdom lokalisirte Stellen enthalten sind, welche die Überlieferung eines durch Lichtstrahlen hervorgerufenen Reizes an den nervösen Leiter vermitteln. Jede dieser

Stellen, die man als lichtempfindliches Endorgan bezeichnen kann, muss deshalb lokalisiert und isoliert sein, damit ein in ihr erzeugter Reiz sich nicht auf den übrigen Theil des Rhabdoms verbreiten kann und damit sie nur von Lichtstrahlen gereizt werden kann, welche sie direkt treffen. Ein lokaler Reiz kann sich alsdann nicht über den ganzen Sehstab verbreiten und das Vorhandensein eines Netzwerkes von Rhabdomsubstanz, wie in der *Acantholophus*-Gruppe, würde kein Hindernis für die Isolierung der percipirenden Organe sein.

Es ist leicht begreiflich, dass diese empfindlichen Endorgane in einem Sehstab nicht nothwendig über seine ganze Masse vertheilt zu sein brauchen, dass vielleicht ein Theil desselben keine solchen Organe besitzt und einfach wie ein dioptrisches Medium sich verhält. Hierin könnten wir vielleicht auch eine Erklärung finden für die bemerkenswerthe Verschiedenheit zwischen beiden Arten von Substanzen des Rhabdoms, wie sie in der differenten Färbung desselben zum Ausdruck kommt. Wir könnten nämlich annehmen, dass die sensitiven Endorgane sich entweder auf den hell oder auf den dunkel färbenden Theil der Rhabdome beschränken und dass sie eben die Verschiedenheit in der Färbung bedingen.

Bei solcher Betrachtungsweise ist es leicht einzusehen, dass nur jener Theil des Rhabdoms, welcher sich dunkelblau färbt, als Sitz der sensitiven Endorgane in Frage kommen kann, während der hellblaue Theil nur dioptrischer Natur ist.

Bei dieser Annahme würden wir finden, dass der percipirende Theil des Rhabdoms stets stark entwickelt ist und den bei Weitem größten Theil des proximalen Abschnittes bildet, d. h. jenen Theil, welcher am weitesten von der Linse entfernt ist. Dagegen variirt der dioptrische Theil des Rhabdoms sowohl in der Form wie in der Masse sehr und er kann sogar fast verschwinden (*Platybunus*). Er ist am stärksten entwickelt im distalen Abschnitt, d. h. in dem dem Lichte zugekehrten Theil. Darin dass dieser Abschnitt bei der *Acantholophus*-Gruppe ausschließlich dioptrischer Natur ist, kann ich nur einen beträchtlichen Vortheil für den Sehvorgang erblicken, weil hierdurch die in Folge einer zu geringen Dicke des Glaskörpers herbeigeführten Nachteile zum Theil wieder ausgeglichen würden, indem die percipirende Region weiter von der Linse entfernt zu liegen kommt (vgl. Fig. 44).

Die in Rede stehenden Verhältnisse würden eine gewisse Analogie zu ähnlichen Verhältnissen im zusammengesetzten Auge der Crustaceen und Insekten bieten. Der distale besonders abgesetzte Abschnitt des Rhabdoms bei *Oligolophus* und *Acantholophus* (Fig. 44) ließe sich (funktionell) mit dem Krystallkegel jener zusammengesetzten

Augen vergleichen, welcher sicher dem dioptrischen Apparat zugehört. Allerdings stellt er dort eine vom Rhabdom unabhängige Bildung dar, kann jedoch einen Fortsatz in dasselbe hineinschicken.

Mit dem Zustandekommen eines deutlicheren Bildes dürfte jedenfalls auch die Verschmälerung des dem Lichte zugekehrten Endes vom proximalen (percipirenden) Abschnitt des Rhabdoms bei *Acantholophus* und *Oligolophus* zusammenhängen. Für solche Formen dagegen, wo wie bei *Platybunus* der Glaskörper mächtig entwickelt ist, käme es darauf an, eine große Zahl von sehr kleinen Rhabdomen zu besitzen, um ein gutes Sehen zu ermöglichen. Dem entsprechend finden wir hier den dioptrischen Theil bis auf einen kleinen Rest am distalen Ende des Rhabdoms reducirt.

Eine weitere Konsequenz der hier vorgetragenen Anschauung ist die, dass die Lichtempfindlichkeit nicht der centralen, sondern ausschließlich den peripheren Zellen zukommen würde.

Man könnte die Thatsache, dass die centrale Zelle, wenigstens bei *Acantholophus*, mit einer Nervenfasern versehen ist, als wichtigen Einwand betrachten, indessen lässt sich meiner Ansicht nach hierfür leicht eine andere Erklärung geben. Wie oben (p. 12) schon betont wurde, ist bei der *Acantholophus*-Gruppe der distale Abschnitt des Rhabdoms von einem Pigmentmantel eingehüllt, welcher fast ganz aus den kolbig verdickten distalen Enden der centralen Zelle besteht. Und ich habe ferner gezeigt (p. 29), dass das Pigment im Stande ist, von und nach dem distalen Ende der centralen Zelle unter dem Einfluss eines Wechsels der Lichtstärke zu wandern, wesshalb wir der centralen Zelle in der *Acantholophus*-Gruppe die Funktion zuschreiben können, den Zutritt des Lichtes zum Rhabdom zu reguliren. Dadurch wird die Innervirung der centralen Zelle verständlich.

Bei solchen Formen wie *Platybunus*, wo sowohl das centrale Rhabdomer wie die distale Region der centralen Zelle sehr schwach entwickelt ist, halte ich es für nicht unwahrscheinlich, dass die centrale Zelle nicht mehr mit einer Nervenfasern versehen ist (vgl. hierüber auch das auf p. 29 Gesagte).

Kurz zusammengefasst würde die oben erörterte theoretische Anschauung folgende sein: Von vier ursprünglich gleichwerthigen Sehzellen haben nur die drei peripheren ihre Lichtempfindlichkeit beibehalten, das Rhabdomer der centralen Zelle dagegen hat diese letztere Eigenschaft verloren. Es funktionirt jetzt als dioptrisches Medium, während die centrale Zelle selbst bei der *Acantholophus*-Gruppe die Funktion einer Pigmentzelle übernommen hat, welche den Zutritt des Lichtes zum Rhabdom regulirt, da ja echte Pigmentzellen in der Retina fehlen.

X. Vergleichung der Phalangidenaugen mit denen der Arachniden im Allgemeinen.

Wenn wir die Augen der Phalangiden mit denen der übrigen Arachniden, so weit sie bis jetzt untersucht sind, vergleichen, so finden wir, dass sie mit den Augen der Skorpione noch am ehesten übereinstimmen.

Die Skorpione besitzen bekanntlich ein Paar Mittelaugen und mehrere Paare von Seitenaugen. Die letzteren sind nach den übereinstimmenden Angaben von LANKESTER und BOURNE (12) sowie G. H. PARKER (18), die ich bestätigen kann, einschichtig und bilden nur einen besonderen Theil der Hypodermis, so dass sich die Retina in direkter Kontinuität mit der Linse befindet. Sie entstehen nach PARKER durch eine einfache grubenförmige Einsenkung des Körperepithels, ohne dass eine Inversion der Retina erfolgt. Diese Augen haben kein Homologon bei den Phalangiden und kommen desshalb für uns nicht in Betracht.

Die Entwicklung der Mittelaugen verläuft nach den Untersuchungen von G. H. PARKER (18) in ganz ähnlicher Weise wie bei den Augen der Phalangiden und stimmt, in vielen Punkten sogar bis ins Einzelne, mit diesen überein. Die Mittelaugen der Skorpione entstehen ebenfalls aus drei Schichten, von denen die äußere den Glaskörper und die mittlere die invertirte Retina bildet, während aus der inneren eine dünne postretinale Pigmentschicht hervorgeht. Die letztere fungirt als Matrix für einen Theil der Retinalkapsel, welche genau so wie bei den Phalangiden die Retinae beider Augen in einer gemeinsamen Hülle einschließt.

Da es zu weit führen würde, alle Ansichten, welche über den Bau der Retina der Mittelaugen bei den Skorpionen geäußert worden sind, zu diskutieren, so werde ich mich nur an die genaueren Untersuchungen von LANKESTER und BOURNE (12) und von PARKER (18) halten, zumal ich deren Angaben für Euscorpius bestätigen kann. Die Retina besteht aus Retinulae, von denen sich jede aus fünf Zellen, die in einem Kreise angeordnet sind, zusammensetzt. Jede Zelle producirt seitlich ein rinnenförmiges Rhabdomer, welches aber ihr distales Ende nicht erreicht. Die Rhabdomere vereinigen sich in jeder Retinula zu einem mit fünf Längsrinnen versehenen Rhabdom, wodurch dieses auf dem Querschnitt fünfstrahlig erscheint. Der distale Theil der Retinazelle ist dicht pigmentirt, während der proximale Theil den Kern enthält und in die Nervenfasern übergeht. Bei *Centrurus* fand PARKER zwischen den Retinulae in der distalen Region besondere keulenförmige Pigmentzellen, welche in der Rhabdomregion sehr fein und fadenförmig werden

und in der proximalen Region, wo der Kern liegt, wieder an Größe zunehmen. Ganz ähnliche Pigmentzellen habe ich auch bei *Euscorpium* finden können. LANKESTER und BOURNE beschreiben zwar bei *Androctonus* äußerst feine Pigmentzellen zwischen den Retinulae im distalen und mittleren Abschnitt derselben, indessen sind bei *Buthus* nach GRENACHER (7), bei *Centrurus* nach PARKER (18), sowie bei *Euscorpium* nach LANKESTER und BOURNE (12) und nach mir in der distalen Hälfte der Retina gar keine Kerne zu finden. Zwischen der Retina und der postretinalen Pigmentschicht befindet sich eine Lage von Nervenfasern, die gerade so wie bei den Phalangiden zu zahlreichen Bündeln innerhalb der Retinalkapsel vereinigt sind.

Dieses mag genügen, um die Homologie zwischen den Mittelaugen der Skorpione und den Phalangidenaugen zu zeigen. Die Hauptunterschiede liegen in der Abwesenheit einer centralen Zelle, im Bau der Retinulae und in dem Vorhandensein von echten interretinulären Pigmentzellen bei den Skorpionen. Ich möchte aber die Aufmerksamkeit auf die Ähnlichkeit lenken, welche zwischen den Plasmasträngen der centralen Zelle in der *Acantholophus*-Gruppe und dem keulenförmigen distalen Abschnitt der Pigmentzellen bei *Centrurus* und *Euscorpium* besteht, ohne damit natürlich eine Homologie zwischen ihnen behaupten zu wollen.

Bei den echten Spinnen (*Araneae*), wo ein ähnlicher Dimorphismus der Augen wie bei den Skorpionen schon längst durch GRENACHER (6) bekannt geworden ist, unterscheidet man die »Hauptaugen«¹ (vorderen Mittelaugen) von den übrigen sogenannten »Nebenaugen«¹ (vorderen Seitenaugen und hinteren Augen).

Die Nebenaugen sollen nach LOCY (16) nach ihrer Entwicklung inverse Augen sein, doch konnte MARK (17), der die Präparate von LOCY darauf hin weiter untersucht hat, diese Angabe nicht mit Sicherheit bestätigen, wenn er auch den inversen Bau für den wahrscheinlichsten hielt. Erst PATTEN (20a) gelangte zu der Ansicht, welche KISHINOUE (10) später ausführlicher begründen konnte, dass die Nebenaugen durch eine becherförmige ektodermale Einsenkung entstehen. Der Boden der Einsenkung wird zur Retina, die keine Spur einer Inversion zeigt. Diese Angaben PATTEN's und KISHINOUE's habe ich früher schon bestätigt (KORSCHULT und HEIDER [11 p. 597]).

Durch anatomische Untersuchungen ist ferner BERTKAU (1) zu dem Schluss gekommen, dass die Nebenaugen inverse Augen seien, obwohl er dieses nicht mit völliger Sicherheit beweisen konnte. Diese Ver-

¹ So von BERTKAU (1) genannt.

hältnisse habe ich ebenfalls eingehend untersucht und kann im Gegensatz zu BERTKAU die älteren Angaben GRENACHER's in allen wichtigen Punkten völlig bestätigen.

Die Hauptaugen (vordere Mittelaugen) der Spinnen dagegen sind, nach den übereinstimmenden Angaben von LOCY (16), MARK (17), PATTEN (20a), KISHINOUE (10) und mir (KORSCHULT und HEIDER [11, p. 602]) echte inverse Augen und aus drei Schichten gebaut. Es kann deshalb nicht zweifelhaft sein, dass diese den Phalangidenaugen homolog sind. In der Retina der Hauptaugen kommen außer den eigentlichen Sehzellen noch echte Pigmentzellen vor. Die Sehzellen sind nach GRENACHER und BERTKAU, wie ich ebenfalls bestätigen kann, nicht in Retinulae angeordnet und besitzen einen im proximalen Theil gelegenen Kern; sie gehen am proximalen Ende in die Nervenfasern über, letzteres Verhältnis ganz so wie bei den Phalangiden und den Skorpionen. Während ich dies auch für einige Spinnen (Attiden) bestätigen kann, habe ich bei den meisten Dipneumoniden gefunden, dass der Nerv sich nicht am proximalen Ende, sondern in der Mitte der Retinazelle ansetzt.

Eine Verbindung zwischen den am distalen Ende gelegenen Stäbchen benachbarter Zellen ist bis jetzt nicht beschrieben worden, ich habe indessen bei einer großen südamerikanischen Vogelspinne, sowie bei vielen Dipneumoniden eine echte Rhabdombildung gefunden, welche aber einen Typus aufweist, der so weit bekannt ist, ganz vereinzelt unter den Arthropoden dasteht. Jede Zelle nämlich producirt zwei bis sechs Rhabdomere, von denen jedes mit einem der Rhabdomere jeder anliegenden Zelle verwächst. Auf diese Weise nimmt jede Zelle Theil an der Bildung von zwei bis sechs verschiedenen Rhabdomen. Jedes Rhabdom ist das Produkt von in der Regel nur zwei Zellen und erscheint deshalb auch zweitheilig. Eine Gruppierung der Zellen zu Retinulae findet sich indessen nicht. Ich werde diese Verhältnisse später noch eingehender beschreiben, wenn ich meine Untersuchungen über den Bau der Spinnenaugen veröffentlichen werde.

Ein ähnlicher Typus von Rhabdombildung ist von GRENACHER (8) in seinen Untersuchungen für das Cephalopodenauge beschrieben worden. Bei diesen Thieren scheidet jede Zelle in der Regel zwei Rhabdomere ab und nimmt an der Bildung von zwei verschiedenen Rhabdomen Theil. Die letzteren werden stets von drei bis fünf Zellen gebildet.

Von den Augen der übrigen Arachniden sind, so weit ich weiß, nur noch die der Pseudoscorpione untersucht worden. Nach der

Beschreibung von BERTRAU (2) sind sie den Nebenaugen der Spinnen in vielen Punkten sehr ähnlich und wahrscheinlich mit diesen homolog.

Die Homologie der Mittelaugen von *Limulus* mit den Mittelaugen der Skorpione wurde zuerst von LANKESTER und BOURNE behauptet. Diese Augen, welche fast zusammen in der Medianlinie liegen, besitzen nach den Angaben der genannten Autoren einen Glaskörper und eine darunter liegende Retina, deren Zellen hier und dort eine Anordnung zu Retinulae von je fünf rhabdombildenden Zellen zeigt.

Aus den mitgetheilten Angaben geht klar hervor, dass die vorderen Mittelaugen der Spinnen, die Augen der Phalangiden und die Mittelaugen der Skorpione sowie jedenfalls die Mittelaugen des *Limulus* eine Reihe von homologen Gebilden darstellen, welche durch eine invertirte Retina mit Retinulae oder wenigstens Rhabdomen charakterisirt sind.

Da wir bei den niedrigsten Arachnidenformen wie den Skorpionen sowie bei *Limulus* eine Retina mit Retinulae antreffen, so ergibt sich ferner, dass der ursprüngliche Arachnidentypus auch eine aus Retinulae zusammengesetzte Retina besaß. Ich sehe ein Hauptresultat dieser Arbeit darin, nachgewiesen zu haben, dass eine aus Retinulae zusammengesetzte Retina bezw. eine Modifikation derselben auch bei den höheren Arachnidenordnungen, den Phalangiden und den Spinnen, noch besteht.

KORSCHOLT (11, p. 600) ist der Ansicht, dass die Mittelaugen der Skorpione und des *Limulus* von zusammengesetzten Facettenaugen abgeleitet sind, deren Einzelaugen (Ommatidia) beim Skorpion und *Limulus* durch die Retinulae repräsentirt werden. Diesen Gedanken weiter verfolgend, kam der genannte Autor zu dem Schluss, dass auch bei den höheren Arachnidenordnungen in Homologie mit den Mittelaugen der Skorpione früher eine zusammengesetzte Retina vorhanden gewesen sein müsse. Obgleich ihm das Vorhandensein von Rhabdomen bei den Spinnen und Phalangiden unbekannt war, so führten ihn die Angaben GRENACHER's, dass die Stäbchen der Spinnen aus zwei, die der Phalangiden aus drei Stücken beständen, zu der Vermuthung: »dass es sich bei der Zwei- resp. Dreitheiligkeit der Stäbchen vielleicht um Reste der Rhabdom- und Retinulabildung handeln möchte« (11, p. 601). Wie in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen wurde, hat diese Vermuthung für die Augen der Phalangiden und für die Mittelaugen der Spinnen völlig das Richtige getroffen.

Berlin, Januar 1894.

Litteraturverzeichnis.

1. P. BERTKAU, Beiträge zur Kenntniss der Sinnesorgane der Spinnen. I. Die Augen der Spinnen. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXVII. 1886. Bonn.
2. — Über die Chernetiden oder Pseudoskorpione. Verhandl. des naturhist. Vereins der preuß. Rheinlande etc. Sitzungsberichte. 44. Jahrg. 1887. Bonn.
3. O. BÜTSCHLI, Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892.
4. J. CARRIÈRE, Bau und Entwicklung des Auges der zehnfüßigen Crustaceen und der Arachniden. Biolog. Centralbl. Bd. IX. 1889.
5. V. GRABER, Über das uniconneale Tracheaten- und speciell das Arachniden- und Myriapodenaug. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XVII. 1879. Bonn.
6. H. GRENACHER, Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden, insbesondere der Spinnen, Insekten und Crustaceen. Göttingen 1879.
7. — Über die Augen einiger Myriapoden. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XVIII. 1880. Bonn.
8. — Abhandlungen zur vergleichenden Anatomie des Auges. I. Die Retina der Cephalopoden. Abhandl. Natur. Gesellschaft Halle. Bd. XVI. 1884.
9. H. HENKING, Biologische Beobachtungen an Phalangiden. Zoolog. Jahrbücher. Abth. für System. Bd. III. 1888. Jena.
10. KISHINOUE, On the Development of Araneina. Journ. of the Coll. of Sci. Imperial Univers. Japan. Vol. IV. Part. 4. 1894.
11. E. KORSCHULT u. K. HEIDER, Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgesch. der wirbellosen Thiere. Specieller Theil. 2. Heft. Jena 1892.
12. RAY LANKESTER and BOURNE, The minute structure of the lateral and the central Eyes of Scorpio and of Limulus. Quart. Journ. of Micr. Sci. Vol. XXIII. N. ser. 1883.
13. F. LEYDIG, Zum feineren Bau der Arthropoden. Archiv f. Anat., Physiol. u. wiss. Med. Jahrg. 1855. Berlin.
14. — Über das Nervensystem der Afterspinne (Phalangium). Archiv f. Anat., Physiol. u. wiss. Med. Jahrg. 1862. Leipzig.
15. — Tafeln zur vergleichenden Anatomie. Tübingen 1864.
16. W. LOCY, Observations on the development of Agelena naevia. Bull. of the Mus. of Compar. Zool. at Harv. Coll. Vol. XII. No. 3. Cambridge 1886.
17. E. L. MARK, Simple Eyes in Arthropods. Bull. of the Museum of Comp. Zool. at Harv. Coll. Cambridge. Vol. XII. No. 3. 1887.
18. G. H. PARKER, The Eyes in Scorpions. Bull. of the Museum of Comp. Zool. at Harv. Coll. Cambridge. Vol. XIII. No. 6. 1887.
19. W. PATTEN, Eyes of Molluscs and Arthropods. Mitth. aus der Zoolog. Station zu Neapel. Bd. VI. Berlin 1886.
20. — Studies on the Eyes of Arthropods. 4. Develop. of the Eyes of Vespa, with Observ. on the Ocelli of some Insects. Journal of Morph. Vol. I. Boston 1887.
- 20a. — Segmental Sense-Organs of Arthropods. Journ. of Morph. Vol. II. Boston 1887.

24. F. PLATEAU, Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes (deuxième partie). Vision chez les Arachnides. Bulletins de l'Acad. Royale des Sci. etc. de Belgique. 57. Ann. 3. Sér. T. XIV. 1887.
22. F. PURCELL, Über den Bau und die Entwicklung der Phalangidenaugen (Vorläufige Mittheilung). Zool. Anz. 15. Jahrg. 1892.
- 22a. — Über den Bau der Phalangidenaugen. Inaug.-Diss. Berlin 1894. (Diese Dissertation bildet nur einen Theil der vorliegenden Abhandlung.)
23. G. SAINT-REMY, Contribution a l'étude du cerveau chez les Arthropodes Trachéates. Arch. de Zool. exp. et gén. 2. série. T. V bis Suppl. 1887.
24. E. SIMON, Les Arachnides de France. T. VII. Paris 1879. 80.
25. M. STEFANOWSKA, La Disposition Histologique du Pigment dans les yeux des Arthropodes sous l'influence de la lumière directe et de l'obscurité complète. Recueil zoolog. Suisse. T. V. 1890.
26. G. R. u. L. C. TREVIRANUS, Vermischte Schriften anatomischen u. physiologischen Inhalts. Bd. I. Göttingen 1816.
27. A. TULK, Upon the Anatomy of Phalangium opilio. Ann. of Nat. Hist. Vol. XII. 1843.

Erklärung der Abbildungen.

Bedeutung einiger wiederholt vorkommender Buchstaben :

c, centrale Zelle;

*c*¹, *c*², *c*³, *c*^I, *c*^{II}, *c*^{III}, die drei Plasmastränge, in welche die centrale Zelle in der Rhabdomgegend getheilt ist;

cr, Rhabdomer der centralen Zelle;

dist, distaler Abschnitt des Rhabdoms;

hin, Hinterseite des Auges;

k, *k*¹ etc., Kerne;

lat, laterale Seite des Auges;

med, mediale Seite des Auges;

ml, Mittellamelle (Mittellinie) des Rhabdoms;

nf, Nervenfasern;

*p*¹, *p*², *p*³,
p^I, *p*^{II}, *p*^{III}, } die drei peripheren Zellen einer Retinula;

pg, Pigmentkörner;

pr, Rhabdomer einer peripheren Zelle;

prox, proximaler Abschnitt des Rhabdoms;

sl, Seitenlamelle (Seitenlinie) des Rhabdoms;

vor, Vorderseite des Auges.

NB. Die eingeklammerten Buchstaben und römischen Zahlen bedeuten die Kombination der ZEISS'schen Objektive und Oculare, mit denen die den Figuren beigefügte Zahl der Vergrößerung erzielt wurde. Alle Figuren sind mit dem WINKEL'schen Zeichenapparat entworfen. In den Fig. 4—8 sind die Rhabdome blau kolorirt und es ist damit möglichst genau die Hämatoxylinfärbung in den Präparaten wiedergegeben.

Tafel I.

Fig. 1. *Leiobunum rotundum* Latr. Schema einer ganzen Retinula, kombinirt aus einer lückenlosen Serie von 24 Schnitten durch eine und dieselbe Retinula. Die wirkliche Dicke der Schnitte ($3,5 \mu$) wurde dabei berücksichtigt, so dass die Figur ein ziemlich genaues Bild einer Retinula giebt. Die parallelen Querlinien auf der linken Seite zeigen die Grenzen zwischen zwei einander folgenden Schnitten an. 12 von den letzteren, deren Lage als 1A bis 1M links von Fig. 1 bezeichnet ist, sind in doppelt so großem Maßstabe in den Fig. 1A bis 1M dargestellt; nur die centrale Zelle (*c*) und zwei periphere Zellen (p^2 und p^3) sind zu sehen, die dritte periphere ist hinter den übrigen verborgen.

Fig. 1A bis 1M. *Leiobunum rotundum* (Immers. 1/18, IV). Alkoh. Pikrinsäure, Hämatoxylin. 12 Querschnitte durch eine und dieselbe Retinula (vgl. Fig. 1). Die Buchstaben p^1 , p^2 , p^3 , c^1 , c^2 , c^3 gelten für dieselben Zellen in jedem Schnitt; die Rhabdomere der peripheren Zellen sind dunkelblau, das der centralen Zelle hellblau.

Fig. 1A geht durch den Kern (*k*) der centralen Zelle.

Fig. 1B, durch die Kerne (*k*) der peripheren Zellen.

Fig. 1C u. 1D, durch den verdünnten Theil der centralen Zelle.

Fig. 1E liegt unmittelbar proximal vom Rhabdom; die centrale Zelle erscheint in diesem Theil voluminöser und dreiseitig.

Fig. 1F, durch das äußerste proximale Ende des Rhabdoms; eines der peripheren Rhabdomere (der Zelle p^1) ist noch von den übrigen getrennt.

Fig. 1G u. 1H sind typisch für den proximalen Abschnitt des Rhabdoms.

Fig. 1I liegt an der Grenze zwischen dem proximalen und distalen Abschnitte; die peripheren Rhabdomere, von p^2 und p^3 , senken sich in das centrale Rhabdomer ein und treffen sich, so dass letzteres in zwei Theile gespalten wird.

Fig. 1K. Die Strahlen der peripheren Rhabdomere von p^2 und p^3 werden kürzer und das centrale wölbt sich in den angrenzenden Plasmastrang c^1 der centralen Zelle vor.

Fig. 1L u. 1M. Die beiden am weitesten distal liegenden Schnitte. In 1M sind die Strahlen von p^2 und p^3 verschwunden, und das Rhabdom ist seitlich comprimirt.

Fig. 2. *Leiobunum rotundum* Latr. (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Querschnitt einer Retinula durch das äußerste distale Ende (entsprechend der Fig. 1M). Das centrale Rhabdomer ist gegen beide Plasmastränge c^{II} und c^{III} der centralen Zelle vorgewölbt, wodurch der Querschnitt des Rhabdoms die Form eines Kreuzes erhält.

Fig. 3. *Leiobunum rotundum* Latr. (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Querschnitt einer Retinula auf der Grenze zwischen dem proximalen und distalen Abschnitt (wie Fig. 1K). Das centrale Rhabdomer ist in die drei Plasmastränge c^I , c^{II} , c^{III} der centralen Zelle vorgewölbt. Die Strahlen der peripheren Zellen p^I , p^{II} und p^{III} sind jetzt noch vorhanden, wodurch das Rhabdom eine sechsstrahlige Gestalt erhält.

Fig. 4. *Leiobunum rotundum* Latr. (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Querschnitt durch das äußerste distale Ende einer Retinula; jedes der peripheren Rhabdomere ist in die Substanz des centralen Rhabdomers eingedrungen und hat das letztere in drei Stücke gespalten, die die Form von Strahlen angenommen haben.

Fig. 5. *Opilio parietinus* de Geer. Schema des distalen Theiles zweier

Retinulae, kombinirt in derselben Weise wie Fig. 4. Die als 1 und 2 bezeichneten Retinulae entsprechen in der Querschnittserie 5A bis 5H den Ret. 1 und Ret. 2. Die Rhabdome sind in 12 Schnitte zerlegt, von denen vier dem distalen Abschnitt zukommen, der hier durch Brücken mit den benachbarten Rhabdomen verbunden ist (vgl. den Text p. 20). In dem proximalen Abschnitt stellt ein schmaler, hellblauer Streifen das centrale Rhabdomer dar.

Fig. 5A bis 5H. *Opilio parietinus* de Geer (Immers. 1/12, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Acht Querschnitte durch den distalen Theil ein und derselben Gruppe von vier Retinulae (als 1 bis 4 bezeichnet), von denen Ret. 1 und 2 in Fig. 5 rekonstruirt und auf $\frac{8}{10}$ verkleinert sind.

Fig. 5A und 5B liegen an der proximalen Seite des Rhabdoms; sie zeigen die charakteristische eckige Gestalt der centralen Zelle, deren Rhabdomer in 5B sichtbar ist.

Fig. 5C bis 5E, durch den proximalen Abschnitt des Rhabdoms, das hier fast ganz aus den dunkelblauen peripheren Rhabdomeren besteht, das centrale Rhabdomer ist nur in Form von schmalen hellblauen Streifen sichtbar.

Fig. 5F bis 5H durch den distalen Abschnitt des Rhabdoms, welcher hier hellblau gefärbt ist; die Bildung der die benachbarten Rhabdome verbindenden Brücken ist in 5F gezeigt, wo ein Theil des dunkelblauen proximalen Abschnittes noch zu sehen ist (in Ret. 3 und 4).

Fig. 5G zeigt nur Ret. 4.

Fig. 5H zeigt das Netzwerk von Rhabdomsubstanz; nur jene, welche zu den Retinulae 1—4 gehören, sind in der Figur blau kolorirt und stehen mittels 13 Brücken mit den benachbarten Rhabdomen in Verbindung. Die letzteren sind zur besseren Unterscheidung nur mit einem grauen Ton versehen. Nur die Zellen, welche der Ret. 4 angehören, sind eingezeichnet, um das starke Anwachsen der centralen Zelle und die hiermit einhergehende Größenabnahme der peripheren Zellen zu zeigen.

Tafel II.

Fig. 6. *Acantholophus hispidus* Herbst. Schema des distalen Theiles einer Retinula, kombinirt, in gleicher Weise wie Fig. 4, aus der Serie von Querschnitten Fig. 6A bis 6G; nur die centrale Zelle (c) und die peripheren Zellen p^2 und p^3 sind zu sehen. Das Rhabdom ist in 11 Schnitte zerlegt, von denen drei dem distalen Abschnitt angehören.

Fig. 6A bis 6G. *Acantholophus hispidus* (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Acht Querschnitte durch den distalen Theil einer und derselben Retinula (rekonstruirt und reducirt auf die Hälfte in Fig. 6). Die Buchstaben p^1 , p^2 , p^3 , c^1 , c^2 , c^3 bezeichnen immer dieselben Zellen in jedem Schnitt.

Fig. 6A liegt unmittelbar proximal vom Rhabdom.

Fig. 6B bis 6E gehen durch den proximalen Abschnitt, der hauptsächlich aus den dunkelblauen peripheren Rhabdomeren besteht; Reste von dem hellblauen centralen Rhabdomer sind in 6B und 6C zu sehen. Die hellblauen Theile, welche mit q^1 , q^2 und q^3 bezeichnet sind, mit der Mittellinie in ihnen, gehören den peripheren und nicht dem centralen Rhabdomer an.

Fig. 6F' bis 6G sind durch den distalen Abschnitt des Rhabdoms geführt. Zu bemerken ist das plötzliche Anwachsen der centralen Zelle, welches besonders deutlich in Fig. 6F' und 6F'' hervortritt. Diese beiden Figuren stellen die proximale und die distale Fläche ein und desselben Schnittes dar.

Fig. 7. *Acantholophus hispidus* (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrin-

säure, Hämatoxylin. Querschnitt durch den dünnsten Theil eines besonders stark verschmälerten Rhabdoms. Seine Lage entspricht Fig. 6E.

Fig. 8. *Phalangium opilio* L. (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Querschnitt durch das äußerste distale Ende einer Retinula; die peripheren Rhabdomere sind dunkelblau kolorirt.

Fig. 9. *Platybunus triangularis* Herbst (Immers. 1/18, IV). Glanzkrystalle aus der Matrix der Retinalkapsel.

Fig. 10. *Acantholophus hispidus* (Immers. 1/12, I). FLEMING'sche Flüssigkeit + Alkohol bei 45° C. Schnitt durch ein ganzes Auge, welcher parallel der Längsachse des Körpers, und zwar in derjenigen Richtung, welche in Fig. 11 durch die punktirte Linie Fig. 10 bezeichnet ist, geführt wurde.

Fig. 11. *Acantholophus hispidus* (Immers. 1/12, I). FLEMING'sche Flüssigkeit + Alkohol kalt. Schnitt durch ein ganzes Auge. Der Schnitt ist genau quer zur Längsachse des Körpers und rechtwinkelig zum Schnitt der Fig. 10 geführt. Der Schnitt enthält die Sehachse und theilt das Auge in zwei symmetrische Hälften. Der Pfeil zeigt die Medianebene des Körpers an, und die punktirte Linie die Richtung des Schnittes von Fig. 10. *Rt*¹ und *N.op*¹ bezeichnen die Lage der Retina und des N. opticus des anderen Auges, welches nicht eingezeichnet wurde. Sowohl diese Figur wie die vorhergehende sind nicht kombinirt, sondern mit der Camera genau je nach einem einzigen Schnitt gezeichnet.

Buchstaben der Fig. 10 und 11.

bm, Basalmembran der Hypodermis;

*Ct*¹, äußere } Schicht der Körpercicula;
*Ct*², mittlere }
*Ct*³, innere }

Ft, Fettgewebe;

Gl, Glaskörper;

Hy, Zellenlager der Hypodermis, mit Glanzkrystallen gefüllt;

Hy', do., ohne Krystalle;

k, Kerne der Retinazellen;

*k*¹, sehr kleine, runde Kerne im proximalen Theil der Retina, wahrscheinlich solche von centralen Zellen;

*k*², lange, abgeplattete Kerne zwischen den beiden Augen;

*k*³, do., zwischen den Fasern des Opticus;

*k*⁴, do., von der Scheide der Nervenfaserbündel im Auge;

L, Linse;

Mk, Querschnitt einer Muskelfaser;

Mx, dünne zellige Matrix der periretinalen Membran;

Nv, Nervenfaserschicht;

N.op I—V, Nervi optici;

peri.m, Periretinalmembran;

prae.m, Präretinalmembran, beide zusammen bilden die Retinalkapsel;

*Pg*¹, Pigmentzone der Mittelschicht der Cuticula;

*Pg*², Pigmentzone aus an der Peripherie des Glaskörpers gelegenen Hypodermiszellen gebildet;

*Pg*³, periretinaler Pigmentring aus randständigen, nicht stäbchentragenden Zellen gebildet, zugleich ein Theil der Matrix der Periretinalmembran;

ph, stark lichtbrechende, den Phaosphären ähnliche Körper in den Hypodermiszellen;

Por, große Porenkanäle der Cuticula;

por, feine Porenkanäle der Cuticula und Linse;

Rm, Rhabdom;

Rt, Retina;

Tr, Trachea;

x, Stelle, wo die Basalmembran der Hypodermis und die periretinale Membran sich trennen;

zw.g., Gewebe, das den dreieckigen Raum zwischen der Retinalkapsel und den beiden Augen ausfüllt.

Fig. 12. *Opilio parietinus* (Immers. 1/12, I). Alkohol. Pikrinsäure. Schnitt durch die Retina eines rechten Auges, senkrecht zur Seachse geführt; er zeigt die Anordnung der Rhabdome.

Fig. 13. *Acantholophus hispidus* (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure bei 35° C. Proximaler Theil von drei Retinulazellen mit Phaosphären (*Ph*), welche wie in einer Vacuole (*vc*) liegen; die Plasmastruktur ist nur in eine der Zellen eingezeichnet.

Fig. 14A. *Opilio parietinus* (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure. Querschnitt durch den proximalen Abschnitt eines Rhabdoms, welcher die Wabenstruktur zeigt; *sp*, künstlicher Spalt in der Mittellamelle (*ml*).

Fig. 14B. *Opilio parietinus* (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrins. gesättigt bei 45° C. Querschnitt durch den proximalen Theil des Rhabdoms. Das centrale Rhabdomer (*cr*) ist durch gelöstes Pigment schwarz gefärbt, während die peripheren Rhabdomere (*pr*) ungefärbt sind.

Fig. 15. *Opilio parietinus* (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Proximaler Theil eines abgeplatteten Rhabdoms, gesehen von der schmalen seitlichen Kante; *ql*, Querlamellen (Querlinien).

Fig. 16 u. 17. *Acantholophus hispidus* (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, gesättigt bei 45° C. Querschnitte durch den proximalen Theil zweier Rhabdome. Das centrale Rhabdomer (*cr*) ist durch gelöstes Pigment schwarz gefärbt, während die peripheren Rhabdomere ungefärbt geblieben sind.

Fig. 18. *Acantholophus hispidus* (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Querschnitt durch das proximale Ende eines Rhabdoms.

Fig. 19. *Leiobunum rotundum* Latr. (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Querschnitt durch das proximale Ende eines Rhabdoms; das centrale Rhabdomer (*cr*) ist hell gelassen.

Fig. 20. Schema, welches die Anordnung der Protoplasmawaben zeigt.

Fig. 21—24. *Acantholophus hispidus*. Retinazellen, macerirt in HAL-
LER'scher Flüssigkeit.

Fig. 21 (F, I) Theil einer stark pigmentirten centralen Zelle (*c*) und einer peripheren Zelle (*p*), welche dem Rhabdom anliegt.

Fig. 22 (F, I). Eine Retinula; der den Kern enthaltende Theil einer der peripheren Zellen (*p¹*) ist abgebrochen.

Fig. 23 (Immers. 1/12, II). Eine periphere Zelle mit einem langen Stück einer anhängenden Nervenfasern (*nf*), bei *x* ist das Rhabdomer abgerissen.

Fig. 24 (F, I). Vier Retinazellen mit Stücken von anhängenden Nervenfasern (*nf*).

Fig. 25 (Immers. 1/18, IV). Alkohol. Pikrinsäure, Hämatoxylin. Übersicht der

Rhabdome von acht Phalangidenarten bei gleicher Vergrößerung gezeichnet. Die Schnitte sind durch den dicksten Theil (in der Nähe des proximalen Endes) des Rhabdoms geführt und zeigen die typischen Formen, die bei den verschiedenen Arten vorkommen.

- A, platte Rhabdome der Acantholophusgruppe, welche vorzugsweise im vorderen lateralen Theil der Retina zu finden sind;
 - B, dreistrahlige Rhabdome bei allen Arten außer *Platybunus*;
 - C, kompakte dreiseitige Rhabdome von *Phalangium*, *Acantholophus* und *Oligolophus*; bei den beiden letzten Gattungen vorzugsweise im hinteren Theil der Retina;
 - D, kompakte cylindrische Rhabdome von *Platybunus*. Die eine dreistrahlige Figur bildenden Linien in den Rhabdomen stellen nur bei *Platybunus* die Grenzen zwischen den Rhabdomeren dar, bei allen anderen Arten aber sind sie die p. 24 beschriebenen Mittellinien.
-

Fig. 1M

" 1L

" 1K

" 1J

" 1H

" 1G

" 1F

" 1E

" 1D

" 1C

" 1B

" 1A

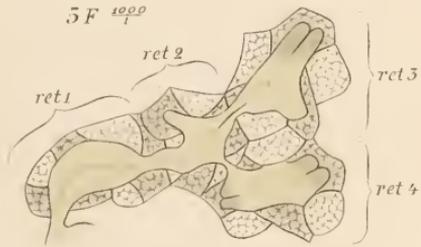
5H $\frac{1000}{1}$



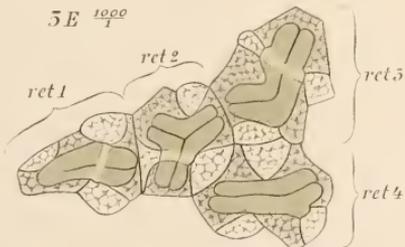
5G $\frac{1000}{1}$



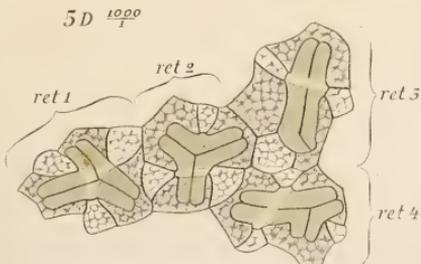
5F $\frac{1000}{1}$



5E $\frac{1000}{1}$



5D $\frac{1000}{1}$



5

4

3

5

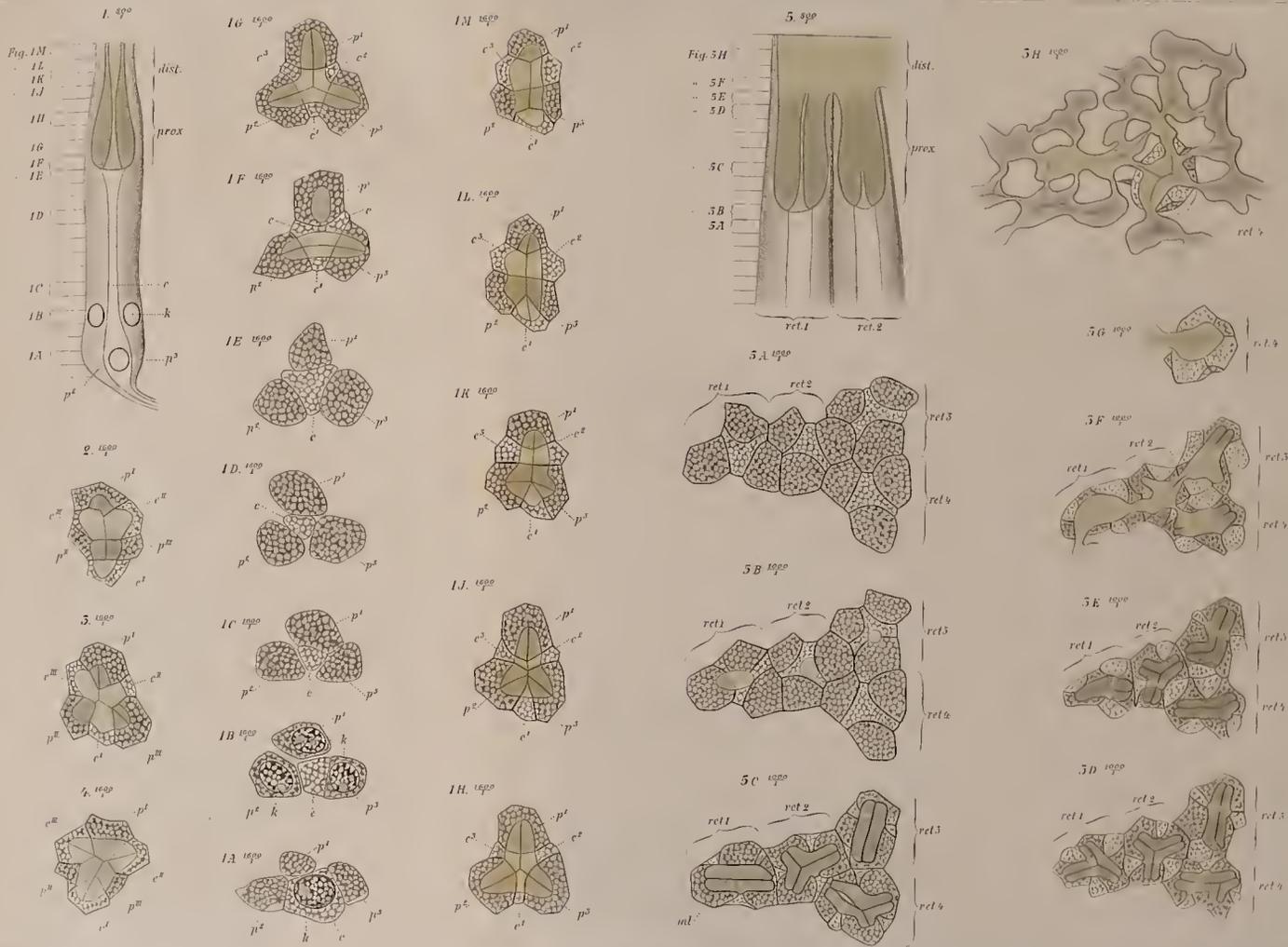
c^{III}

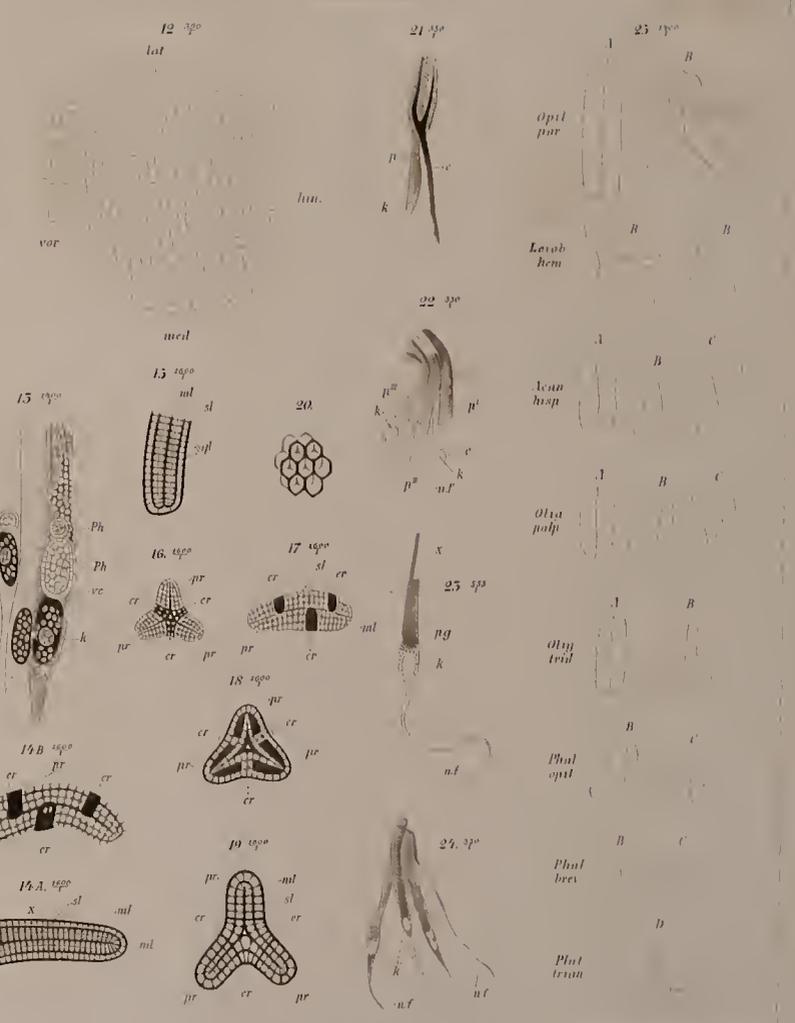
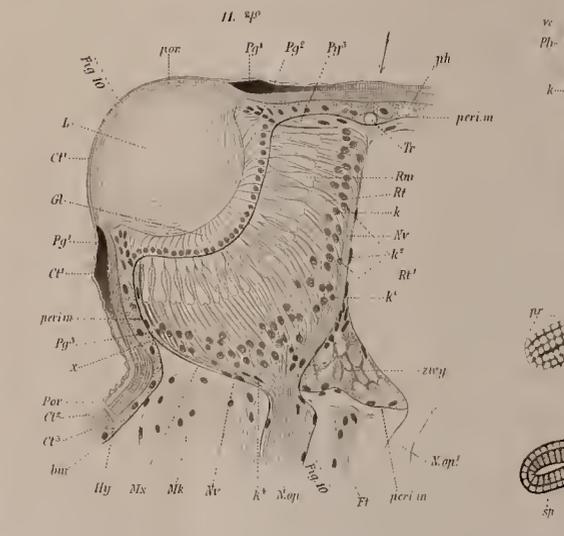
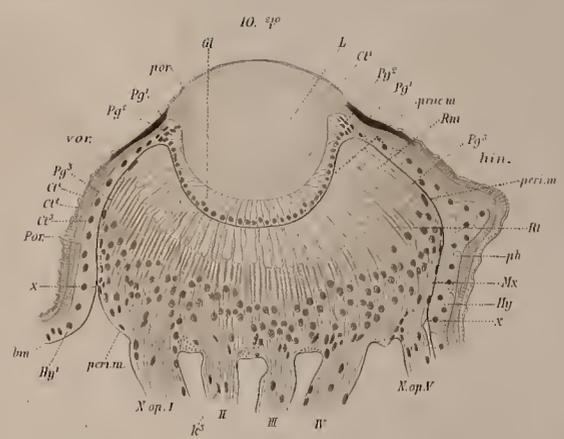
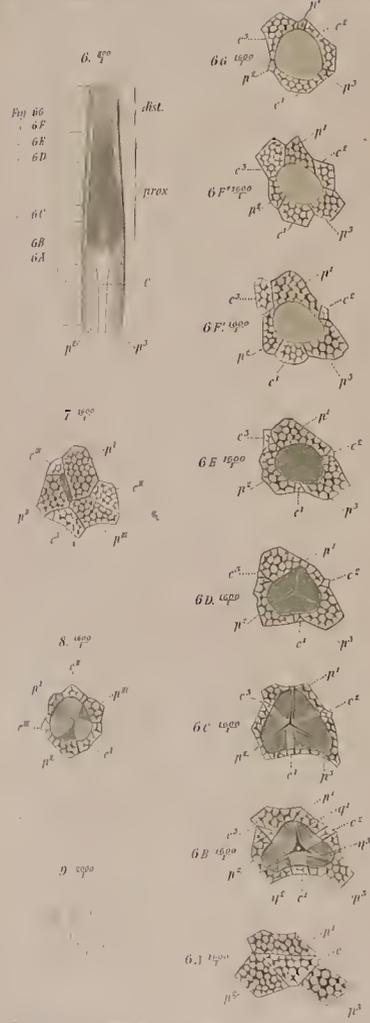
4

p^{II}

c^{III}

p^{II}





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [58](#)

Autor(en)/Author(s): Purcell Fred

Artikel/Article: [Über den Bau der Phalangidenaugen. 1-53](#)