

Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Thieren.

II. Die Augen der Plathelminthen, insonderheit der tricladen Turbellarien.

Von

Dr. Richard Hesse,

Privatdocenten der Zoologie in Tübingen.

(Aus dem Zoologischen Institut zu Tübingen.)

Mit Tafel XXVII und XXVIII und 3 Figuren im Text.

In der folgenden Arbeit will ich den Bau des Plathelminthenauges darzulegen versuchen. Doch habe ich nicht alle Gruppen dieses Stammes gleichmäßig berücksichtigt. Vielmehr bildet eine genaue Besprechung der Sehorgane bei allen mir zugänglichen tricladen Turbellarien die Grundlage meiner Untersuchungen. Aus den übrigen Ordnungen habe ich nur einzelne Thiere ausgewählt, und mich bei dieser Wahl zum Theil durch die Erreichbarkeit des Materials, zum Theil durch den Vorgang früherer Untersucher leiten lassen. Da ich bei diesen Stichproben stets das gleiche Princip im Augenbau fand, wie es mir bei den Tricladen entgegengetreten war, so konnte ich mich mit der Untersuchung so weniger Arten begnügen; denn wenn schon bei den scharf getrennten verschiedenen Ordnungen dieselben Grundzüge im Aufbau der Sehorgane wiederkehrten, so durfte ich das gleiche mit großer Wahrscheinlichkeit auch bei den einander nahe stehenden Gattungen innerhalb derselben Ordnungen erwarten. Außer den Tricladen untersuchte ich Vertreter der Rhabdocölen und der Polycladen, ferner der monogenetischen Trematoden und endlich der Nemertinen.

Technisches: Die Untersuchungen wurden am unverletzten lebenden Thiere, an Zupfpräparaten und an Schnitten ausgeführt. Wo es nicht ausdrücklich anders angegeben ist, sind die Schnitte von Material gemacht, das

in Sublimat oder in Sublimat-Eisessig (3:1) fixirt wurde; zur Färbung der Schnitte benutzte ich Hämalaaun nach PAUL MAYER und die Hämatoxylin-Eisenfärbung nach BENDA (vgl. RAWITZ, Leitfaden für histiologische Untersuchungen. 2. Aufl. p. 73. Nr. 57).

I. Die Augen der tricladen Turbellarien.

Der Untersuchung des Auges der Tricladen habe ich, wie erwähnt, den breitesten Raum gewidmet und alle mir zugänglichen Formen dazu herangezogen. Die im Folgenden behandelten Arten sind: *Planaria torva* M. Schultze, *Pl. alpina* Dana, *Pl. vitta* Dug., *Pl. gonocephala* Dug., *Pl. polychroa* O. Schm., *Pl. lugubris* O. Schm., *Dendrocoelum lacteum* Müll., *Dendr. punctatum* Pall., *Polycelis tenuis* Ijima, *Pol. cornuta* O. Schm., *Gunda ulvae* Oerst. und *Rhynchodemus terrestris* Müll.

Von diesen Arten verdanke ich *Dendrocoelum punctatum* der Güte des Herrn Dr. A. COLLIN in Berlin; *Gunda ulvae* überließ mir freundlichst Herr Dr. H. HEIDER in Gehlsdorf bei Rostock; *Planaria polychroa* sammelte ich in Wiesengräben zwischen Weißenfels und dem Dorfe Markwerben, an dem von OSK. SCHMIDT angegebenen Fundorte; die übrigen Arten habe ich alle in der näheren und ferneren Umgebung von Tübingen gefunden.

Ein Blick auf die früheren Angaben über die Augen der Tricladen muss uns überzeugen, wie sehr die Kenntnis dieser Organe seither noch im Argen lag. Bei richtigen Befunden über die einzelnen Theile fehlte es an der Einsicht über die Verbindung derselben zu einem Organismus, der für unsere morphologischen und physiologischen Vorstellungen begreifbar war. Vor Allem aber schienen die Augen einzelner Arten von denen der anderen durchaus abweichend gebaut zu sein — dies gilt insbesondere von den *Polycelis*augen im Gegensatz zu denen der übrigen Tricladen. Ich glaube hier zunächst ein befriedigendes Bild vom Aufbau der einzelnen Augen geben zu können — und andererseits ist es mir gelungen, einen gemeinsamen Grundzug für alle Tricladenaugen aufzufinden und im Einzelnen zu begründen.

Alle Tricladenaugen zeigen sich für die äußere Betrachtung zunächst als schwarze Punkte, die bei zweiäugigen Formen schon mit bloßem Auge, mehr oder weniger nahe dem Vorderende des Körpers, wahrgenommen werden, bei den vieläugigen *Polycelis* dagegen sich erst bei der Untersuchung mit der Lupe zeigen und den Vorderrand sowie die vorderen Hälften der Seitenränder einnehmen. Die zwei »Augenpunkte« der zweiäugigen Arten sind bei dunkel gefärbten Formen von einem hellen Hof umgeben, der meist kreis-

rund, bisweilen länglich ist und dadurch zu Stande kommt, dass an dieser Stelle im Körperparenchym unter der Basalmembran das Pigment fehlt. In diesem Hofe liegen die dunkeln Punkte nahe der Peripherie medianwärts; wenn man den hellen Hof mit der Cornea, den dunkeln Punkt darin mit Iris und Pupille eines menschlichen Auges vergleicht, so bekommt man in Folge der excentrischen Lage der schwarzen Flecke den Eindruck eines nach innen schielenden Augenpaares, ein Vergleich, den zuerst O. SCHMIDT anwandte. Die dunklen Punkte sind jedoch nicht solid, sie sind schalen- oder becherförmig ausgehöhlt; die Öffnungen der Becher sind nach außen gerichtet, und die Becherachsen stehen nahezu senkrecht zur Medianlinie, mit geringer Abweichung nach vorn und oben, so dass sie mit einander fast eine gerade Linie bilden. Nur bei *Rhynchodemus terrestris* ist die Richtung der Pigmentbecher eine andere (Fig. 13): die Achsen derselben sind hier nicht nach der Seite, sondern etwas schräg nach vorn gerichtet, so dass sie sich in der Verlängerung unter ziemlich spitzem Winkel schneiden würden.

Diese Pigmentbecher sind für die Lichtwahrnehmung als solche ohne Belang; sie stehen nicht mit Nerven in Verbindung. Ihre Bedeutung ist lediglich die einer Blendvorrichtung, die nur gewissen Strahlen gestattet, zu den in dem Becher geborgenen lichtwahrnehmenden Endtheilen des percipirenden Apparates zu dringen; hierdurch wird es dem Thiere möglich, über die Richtung der wahrgenommenen Lichtstrahlen eine Vorstellung zu bekommen, je nachdem diese das eine oder andere oder beide Augen treffen.

Die excentrische Lage der Augenpunkte in dem hellen Hofe ist natürlich auch durch die Richtung bedingt, nach der die Öffnung des Pigmentbeckers sieht: durch das Pigment des Beckers hindurch können keine Strahlen einwirken, also ist nach dem Boden des Beckers zu ein heller Hof unnötig, der Boden liegt daher am Rande des hellen Hofes. — Dass die Becheröffnungen nach der Seite und nicht nach oben gerichtet sind, hängt offenbar mit der Lebensweise der Süßwasserplanarien zusammen. Ihr Aufenthalt ist am Tage gewöhnlich ein derartiger, dass das Licht von der Seite her zu ihnen gelangt: sie sitzen oder kriechen auf der Unterseite von Steinen oder Blättern, die meist wagerecht gestellt sind und somit alle von oben kommenden Lichtstrahlen abhalten, so dass nur von den Seiten her Licht Zutritt.

Auch die dunkeln »Augenpunkte« der vieläugigen *Polycelis* sind Pigmentbecher; sie sind nicht von einem hellen Hofe umgeben; doch ist der Körperrand, an dem sie liegen, viel ärmer an Pigment als die Rückenfläche, ja oft fast ganz frei davon.

Die »Augenpunkte« liegen stets unterhalb der Basalmembran

im Körperparenchym, mehr oder weniger weit von jener entfernt. Bei Kontraktionen der benachbarten Muskelfasern können sie daher kleine Verschiebungen ihrer Lage erleiden, die durch die helle Umrandung auffällig werden. Solche Bewegungen der Augen hat schon O. F. MÜLLER (35) beobachtet.

Der wahrnehmende Theil des Auges liegt etwa zur Hälfte vor, zur anderen Hälfte in dem Pigmentbecher und zeigt in seinem Bau bei den verschiedenen Arten beträchtliche Verschiedenheiten. Nach der Einrichtung dieses Apparates kann man die oben aufgeführten Tricladen in mehrere Gruppen theilen: für die erste Gruppe, bei der sich die einfachsten Bildungen finden, wähle ich *Planaria torva* als Vertreter; eine zweite Gruppe schließt sich an *Dendrocoelum lacteum* an; ihr steht auch *Rhynchodemus* nahe, wenn er auch seine Eigenheiten zeigt; die dritte Gruppe schart sich um *Planaria gonocephala*.

Die älteren Forscher beschränken sich darauf, von den Tricladenaugen zu sagen, dass sie aus einem Pigmentbecher mit Inhalt bestehen. Erst LEYDIG (30) machte genauere Angaben über einzelne Besonderheiten dieses Inhaltes. Da solche eingehendere Untersuchungen zu verschiedenen Ergebnissen führen mussten, je nachdem den Forschern die eine oder andere Art vorlag, so werde ich die bezüglichlichen Angaben erst bei der Besprechung der einzelnen Gruppen berücksichtigen.

A. Gruppe der *Planaria torva*.

Die *Augen von Planaria torva* (Fig. 1—3) liegen ziemlich weit vom Vorderende des Thieres entfernt, so dass ihr hinterer Rand etwa senkrecht über dem Vorderrande des Gehirns steht. Sie sind unterhalb der Epidermis im Körperparenchym gelegen, sind jedoch nur durch eine dünne Gewebsschicht von der Basalmembran getrennt (Fig. 1). Das Epithel zeigt über dem Auge, so weit der helle Hof reicht, eine etwas andere Beschaffenheit als in der Nachbarschaft; es ist ein wenig niedriger und hat nur vereinzelte Stäbchen, während solche in der Umgebung sehr zahlreich sind.

Das Auge selbst setzt sich zusammen aus dem percipirenden Theile und dem Pigmentbecher, der den ersteren zum großen Theile in sich fasst. — Der percipirende Theil des Auges, der natürlich den wesentlichsten Bestandtheil desselben ausmacht, besteht aus drei etwas in die Länge gezogenen Zellen, die parallel zu einander und zu der Achse des Bechers liegen, also mit ihrer Längsachse horizontal und senkrecht zur Medianebene des Thieres stehen. Diese Zellen sind so angeordnet, dass zwei nach hinten, senkrecht über

einander liegen, während die dritte sich ihnen vorn so anschmiegt, dass sie beide gleichmäßig berührt; Fig. 3 zeigt diese Lage im Querschnitt. So weit die Zellen im Pigmentbecher stecken, erscheinen sie etwas zusammengepresst; wo sie herausstraten, schwellen sie ein wenig an. Ein Schnitt durch die beiden hinteren Zellen ist in Fig. 1, einer durch die vordere in Fig. 2 wiedergegeben.

Die Kerne der Zellen sind groß, nahezu rund oder eirund; sie enthalten ein deutliches Kernkörperchen und feinkörniges Chromatin, das ihnen ein granulirttes Aussehen giebt; sie sind an gefärbten Präparaten etwas heller als die Kerne der umgebenden Gewebszellen. Die Kerne liegen im distalen Theile der Zellen, außerhalb des Pigmentbeckers. Am distalen, der Hinterwand des Pigmentbeckers abgekehrten Ende ziehen sich die Zellen in dünne Fortsätze aus, die scharf nach unten umbiegen und um den unteren Rand des Pigmentbeckers herum gegen das Gehirn ziehen: sie bilden zusammen den Augennerven, der somit aus drei gesonderten Nervenfasern besteht. Auf Querschnitten fallen diese Theile nur selten alle in die Schnittebene, so dass unter zahlreichen Schnitten nur wenige diese Verhältnisse deutlich zeigen.

Das Plasma dieser Zellen besitzt einen ausgesprochen fibrillären Bau, und zwar laufen die Fibrillen, dicht mit einander verfilzt, in der Längsrichtung der Zellen. Ein ganz eigenartiges Verhalten zeigt das proximale Ende der Zelle, so weit es vom Pigmentbecher umhüllt ist. Hier fällt auf gefärbten Schnitten ein schmaler Streifen des Randes schon bei schwacher Vergrößerung durch dunkle Färbung auf: es scheint der Zelle eine kappenförmige Hülle von dichter Substanz aufzusitzen. Wendet man stärkere Vergrößerung an, so erkennt man, dass dieser dunkle Saum fein quergestreift erscheint, und dass er sich zusammensetzt aus kleinen, palissadenartig neben einander stehenden Stiftchen. Es lässt sich nun an günstigen Schnitten deutlich wahrnehmen, dass sich jedes dieser Stiftchen in ein dünnes Plasmafäserchen fortsetzt (Fig. 1); diese Fäserchen lassen sich in der Nähe der Stiftchen getrennt verfolgen und verfilzen sich weiterhin; sie sind es, die den fibrillären Zelleib zusammensetzen. Ich bin der Ansicht, dass sie, ohne zu verschmelzen, durch die Zelle hindurchgehen und den Nervenfaden bilden.

Somit bestehen die Sehzellen des Auges von *Pl. torva* aus fibrillärem Plasma mit einem großen Kern; die Fibrillen des Plasmas laufen gegen das nach innen zu gekehrte Ende der Zelle und schwellen dort jede zu einem Stiftchen

an; die Stiftchen sind alle gleich lang und bilden, dicht neben einander stehend, eine äußere dichtere Zone der Zelle.

Bei weniger gut konservirten Objekten hat sich bisweilen die Stiftchenkappe etwas von der Zelle abgehoben; dabei reißt ein Theil der Fäserchen, und die übrigen sind dann um so deutlicher in Verbindung mit den Stiftchen zu sehen.

Wenn man ein frisches Auge von *Planaria torva* zerzupft und unter dem Deckgläschen zerdrückt, so beobachtet man eine merkwürdige Erscheinung. Man sieht nämlich den im Pigmentbecher geborgenen Theil der Sehzellen deutlich röthlich gefärbt; in günstigen Fällen lässt sich nachweisen, dass dieses Roth auf den Stiftchensaum beschränkt ist. Lässt man das Objekt länger unter dem Mikroskope liegen, so verschwindet die Farbe nach und nach. Es liegt die Vermuthung nahe, dass wir hier einen Stoff vor uns haben, der dem Sehpurpur der Wirbelthieraugen entspricht.

Der Pigmentbecher besteht nicht aus regellos angehäuften Pigmentkörnchen; dieselben sind vielmehr in einer Zelle angesammelt; fast stets konnte ich auf Schnitten durch ein Auge den Kern dieser Pigmentbecherzelle finden (Fig. 2 *pbk*), nie habe ich mehr als einen Kern gesehen. Die Zelle ist fast ganz mit Körnchen eines dunkelbraunen Pigmentes gefüllt, die sich besonders dem Innenrande der Zelle dicht anlegen, an der äußeren Seite weniger dicht liegen und daher keine so scharfe Grenze bilden, doch kann man auf Schnitten auch die äußere Zellgrenze bisweilen deutlich als feine Linie verfolgen (Fig. 2). Der Kern liegt im äußeren Theile der Zelle an einer pigmentfreien Stelle, die häufig etwas nach außen aufgetrieben ist (Fig. 3). Diese sonderbar geformte Zelle bildet also einen vollkommenen Becher mit etwas nach innen greifenden Rändern. Dabei schmiegt sich die Pigmentzelle den Enden der Sehzellen dicht an, und presst sich in die Winkel ein, in denen die einzelnen Sehzellen an einander stoßen (Fig. 1 und 3).

Maße: Länge der Sehzellen (bis zum Abgang des Nervenfortsatzes): 35μ ; Größe des Kernes: $7 \times 10 \mu$; Höhe des Stäbchenrandes: 4μ ; Öffnung des Pigmentbechers: 33μ ; innere Tiefe des Pigmentbechers: 20μ .

Eine ähnliche Zusammensetzung wie das Auge von *Planaria torva* zeigen die Augen bei *Planaria alpina* und *Planaria vitta*.

Bei *Planaria alpina* finden wir die Augen etwa in der gleichen Lage wie bei *Planaria torva*. Ihr Bau weicht nur in geringen Einzelheiten von dem des Torva-Auges ab: Auch hier finden wir

drei Sehzellen, die mit ihrem etwas verschmälerten proximalen Ende in dem einzelligen Pigmentbecher stecken und deren andere Enden sich zu Nervenfasern ausziehen und die Verbindung mit dem Gehirn herstellen; der Pigmentbecher schmiegt sich eben so wie dort den Sehzellen dicht an (Fig. 4). Die Zellen aber sind, eben so wie der Pigmentbecher, hier wesentlich kleiner als bei *Planaria torva*. Als weiterer Unterschied fällt vor Allem auf, dass an den mit Sublimat vorbehandelten gefärbten Präparaten keine Stiftchen am inneren Ende der Sehzellen zu erkennen sind; es scheint dort eine gewisse Differenzirung vorhanden zu sein, sie hebt sich jedoch nicht durch stärkere Färbbarkeit von dem übrigen Zelleibe ab. Der Zelleib selbst zeigt deutlich faserigen Bau. Der Augennerv verläuft etwas nach hinten und innen dem Gehirn zu.

An einem Stück von *Planaria alpina* bemerkte ich auf einer Seite ein überzähliges Auge, das nur eine Sehzelle besaß; das andere Auge dieser Seite hatte dafür nur zwei Sehzellen anstatt drei, so dass wir es offenbar mit einer Theilung eines normalen dreizelligen Auges zu thun haben.

Das *Auge von Planaria vitta* unterscheidet sich mehr als das vorige von dem der *Planaria torva*. Schon in seiner Lage zeigt es eine beträchtliche Abweichung: es liegt ziemlich weit unter der Epidermis, durch eine dicke Gewebsschicht von derselben getrennt, und dabei sehr nahe am Gehirn, von dem es nur etwa 5μ entfernt ist (Fig. 5). Diese Lage erinnert sehr an diejenige, die sich bei den rhabdocölen Turbellarien gewöhnlich findet. Eine andere Besonderheit besteht darin, dass der ganze percipirende Apparat, so weit ich erkennen konnte, aus nur einer Zelle besteht; an dieser Zelle konnte ich, wie bei *Planaria alpina*, einen Stiftchensaum nicht nachweisen. Die Sehzelle steckt mit ihrem proximalen Ende in einem flachen, einzelligen Pigmentbecher; dieser hat auf Schnitten Halbmondform: die konkave Seite des Halbmondes ist mit Pigmentkügelchen erfüllt, die konvexe ist davon frei und enthält den Kern (Fig. 5 *pbk*). Das distale Ende der Sehzelle zieht sich zu einem Nervenfaden aus, der als Sehnerv die kurze Verbindung mit dem Gehirn herstellt.

Eine sehr weitgehende Übereinstimmung mit dem Torva-Auge finde ich bei dem *Auge von Gunda ulvae*: Lage, Zahl und Anordnung der Sehzellen, Gestalt und Einzelligkeit des Pigmentbechers, Alles ist hier wie bei *Planaria torva*. Einmal fand ich auf Querschnitten durch das Auge vier Sehzellen (Fig. 6). An den Sehzellen findet sich auch die Stiftchenkappe; doch färben sich die Stiftchen,

bei gleicher Behandlung der Präparate, nicht stärker als das übrige Plasma, wie bei *Torva*, sondern bleiben blassblau wie jenes; trotzdem kann man sie aber mit guten Vergrößerungen erkennen.

Schließlich lassen sich zu dieser Gruppe noch die *Augen der Polycelis-Arten* (Fig. 7—9) stellen; wenn sie auch in ihrem Bau etwas abweichen, so gehören sie doch hierher wegen der geringen Zahl und der Gestalt der Elemente, die den percipirenden Apparat zusammensetzen.

Über Zahl und Lage der »Augen« bei *Polycelis* finden sich schon bei früheren Untersuchern genauere Angaben, so dass ich mich kurz fassen kann: die Augen stehen am vorderen Körperrande und den vorderen Hälften der seitlichen Ränder in wechselnder, ziemlich beträchtlicher Anzahl. — Der lichtwahrnehmende Theil eines Auges besteht bisweilen aus einem einzigen Elemente, meist jedoch aus zweien oder dreien. Dieselben sind dann häufig so angeordnet wie bei *Planaria torva*, was der Querschnitt durch ein Einzelauge (Fig. 9) zeigt. Auch hier sind diese Elemente von zelliger Natur; der zugehörige Zellkern jedoch ist nicht leicht zu erkennen, und nur an wenigen günstigen Schnitten gelang es mir, den im Pigmentbecher steckenden Theil der Sehzelle weiter zu verfolgen, wie er sich um den Rand des Bechers herumbiegt und in dem umgebogenen Stücke den Kern enthält (Fig. 7 *szk*). Den weiteren Verlauf der Nervenfasern bis zum Centralorgan vermochte ich nicht zu verfolgen. Der im Pigmentbecher steckende Theil der Sehzellen trägt an seinem Ende eine Kappe aus feinen Stiftchen; man kann dies Verhalten an Sublimatpräparaten nicht deutlich erkennen, wohl aber an den sonst ungünstigeren, mit Pikrinschwefelsäure vorbehandelten Objekten (Fig. 8 *sti*). — Es kann kein Zweifel sein, dass die Sehzellen vollkommen denjenigen der *Planaria torva* entsprechen, von denen sie sich hauptsächlich durch die starke Einknickung ihres Zellkörpers unterscheiden.

Der Pigmentbecher ist zellig, und zwar besteht er aus einer einzigen Zelle; er legt sich den Theilen der Sehzellen, die er umfasst, dicht an, und man kann daher an den Einbuchtungen seiner inneren Ränder auf Schnitten die Zahl der Sehzellen deutlich erkennen (Fig. 7). Der Kern (Fig. 8 *pbk*), und häufig der ganze äußere Theil der Zelle, sind frei von Pigmentkörnchen.

Die Augen der Planarien, die ich in dieser Gruppe vereinigt habe, sind, mit Ausnahme der *Polycelis*-Augen, wenig untersucht worden, obgleich gerade ihr Bau von außerordentlicher Einfachheit ist. Über das Auge von *Planaria*

torva giebt F. F. SCHULZE (38) an, dass es »aus drei kugeligen Theilen zusammengesetzt scheine«. — LANG (27), der das Auge von *Gunda segmentata* untersucht hat, ist sich »über den Bau desselben nicht ganz klar geworden«. Der Pigmentbecher beherbergt im Inneren eine lichtbrechende Substanz, in der LANG Kerne anzunehmen geneigt ist, wenn er schon keine gefunden hat. Vor der Öffnung des Bechers, von der lichtbrechenden Substanz durch eine scharfe Grenzlinie getrennt, liegt eine gestreifte Masse, die das Aussehen eines Nerven hat und hier und da Kerne enthält; sie geht ohne Grenze in den unter dem Auge verlaufenden Sehnerven über. Es lässt sich aus dieser Beschreibung wenig entnehmen für eine Vergleichung mit meinen Befunden an *Gunda ulvae*; nur fand ich dort bei etwas schrägen Schnitten ebenfalls die im Pigmentbecher liegende Substanz am Becherrande durch eine scharfe Linie begrenzt. — Das Auge von *Gunda ulvae* hat WENDT (40) untersucht; seine Angaben beschränken sich aber darauf, dass im Inneren des Pigmentbeckers »drei linsenartige, stark lichtbrechende Körper« (unsere Sehzellen) zu unterscheiden seien. Über die Augen von *Planaria alpina* und *vitta* finde ich keine Angaben. — Die Augen von *Polycelis* sind zuerst von LEYDIG (30) näher untersucht, der an ihnen eine »helle, sehr weiche Innensubstanz« erkannte. Nach CARRIÈRE (8) bestehen sie aus drei Theilen: einer homogenen hyalinen Kugel, die den Innenkörper bildet, einer aus losen Körnchen bestehenden Pigmentschale und einer hellen halbkugeligen Zelle, die der Pigmentschale von außen anliegt. CARRIÈRE sagt zwar, dass diese Zelle oft theilweise in Pigmentkörner eingebettet sei, kommt jedoch nicht zu der Erkenntnis, dass umgekehrt die Pigmentkörner in dieser Zelle liegen, und dass die Zelle den Becher bildet, der nur auf seiner Innenseite mit Pigmentkörnern erfüllt, außen davon frei ist. Die »Doppelaugen«, d. h. Augen mit mehreren »Innenkörpern«, glaubt er durch Verschmelzung von einfachen Augen entstanden. Dem widerspricht aber die Einzelligkeit des Pigmentbeckers, die ja auch durch CARRIÈRE's Beobachtungen bestätigt wird. Später (9) ist CARRIÈRE geneigt, alle drei Theile zusammen als eine Zelle zu betrachten, »deren vorderer peripherer Theil Pigment, deren centraler oder axialer den hyalinen Innenkörper abgeschieden hat«. Die um das Auge herumliegenden Kerne deutet er als Kerne von Ganglienzellen. — Besser erkannte IJIMA (22) den Bau des *Polycelis*-Auges: es treten Fasern in die Pigmentschale ein und endigen hier in einem Kolben; stets liegen mehr als zwei Kolben in einer Pigmentschale. Nervöse Elemente kann er vor dem Auge nicht unterscheiden. IJIMA ist der richtigen Erkenntnis am nächsten gekommen; aber auch er weiß nichts von der Zellennatur der »Kolben« mit ihren Fasern. — Zu der Gruppe der Torva-Augen gehören vielleicht auch die Augen der *Geoplana Spenceri*, die von DENDY (10) beschrieben sind: »sie bestehen aus einem vorn weit offenem blumenkronenartig getheilten Pigmentbecher und einer Linse mit einem Zellkerne, sind also einzellig« (citirt nach dem Neapler Zoolog. Jahresbericht für 1890).

B. Gruppe von *Dendrocoelum lacteum*.

Bei *Dendrocoelum lacteum* (Fig. 10—12) liegen die Augen dem Vorderende nahe; dadurch sind sie von dem weiter hinten gelegenen Gehirn abgetückt und mit ihm durch einen ziemlich langen ($0,22 \mu$) Sehnerven verbunden (Fig. 10). Wie allgemein, so finden wir auch

hier einen percipirenden Apparat, der zum Theil von einem Pigmentbecher umgeben ist.

Der wahrnehmende Theil des Auges weist hier einen bei Weitem zusammengesetzteren Bau auf als bei *Planaria torva*. Wir sehen den Pigmentbecher angefüllt mit einer Anzahl flaschen- oder keulenförmiger Gebilde, die meist der Augenachse parallel laufen (Fig. 11 *sk*); ich werde sie als Sehkolben bezeichnen. Auf einem Querschnitt durch ein Auge zählte ich deren 32. Auf Schnitten sind sie an den mit Pikrinschwefelsäure vorbehandelten Präparaten am besten in ihrem Aufbau zu erkennen (Fig. 12): sie zeigen entweder am ganzen Umfang ihres breiteren Theiles, oder nur an einem Rande und im proximalen Abschnitte einen dunkler färbbaren Rand. Mit starker Vergrößerung nimmt man wahr, dass sich dieser Rand aus feinen Stifichen aufbaut, die dicht neben einander liegen; er gleicht darin dem Rande, den wir auf Schnitten durch die Sehzellen von *Planaria torva* gefunden haben; wie dort setzt sich auch hier jedes Stifichen in ein feinstes Fäserchen fort, und diese Fäserchen vereinigen sich in der Mittellinie zu einem stärkeren Strange, der gegen das dünne äußere Endstück des Kolbens hinzieht; letzteres besteht aus nichts Anderem als den vereinigten Fäserchen, die von den Stifichen des proximalen Theiles herkommen. Macht man einen Querschnitt durch einen Sehkolben (Fig. 12 *c*), so sieht man einen von einem dunkeln Rande umgebenen hellen Raum mit einem dunkeln Fleck, dem Querschnitt des Faserstranges, in der Mitte; dieser besteht aus dicht gedrängten Pünktchen, den Fibrillenquerschnitten, und rings vom Rande her verlaufen feine Fäserchen gegen ihn hin.

Zerzupft man das Auge eines frischen Thieres oder bringt den percipirenden Theil durch Druck und Verschieben des Deckgläschens aus dem Pigmentbecher, so sieht man, dass die Sehkolben im frischen Zustande eine hellrothe Farbe zeigen, wie LEYDIG (30) zuerst gesehen hat. Nach meinen Erfahrungen an *Planaria torva* bin ich zu der Annahme geneigt, dass auch hier die rothe Färbung auf den Stifichenüberzug beschränkt ist; doch konnte ich eine entsprechende Beobachtung bei der Schwierigkeit und Kleinheit des Objectes nicht machen.

Das verdünnte Ende der Sehkolben verlängert sich als Faser über den Becherrand hinaus und biegt sich nach unten oder seitlich um. Die Menge der Fasern, die hier dicht gedrängt verlaufen und sich theilweise durchkreuzen, ruft den Eindruck einer verfilzten Masse hervor. Bestimmte Richtungen der Fasern sind nur dann zu

erkennen, wenn eine Anzahl derselben in die Schnittrichtung fällt (Fig. 10 oben); das geschieht nicht oft, und so muss man viele Schnitte durchsuchen, um sich eine Vorstellung vom Verlaufe dieser Fasern zu verschaffen. Man findet dann, dass sie in Zellen übergehen, die in größerer Menge nach unten und hinten (gegen das Gehirn zu) vom Pigmentbecher liegen (Fig. 10 und 11 *sz*).

Diese Zellen haben eine gestreckte Gestalt und einen verhältnismäßig großen Kern; sie ziehen sich auf der dem Gehirn zugekehrten Seite in eine feine Faser aus: diese Fasern setzen den Sehnerven zusammen und verlaufen zum Gehirn (Fig. 10). Jede der erwähnten Zellen ist also einerseits durch eine Faser mit dem Gehirn verbunden, auf der anderen Seite geht sie in einen dünnen Fortsatz über, der in den Augenbecher eintritt und dort kolbenartig anschwillt.

Wir haben somit an einer solchen Zelle im Grunde genommen die gleichen Theile wie an den Sehzellen von *Planaria torva*: einen deutlich fibrillären Abschnitt, der innerhalb des Augenbeckers liegt und an seiner Peripherie mit Stiftchen besetzt ist, deren jedes mit einem Fäserchen in Verbindung steht; den außerhalb des Augenbeckers gelegenen kernhaltigen Abschnitt, und endlich die von diesem zum Gehirn verlaufende Nervenfasern. Nur sind die Theile hier weit mehr aus einander gezogen als bei *Planaria torva*. Aber auch dafür fehlt es uns nicht an einer Erklärung: wären die Zellen so kurz und dick wie bei *Planaria torva*, so würde durch die Vereinigung so zahlreicher Zellen, wie sie in das Dendrocoelum-Auge eingehen, der Umfang des Pigmentbeckers außerordentlich gewachsen, seine Tiefe aber die gleiche geblieben sein; für die nach der Mitte zu gelegenen Kolben wäre dadurch die abblendende Wirkung der Seitenwände des Pigmentbeckers nichtig geworden. Dagegen ist die langgestreckte Gestalt der Zellen vorzüglich geeignet, die Vereinigung möglichst vieler Zellenden in einem verhältnismäßig wenig umfangreichen Pigmentbecher zu ermöglichen. So hängt wohl die Entstehung dieser besonderen Gestalt eng mit der Vermehrung der Sehzellen zusammen.

Für jene Anhäufung von Zellkörpern, die am unteren hinteren Becherrand gelegen ist, wurde von früheren Forschern (LEYDIG, CARRIÈRE) der Name *Ganglion opticum* gebraucht. Wir haben es hier aber mit ausgesprochenen Sinneszellen zu thun; man würde dieses Gebilde durch eine solche Benennung in die gleiche Reihe stellen mit Anhäufungen von Zellen, die lediglich eine fortleitende und verbindende, jedoch keine wahrnehmende Funktion besitzen. Wenn wir einen der gebräuchlichen Namen hier in Anwendung bringen wollten, so müßten wir diese Zellen mit ihren im Pigmentbecher steckenden Fortsätzen als *Retina*,

das fälschlich sogenannte Ganglion opticum aber als einen Theil der Retina bezeichnen. HERTWIG (20) wendet auch den Ausdruck »Retina« hier an. Ich halte es jedoch für gut, von einer Retina nur bei bildwahrnehmenden Augen zu sprechen und trage daher Bedenken, diesen Namen in einem Falle zu gebrauchen, wo eine Bildwahrnehmung höchst unwahrscheinlich ist, wie ich unten näher ausführen werde. Will man aber jene Zellkörper besonders bezeichnen, so würde vielleicht der Name Sehzellenknoten am passendsten sein.

Bei *Dendrocoelum lacteum* konnte ich auch an einer günstigen Schnittreihe den Sehnerven in das Gehirn verfolgen: er dringt in der Fortsetzung seiner vorherigen Richtung ziemlich weit als kompaktes Faserbündel in das Gehirn ein, wo er sich unter den dorsal gelegenen Ganglienzellen hinzieht (Fig. 10).

Der Pigmentbecher besteht wie bei *Planaria torva* aus einer einzigen Zelle, welche theilweise mit Pigmentkörnchen erfüllt ist. Stets konnte ich einen, aber auch nur einen Kern im Hintergrunde des Pigmentbeckers nachweisen: die Dicke der plattgedrückten gewölbten Zelle nimmt an der Stelle, wo der Kern liegt, merklich zu, wobei eine Vorwölbung des Plasmas nach innen oder außen entsteht (Fig. 11). Der Kern liegt stets an der äußeren Seite des Beckers und ist von einer kleinen Menge pigmentfreien Plasmas umgeben; man kann in dieser Gegend die Zellbegrenzung deutlich erkennen. — Die Ränder des Pigmentbeckers sind meist ein wenig nach innen gebogen, so dass seine Mündung einen geringeren Durchmesser besitzt als seine größte Weite im Lichten beträgt.

Maße: Durchschnittlich betragen: Durchmesser der Becheröffnung 46μ ; größte Weite des Pigmentbeckers im Lichten 50μ ; Tiefe des Pigmentbeckers 28μ . Die Stiftchen der Sehkolben sind etwa 2μ hoch.

Von *Dendrocoelum punctatum* stand mir leider nur ein Stück zur Verfügung, das einfach in Alkohol gehärtet war. Doch konnte ich daran Folgendes mit genügender Sicherheit wahrnehmen: die Augen dieses Thieres gleichen denen von *Dendrocoelum lacteum* in der Gestalt der Sehkolben und in der Lage der zu diesen gehörenden Zellkörpern; dagegen unterscheiden sie sich von jenen zunächst durch ihre bedeutendere Größe — wie eine Vergleichung der unten gegebenen Maße mit denen von *lacteum* zeigt —, dann durch die weit beträchtlichere Zahl der Sehkolben, und schließlich dadurch, dass der Pigmentbecher nicht einzellig, wie bei *lacteum*, sondern aus zahlreichen kleinen Zellen zusammengesetzt ist, die epithelartig neben einander stehen. Damit hängt es zugleich zusammen, dass die Wände des Pigmentbeckers hier merklich dicker sind als bei *Dendrocoelum lacteum* ($8-13 \mu$ gegen $3,5 \mu$).

Maße: Durchmesser der Becheröffnung 120μ ; größte Weite des Pigmentbechers im Lichten 140μ ; Tiefe des Pigmentbechers 53μ .

Das Auge von *Dendrocoelum lacteum* wurde von LEYDIG (30) abgebildet und kurz beschrieben; innerhalb des Pigmentbechers findet er einen »Innenkörper«, der »durch blassrothen Anflug und streifige Beschaffenheit den Nerventstäbchen im Auge der Arthropoden entspricht«; auch die Anhäufungen der Sehzellkörper beschreibt er als zwei birnförmige Ganglien, welche dem Auge als Grundlage dienen, und giebt sie auf seiner Abbildung wieder. — CARRIÈRE (8) erkannte die Zusammensetzung des Pigmentbecherinhaltes aus kolbenförmigen Gebilden, die sich in Fasern fortsetzen; diese Fasern treten in den vor dem Auge gelegenen faserigen Theil des Ganglion opticum ein; die Außenschicht dieses Ganglions enthält Kerne, die wahrscheinlich zu Ganglienzellen gehören. — LJIMA (22) schildert ebenfalls das »Ganglion opticum«, von dem aus unregelmäßige dicke Stäbe in den Pigmentbecher eintreten; dort sollen sie sich spalten und hier und da mit einander verschmelzen, eine Beobachtung, die ich nicht bestätigen konnte und die wohl durch ungenügende Konservierung des Materials zu erklären ist; einen Zusammenhang der Stäbe mit den Fasern des Ganglion opticum kann er nicht wahrnehmen.

Der Gruppe der Dendrocölenaugen schließe ich anhangsweise die *Augen von Rhynchodemus terrestris* (Fig. 13—15) an. Wenn sie auch in einzelnen Punkten von jenen abweichen, so gleichen sie ihnen doch in der Beschaffenheit der Sehzellen und der Lage der Sehzellkörper.

Die Augen von *Rhynchodemus terrestris* liegen nahe dem Vorderende dieses Wurmes und sind verhältnismäßig klein. In der Einleitung erwähnte ich schon, dass hier die Augennachsen nicht senkrecht zur Medianebene stehen, sondern nahezu einander parallel verlaufen und nach hinten unter spitzem Winkel konvergieren, so dass die Pigmentbecher mit ihrer Öffnung nach vorn und etwas seitlich sehen (Fig. 13).

Der Bau der Augen ist hier weit schwieriger zu erkennen als bei den anderen Tricladen. Ich habe die Augen von 16 Stücken nach guter Konservierung an lückenlosen Schnittserien untersucht, und würde wohl kaum ein klares Bild von ihrer Zusammensetzung bekommen haben, wenn mir nicht die Kenntnis der gleichen Gebilde von verwandten Arten bei der Verknüpfung meiner Befunde zu Hilfe gekommen wäre.

Der wahrnehmende Theil des Auges schließt sich in seinem Aufbau am nächsten an die Verhältnisse des *Dendrocoelum*-Auges an. Im Pigmentbecher liegt eine Anzahl Sehkolben (Fig. 14 sk), die sich nach außen zu in einen Faden verdünnen und mit Zellen in Verbindung stehen, die auf der Unter- und Innenseite des Pigmentbechers liegen und nach der anderen Seite sich in einen Nervenfaden ausziehen. Diese Nervenfaser gehen offenbar, wie bei den übrigen

Tricladen, zum Gehirne hin; verfolgen konnte ich sie auf diesem Wege nicht. Die Sehkolben zeigen da, wo man sie im Längsschnitt trifft, einen ähnlichen Aufbau wie die von Dendrocoelum: sie sind fast in ihrer ganzen Erstreckung von gleicher Dicke; eine äußere Schicht hebt sich durch dunklere Färbung gegen einen inneren hellen Theil ab; sie besteht wohl, wie ähnliche Bildungen bei anderen Planarien, aus einzelnen, dicht neben einander stehenden Stiftchen, doch konnte ich eine solche Zusammensetzung nicht nachweisen; eben so wenig gelang es mir, in dem hellen Inneren der Sehkolben einen Faserstrang zu finden, wie er bei Dendrocoelum lacteum vorhanden ist. Im Übrigen scheint mir, dass die Sehkolben einen geraden Verlauf und eine annähernd parallele Stellung nicht haben; auf einem Präparate begegnete ich einem längsgeschnittenen, knieförmig gebogenen Sehkolben, und da ich sowohl auf Querschnitten als auf senkrechten und wagerechten Längsschnitten nur sehr wenige Sehkolben ihrer ganzen Länge nach getroffen fand, vielmehr meist Quer- und Schrägschnitten begegnete, so neige ich zu der Annahme, dass die Sehkolben durch einander gewunden und ziemlich rege los angeordnet sind. Ihre Zahl beträgt, nach einer Zählung auf einem günstigen Schnitte etwa 15; dem entspricht die geringe Zahl der Sehzellen, die man außerhalb vom Pigmentbecher trifft. Auch die Verbindung der Sehzellen mit den Sehkolben konnte ich nur an wenigen günstigen Stellen erkennen.

Der Pigmentbecher hat nicht immer die nahezu halbkugelige Gestalt, wie bei anderen Turbellarien; er ist vielmehr häufig dütenförmig (Fig. 13) in die Länge gezogen, wie es MOSELEY für *Rhynchodemus Twaitesii* abbildet (34, Taf. XVI, Fig. 8); doch ist in dieser Abbildung der Nervenansatz an dem proximalen Ende des Pigmentbechers nicht richtig. Der Pigmentbecher (Fig. 15 *a* und *b*) setzt sich aus einer Anzahl einzelner Zellen zusammen, die polygonal sind und zum Theil die länglich sechseckige Gestalt haben, die METSCHNIKOFF von *Geodesmus* abbildet und schildert (32). Die Kerne der Pigmentzellen liegen nach der Außenseite des Bechers zu an einer Stelle, wo die Zellen ihre hintere Wandung ein wenig vorwölben, und sind von einer geringen Menge pigmentfreien Plasmas umgeben.

Bezeichnend für das Auge von *Rhynchodemus* ist es, dass der Pigmentbecher nicht, wie bei anderen Tricladen, alle Sehkolben in sich fasst, dass vielmehr eine große Anzahl der letzteren vor dem Becher liegen. Dieser Theil der Sehkolben ist nach außen umgeben von einem dünnen, aber deutlich doppelt kontourirten Häutchen, das

in die Wände des Pigmentbeckers überzugehen scheint (Fig. 14 *amb*); Zellkerne konnte ich in dem Häutchen nicht entdecken. Auf einer beschränkten Strecke schließt sich das Häutchen nicht an den Becherrand an und lässt so eine Lücke offen, durch welche die faserartigen Fortsätze der Sehkolben austreten, die zu den zugehörigen Zellkörpern hinführen.

Bei einem Exemplar fand ich, dass sich von dem einen Auge ein kleinerer vorderer Theil abgetrennt hatte und selbständig geworden war.

Die Angaben, die frühere Untersucher über die Augen der Landplanarien, insbesondere über das von Rhynchodemus machen, sind entsprechend der Schwierigkeit des Gegenstandes sehr lückenhaft. METSCHNIKOFF (32) untersuchte das Auge von Geodesmus, von dem man freilich nicht ohne Weiteres annehmen kann, dass es mit dem des verwandten Rhynchodemus übereinstimme; den Inhalt des Sackes deutet er als Krystallkörper; er fand ihn rosenroth gefärbt und aus vier oder mehr »Krystallkegeln« zusammengesetzt, deren Zusammenhang mit Nerven er jedoch nicht nachweisen konnte. An der über dem Auge liegenden Epithel- und Muskelschicht glaubt er ein besonders starkes Lichtbrechungsvermögen wahrgenommen zu haben, und hält dieselben deshalb für Hilfsapparate des Auges. Wenn METSCHNIKOFF annimmt, dass der Augenbau hier ein complicirter sei als bei den Süßwassertricladien, — was er durch den Aufenthalt in der Luft zu erklären versucht —, so ist das ein Irrthum, der sich aus den Kenntnissen jener Zeit über diesen Gegenstand erklärt. — MOSELEY (34) weiß über die genauere innere Zusammensetzung des Auges von Rhynchodemus Twaitesii nichts zu sagen; seine Annahme, dass der Augennerv an das proximale Ende des Pigmentbeckers sich ansetze, beruht wohl auf Irrthum. — v. KENNEL (25) schildert die Augen bei Rhynchodemus als kleine Pigmentbecher, ausgefüllt mit kleinen Zellen, deren Kerne sich ziemlich deutlich färben; das Pigment sei unregelmäßig um diesen Inhalt angehäuft. Beide Angaben konnte ich nicht bestätigen. — LANG (26, IV) giebt die Abbildung eines Schnittes durch ein Rhynchodemus-Auge, ohne nähere Erklärungen: innerhalb eines Pigmentringes sehen wir die ziemlich regelmäßig angeordneten Querschnitte der Sehkolben; über den Zusammenhang mit den Nerven ist aus der Zeichnung nichts ersichtlich. — Neuerdings beschreibt LOMAN (31) das Auge von Rhynchodemus megalophthalmus: es »zeigt eine dicke Pigmentschale, deren dichtgedrängte platte Zellen auch auf der Vorderseite der Augenblase mittels einer bindegewebigen Cornea vollkommen schließen. Im Inneren sind Stäbchen und eine Art Ganglion opticum in Verbindung mit einem Sehnerven zu unterscheiden« (citirt nach dem Neapler Zoolog. Jahresbericht für 1890). Der Schluss der Augenkapsel auch auf der vorderen Seite durch eine Cornea-ähnliche Membran würde zu meinen Beobachtungen an Rhynchodemus terrestris gut stimmen; doch konnte ich bei unserer Form im Inneren der Kapsel nie Ganglienzellen wahrnehmen.

C. Gruppe der *Planaria gonocephala*.

Bei *Planaria gonocephala* (Fig. 16—20) liegen, wie bei *Dendrocoelum lacteum*, die Augen weit nach vorn, vom Gehirn abgetückt;

sie sind daher durch einen längeren Sehnerven mit diesem verbunden.

Der wahrnehmende Theil des Auges zeigt hier wiederum eine nicht leicht erkennbare Anordnung. Den Pigmentbecher erfüllen eigenthümliche Gebilde, die mit ihrer Längserstreckung der Augenachse parallel laufen (Fig. 16 *s/k*); ihr äußeres Ende ist dick faserförmig, nach innen zu verbreitern sie sich sehr, so dass sie sich am besten einem soliden Trichter mit langem Abflussrohre vergleichen lassen (CARRIÈRE); ich bezeichne sie wiederum als Sehkolben. Diese Kolben sind nicht alle gleich lang, vielmehr kommen sie in den verschiedensten Längen vor; einige verbreitern sich gleich bei ihrem Eintritt in den Pigmentbecher trichterartig, bei anderen ist der faserige Theil länger, und wieder andere reichen bis auf den Boden des Bechers; indem so die breiten Enden der Kolben sich auf verschiedene Höhen vertheilen, wird eine möglichste Ausnutzung des Becher- raumes bewirkt. Die Zahl der Sehkolben in einem Becher wird 160 bis 200 betragen.

Die Zahl der Sehkolben auf Schnitten senkrecht zur Augenachse zu ermitteln, hat wegen der ungleichen Länge der Kolben und der geringen Dicke der faserigen Theile seine Schwierigkeit. Ich wählte daher ein anderes Verfahren: die Dicke des verbreiterten Kolbenendes beträgt etwa 10μ ; bei meinen 5μ dicken Schnitten musste also jeder Kolben auf nicht mehr als drei, und nicht weniger als zwei Schnitten getroffen sein. Wenn ich somit auf allen durch ein Auge gelegten Schnitten die Kolben zählte und addirte, so war diese Summe offenbar zwei- bis dreimal so groß als die Gesamtzahl der Kolben im Auge, oder letztere musste mehr als ein Drittel, weniger als die Hälfte jener Summe betragen. Bei einer Zählung bekam ich als Summe 471, die Zahl der Kolben lag also zwischen 157 und 235; ein zweites Mal erhielt ich 427; die Grenzen betragen also 142 und 213.

Die Sehkolben sind von fibrillärem Bau, und über ihr proximales, dem Becherboden zugekehrtes Ende zieht sich kappenartig eine dunkel färbbare Schicht hin, die auf Längsschnitten durch die Kolben als schmaler dunkler Saum erscheint (Fig. 19). Mustert man diesen Saum mit starker Vergrößerung, so erkennt man, dass er aus lauter kleinen, dicht neben einander stehenden Stiftchen besteht. Jedes dieser Stiftchen setzt sich in ein feines Fäserchen fort, und diese strahlen von allen Seiten fächerförmig gegen den Beginn der Verbreiterung zusammen, wo sie sich dann zu einem kompakten Faserbündel vereinigen und so den faserförmigen Theil des Sehkolbens bilden. Diese Stiftchenkappe zeigt also wieder die gleichen Verhältnisse, wie wir sie bei *Planaria torva* und *Dendrocoelum lacteum* beobachten konnten.

Zerzupft und zerdrückt man ein frisches Auge, so sieht man an dem Inhalt des Pigmentbeckers die gleiche röthliche Färbung, die wir schon bei *Planaria torva* und *Dendrocoelum lacteum* kennen gelernt haben.

Vor der Öffnung des Pigmentbeckers liegt hier, wie bei *Dendrocoelum*, eine verfilzt aussehende Fasermasse, die rings herum von Zellen umgeben ist. Die Verfolgung einzelner Fasern in dieser Fasermasse gelingt nur dann, wenn die Fasern in die Schnittebene fallen. Man kann dann erkennen, dass das dünne äußere Ende eines der Kolben, die im Inneren des Pigmentbeckers liegen, sich in eine Faser fortsetzt, die in jene Fasermasse eingeht: an günstigen Schnitten kann man das bei sehr vielen Kolben sehen (Fig. 16); an einem solchen Schnitt erscheint dann jene Masse nicht verfilzt, sondern man kann den Verlauf der einzelnen Fasern genau verfolgen. Sie führen zu den Zellen, die die Fasermasse rings umlagern, und verschmelzen mit ihnen (Fig. 17 *a* und *b*): sie sind nichts als Fortsätze jener Zellen, und somit sind auch die Kolben im Pigmentbecher lediglich Fortsetzungen jener außen gelegenen Zellen. Diese letzteren müssen also wegen ihrer Verbindung mit den Sehkolben als Sehzellen bezeichnet werden.

Die Sehzellen ziehen sich nach der anderen Seite ebenfalls in eine Faser aus, die zu dem Gehirne verläuft. Die Gesamtheit dieser Fasern bildet den Sehnerven. Da jedoch der Sehnerv von dem unteren Rande des Augenbeckers abgeht, so müssen die Fortsätze der weiter oben gelegenen Zellen zunächst sich dorthin richten. Sie bilden dabei oft einen rechten, ja selbst einen spitzen Winkel gegen den zweiten Fortsatz der Zelle und nehmen ihren Weg meist zwischen Zellen und Pigmentbecher durch (Fig. 17 *a*), so dass auch sie dazu beitragen, das Gewirr der vor dem Pigmentbecher liegenden Fasermasse zu erhöhen: so kommt es, dass man außen von jenen Zellen keine Nervenfasern verlaufen sieht. Die Zellen selbst zeigen dabei häufig seltsam zusammengebogene Gestalten (Fig. 18 *a-d*); besonders bemerkenswerth ist die in Fig. 18 *d* wiedergegebene Zelle: hier sieht es aus, als ob einfach eine knieförmig gebogene, am Knie etwas verdickte Faser vorläge, der nach außen ein Zellkern dicht anliegt; die geringe Plasmamenge, die den Kern von außen noch umgiebt, ist kaum sichtbar.

Um das Gewirr der Fasermasse noch zu verdichten, treten wahrscheinlich auch Bindegewebsfasern in dieselbe ein; solche sind freilich von den Nervenfasern in diesem Falle nicht unterscheidbar;

sicher aber sah ich einen Kanal des Wassergefäßsystems die Faser-masse durchsetzen (Fig. 16 *wg*), und bei dem ganz eben so gebauten Auge von *Planaria polychroa* sah ich Muskeln von oben nach unten durch dieselbe hindurchziehen.

Die Sehzellen zeigen in den Grundzügen wiederum den gleichen Bau, wie wir ihn bei *Planaria torva* traf: einen fibrillären, in den Pigmentbecher hineinragenden Theil, an dessen Ende jede Fibrille in ein feines Stiftchen übergeht, so dass die Stiftchen, palissadenartig neben einander stehend, eine Kappe über dies Ende bilden; dem schließt sich der kernhaltige Theil, der eigentliche Zellkörper an, und dieser endlich setzt sich in eine zum Hirn verlaufende Nervenfasern fort. Dabei sind jedoch die Sehzellen von *Planaria gonocephala* außerordentlich in die Länge gezogen, und wir haben ganz ähnliche Verhältnisse wie bei *Dendrocoelum lacteum*, nur dass hier die Anordnung der Sehzellkörper und so der Verlauf der Fasern ein anderer ist. Die Zahl der Elemente des percipirenden Apparates ist auch *Dendrocoelum* gegenüber wieder vermehrt, und dadurch erklärt sich wohl auch die verschiedene Anordnung der Sehzellkörper.

Der Pigmentbecher setzt sich bei *Planaria gonocephala* im Gegensatz zu *Planaria torva* und *Dendrocoelum lacteum* aus einer großen Anzahl von Zellen zusammen, die dicht an einander schließen; ja sie scheinen mir keine glatten Ränder zu haben, sondern ein wenig mit Verästelungen in einander zu greifen. Die Kerne lassen sich am äußeren Rande der Zellen erkennen (Fig. 16 und 17 *a*, *pbk*); sie selbst eben so wie das zunächst liegende Plasma, sind frei von Pigmentkörnchen. Bemerkenswerth ist auch, dass die Dicke der Becherwandungen viel bedeutender ist als bei *Dendrocoelum lacteum* (13 μ gegen 3,5 μ).

Maße: Größte Weite des Pigmentbeckers im Lichten 74 μ ; Weite der Becheröffnung 50 μ ; Tiefe des Beckers 42 μ ; Höhe des Stiftchensaumes 3,5 μ .

In Fig. 20 habe ich eine schematische Darstellung vom Aufbau des *Gonocephala*-Auges, wie ich ihn eben geschildert habe, zu geben versucht.

Bei *Planaria gonocephala* findet man häufig, dass sich ein Auge in zwei oder gar drei kleinere Augen spaltet, die dann von vorn nach hinten hinter einander liegen. Von 42 Thieren, die ich darauf untersuchte, hatten 15, also mehr als ein Drittel, solche gespaltene Augen, und zwar fast ausnahmslos auf beiden Seiten. Bei *Planaria torva* und *Dendrocoelum lacteum* habe ich das nie gesehen, bei *Planaria*

alpina und Rhynchodemus konnte ich je einen solchen Fall, und zwar nur auf einer Seite, beobachten. Dagegen wird auch für *Planaria lugubris* und *Planaria polychroa* von verschiedenen Forschern die gleiche Erscheinung als häufiger vorkommend erwähnt. Dies Verhalten hängt, wie mich bedünkt, damit zusammen, dass bei diesen Formen der Pigmentbecher aus zahlreichen Zellen besteht, so dass die Hülle, die den percipirenden Theil des Auges zusammenhält, leichter zerrissen wird und dann kleinere Pigmentbecher um abgetrennte Theile des percipirenden Apparates bildet; wo dagegen der Pigmentbecher aus einer Zelle besteht, widersteht er einer solchen Spaltung, die daher nur ausnahmsweise vorkommt.

Völlig den gleichen Bau wie das *Gonocephala*-Auge besitzen die *Augen von Planaria lugubris und Planaria polychroa*; besonders die letztere zeigte mir die geschilderten Verhältnisse mit außerordentlicher Deutlichkeit.

Augen des eben besprochenen Typus sind schon von verschiedenen Forschern untersucht worden. LEYDIG (30), der ein Auge von *Planaria gonocephala* nach Beobachtung am lebenden Thiere abbildet, spricht sich nicht näher über dessen Bau aus. — Dass die von R. HERTWIG (20) untersuchten Planarienaugen hierher gehören, zeigt die Schilderung, die er vom Inhalt des Pigmentbechers, dem »Glaskörper«, giebt: dieser lässt sich durch Zerzupfen in lauter drehrunde Fasern zerlegen, die mit einer trompetenartigen Verbreiterung beginnen; er glaubte in dieser Verbreiterung überall einen Kern wahrzunehmen. Den vor dem Pigmentbecher gelegenen Theil des Auges bezeichnet HERTWIG als Retina; die Retinazellen gehen einerseits in einen Nervenfortsatz über, andererseits ziehen sie sich zu einem stäbchenförmigen Gebilde aus. HERTWIG's Schilderung trifft somit in Vielem das Richtige, und es fehlt ihm zur völligen Erkenntnis nur die Einsicht, dass die stäbchenförmigen Fortsätze der »Retinazellen« mit den Bestandtheilen des angeblichen Glaskörpers zusammenhängen, und dass diese erst die eigentlichen Endorgane sind. — CARRIÈRE (8 u. 9) beschäftigt sich eingehend mit dem Auge von *Planaria polychroa*, das ja dem von *Planaria gonocephala* ganz gleich gebaut ist; er sieht in den vor dem Pigmentbecher gelegenen Theilen des Auges ein Ganglion opticum mit randständigen Zellen und innerer Punktsubstanz, die Sehkolben betrachtet er als zellige Gebilde, deren Kern zu dem kolbigen Endtheil umgewandelt sei; er erkannte den Eintritt der Sehkolbenfasern in die »Punktsubstanz«, nicht aber ihre Verbindung mit den Zellen seines »Ganglion opticum«. — IJIMA (22) schließt sich im Allgemeinen CARRIÈRE's Deutung an; doch verfolgte er die Fasern der Sehkolben bis in den Sehnerven, dessen Eintritt ins Gehirn er jedoch nicht wahrnehmen konnte. — BÖHMIG (2) endlich zeigt die richtigste Auffassung, indem er zu dem Schlusse kommt, dass als Retina das »Ganglion opticum« mit den Endkolben anzusehen sei; die Zellen des »Ganglion opticum« schildert er übrigens als unipolare, deren Fortsatz sich theilt und einen Theil gegen den Pigmentbecher sendet, wo sich derselbe dann zum Endkolben verdickt. Eine solche Auffassung dürfte nur für so ausnahmsweise Zellbildungen,

wie sie meine Fig. 18 *d* zeigt, zur Noth angewendet werden; für die meisten passt sie nicht. BÖHMIG ist auch der Erste, der die Differenzirung des Sehkolbenendes in einen fein längsstreifigen äußeren und einen kappenförmigen, dunkler färbbaren inneren Theil schildert; den feineren Bau, die Stiftchen mit ihren faserartigen Fortsetzungen, erkannte er nicht. In einer späteren Arbeit (4) nennt er die Verbindung der »Stäbchen« (Sehkolben) mit den Ganglienzellen bei *Planaria gonocephala* »wahrscheinlich«. — Die zellige Zusammensetzung des Pigmentbeckers bei diesen Planarien erkannten von den genannten Forschern nur R. HERTWIG und BÖHMIG; die übrigen schildern den Pigmentbecher als »eine lose Anhäufung von Pigmentkügelchen verschiedener Größe« oder ähnlich.

D. Allgemeines über die Augen der Tricladen.

Die vorstehenden Schilderungen haben zur Genüge gezeigt, wie sehr die Augen der verschiedenen Tricladen von einander abweichen. Das Auge von *Planaria torva* scheint auf den ersten Blick nichts mit denjenigen von *Dendrocoelum* und *Planaria gonocephala* gemein zu haben. Die genauere Untersuchung aber ermöglicht es, die letzteren auf das einfache Torva-Auge zurückzuführen. Diese Zurückführung beruht auf der Vergleichung der Grundbestandtheile, aus denen sich die einfachsten wie die complicirtesten Tricladenaugen zusammensetzen.

Überall können wir an diesen Augen einen wahrnehmenden Theil und einen Hilfsapparat unterscheiden.

Der wahrnehmende Theil besteht aus Zellen. Diese Zellen lassen sich bei *Planaria torva* und den ihr nahestehenden Formen am leichtesten in ihrer Zellnatur erkennen und nach ihrem Umfang übersehen. Hier ist ihre Anzahl gering, ihre Gestalt von der gewöhnlichen Zellgestalt nicht abweichend. Bei Weitem schwieriger ist es, über die Zellnatur und vor Allem den Umfang dieser Zellen bei den beiden anderen Augentypen klar zu werden; doch gerade der Vergleich mit den entsprechenden Bildungen bei *Planaria torva* führt hier zum Ziel: er macht es uns von vorn herein wahrscheinlich, dass die innerhalb des Pigmentbeckers gelegenen, eine Stiftchenkappe tragenden Kolben zu den gleichen Zellen gehören, von denen die Nervenfasern des Sehnerven ausgehen. Diese Zellen haben mehr das Aussehen bipolarer Ganglienzellen, weil nicht bloß ihr proximales, sondern auch ihr distales Ende in eine Faser ausgezogen ist; jedoch sind sie eben so wenig Ganglienzellen, wie die oft ganz ähnlich gebauten Stäbchenzellen der Wirbelthierretina.

Eine Eigenthümlichkeit, die ich bei der Mehrzahl dieser Sehzellen sicher nachweisen konnte, und die wohl auch bei den Arten, wo mir dieser Nachweis noch nicht gelang, durch geeignete Methoden

zur Anschauung gebracht werden kann, ist der Stiftchenbesatz am proximalen, im Pigmentbecher geborgenen Ende. Nirgends, mit Ausnahme von *Rhynchodemus*, reichen diese Stiftchenkappen der Sehzellen über den Rand des Pigmentbechers hinaus: bei *Planaria torva* stehen sie bis an den Rand, und auch da, wo die drei Zellen einander berühren, reichen die Stiftchen nicht über die Höhe des Becherrandes hinaus. Ähnlich bei den anderen Typen.

Es ist wohl kaum abzuweisen, wenn man den Stiftchen eine besondere Wichtigkeit für das Zustandekommen der Lichtwahrnehmung zuschreibt. Ich möchte die Gesammtheit der zu einer Sehzelle gehörenden Stiftchen mit einem Sehstäbchen der Wirbelthiere vergleichen. Der Umstand, dass die einzelnen Stiftchen in die Fibrillen übergehen, die das Zellplasma und wohl auch den Nervenfortsatz zusammensetzen, ist geeignet, ihre Wichtigkeit in ein helles Licht zu setzen: man wird geradezu hingeführt zu der Ansicht, dass die Erregung, die in dem einzelnen Stiftchen erzeugt wird, durch das ansitzende Fäserchen weitergeleitet wird. Ja dieses Verhalten ließe sich vielleicht geltend machen gegen die neuerdings wiederholt verfochtene Annahme, nicht die Fibrillen der Nervenfasern, sondern die interfibrilläre flüssige Masse sei das leitende Element.

Eine Stütze finden diese Überlegungen von der Wichtigkeit der Stiftchen noch darin, dass die röthliche Färbung des Pigmentbecherinhaltes, die von LEYDIG für *Dendrocoelum lacteum*, von METSCHNIKOFF für *Geodesmus* und von mir für *Planaria gonocephala* und *torva* nachgewiesen wurde, bei *Planaria torva* auf die Region der Stiftchen beschränkt ist. Auf die Besonderheiten dieses rothen Farbstoffes werde ich weiter unten noch eingehen.

Der wesentliche Unterschied zwischen den drei verschiedenen Augentypen beschränkt sich also auf die Zahl der Elemente, die in die Bildung des percipirenden Theiles eingehen. Bei den Arten der Torva-Gruppe sind das eines bis vier; bei *Dendrocoelum lacteum* sind es schon über 30, bei *Planaria gonocephala* über 150. Ich habe auch schon darauf hingewiesen, dass auch die Formverschiedenheiten der Sehzellen durch die größere oder geringere Zahl dieser Zellen, die in ein Auge eingehen, bedingt wird.

Es kann nun kein Zweifel sein, dass die Augen mit den wenigsten Sehzellen in diesem Falle als die ursprünglichsten anzusehen sind; der Fortschritt in der Organisation besteht hier, wie so häufig, in der Vermehrung der Elemente, wobei freilich vielfach das einzelne Element verkleinert wird; so ist sicher die Zahl der Stiftchen

bei einer Sehzelle von *Planaria torva* weit größer als bei einer solchen von *Dendrocoelum* oder *Planaria gonocephala*; dieser Nachtheil wird aber reichlich durch die Menge der Elemente aufgewogen. Bei *Planaria gonocephala* dürfte auch noch eine andere Besonderheit einen Fortschritt in der Organisation bedeuten: ich meine die Anordnung der Stiftchenkappen möglichst senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen, parallel mit dem Boden des Pigmentbeckers; sie werden dadurch vom Licht besser getroffen als bei *Dendrocoelum*, wo vielfach der Stiftchenbesatz gerade in die Richtung der Augenachse bzw. des senkrecht einfallenden Lichtstrahles zu stehen kommt.

Die Pigmentbecher zeigen überall einen zelligen Bau; bei den kleineren Augen sind sie einzellig, bei den umfangreicheren mehrzellig. So genügt bei *Dendrocoelum lacteum*, bei der die größte Weite des Bechers 50μ , die Tiefe 28μ beträgt, noch eine Zelle, um den Becher herzustellen; bei *Planaria gonocephala* und *Dendrocoelum punctatum*, bei denen die entsprechenden Maße 74 und 42 bzw. 140 und 53 betragen, kann offenbar eine Zelle nicht mehr die ganze Masse der Sehkolben in sich fassen; wir haben daher in diesen Fällen mehrzellige Pigmentbecher.

Es fragt sich schließlich, ob die großen Verschiedenheiten im Bau der Tricladenaugen sich auch für die Systematik verwerthen lassen. Da sahen wir zunächst, dass eine neuerdings von VEJDOVSKÝ (39) in ihrer Berechtigung angezweifelte Gattung, nämlich *Dendrocoelum*, sich durch den Bau ihrer Augen von den anderen Tricladen wohl unterscheidet; die beiden von mir untersuchten *Dendrocoelum*-Arten stimmen dagegen unter einander in dem Aufbau des percipirenden Apparates gut überein. Dazu kommt, dass die bisher als Gattungsmerkmal für *Dendrocoelum* angegebene Eigenthümlichkeit, das Vorhandensein eines »Saugnapfes« am Vorderende, von VEJDOVSKÝ unterschätzt ist, wie ich in einer anderen Arbeit näher darzulegen gedenke. Ich halte somit *Dendrocoelum* als gute Gattung aufrecht.

Weiter bilden die drei großen Planarien, *Planaria gonocephala*, *lugubris* und *polychroa*, in Bezug auf ihren Augenbau eine wohlumschriebene Gruppe: die Augen liegen vom Gehirn entfernt, nahe dem Vorderende und haben die oben beschriebene complicirte Zusammensetzung. Diese drei Arten stimmen auch im Aufbau der Geschlechtsorgane sehr mit einander überein und unterscheiden sich von *Planaria torva* besonders durch das Fehlen der eigenthümlichen »muskulösen Organe«. Ich sehe darin Grund genug, sie als besondere

Gattung *Euplanaria* von den übrigen Planarien abzutrennen. Die näheren Ausführungen muss ich wiederum auf später versparen.

Was von der Gattung *Planaria* übrig bleibt, stimmt im Augenbau gut überein; ob freilich die Gattung eine einheitliche genannt werden kann, bedarf wohl noch näherer Untersuchung.

Es bleibt mir nur noch übrig, mit einigen Worten auf die Entstehung complicirterer Tricladenaugen aus einfachen einzugehen. CARRIÈRE (8) folgert aus den Beobachtungen, die er an Augen regenerirter Köpfe machte, dass die zusammengesetzteren Augen der Planarien durch die Vereinigung von Einzelaugen, wie sie etwa *Polycelis* zeigt, hervorgegangen seien. Mir will diese Auffassung nicht einleuchten, vor Allem Angesichts der Einzelligkeit des Pigmentbeckers, wie wir sie bei *Planaria torva* und *Dendrocoelum lacteum* finden. Im Gegentheil erscheint es mir wahrscheinlich, dass da, wo zahlreichere Augen vorhanden sind wie bei *Polycelis*, diese durch Theilung sich vermehren. Sehen wir doch auch, dass bei den *Gonocephala*-Augen die durch Theilung entstandene Verdoppelung etwas Sekundäres ist. Zu ähnlichen Anschauungen kommt auch LANG (28). Ein einzelliges Auge dürfte das ursprüngliche sein; dieses complicirt sich zunächst durch Vermehrung der Sinneszellen; dabei erfolgt ein Ausweiten des einzelligen Pigmentbeckers. Wird die Zahl der Sinneszellen dann so groß, dass die Pigmentbecherzelle einer Ausweitung nicht mehr fähig ist, so theilt sich auch die Pigmentzelle und es entsteht ein mehrzelliger Pigmentbecher.

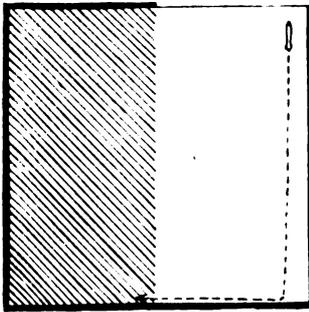
E. Versuche über die Lichtwahrnehmung bei den Tricladen.

Die Beobachtung der Tricladen an ihren Wohnplätzen lehrt ohne Weiteres, dass sie lichtscheue, dunkelliebende Thiere sind; sie halten sich unter Blättern und Pflanzenstengeln oder unter Steinen verborgen, und suchen, ans Licht gebracht, sich demselben schnell zu entziehen. Erst bei Beginn der Dämmerung kommen sie aus ihren Verstecken hervor und beginnen auf dem Boden des Gewässers herumzukriechen, wie ich das bei *Planaria alpina* und *Euplanaria gonocephala* beobachten konnte.

Diese Abneigung gegen die Helligkeit tritt auch auf das deutlichste bei Versuchen hervor. Ich benutzte dazu einen quadratischen Glaskasten von 20 cm Seite, der in ein Kistchen ohne Deckel und Vorderwand hineinpasste; Boden und Rückwand des Kistchens waren in ihrer rechten Hälfte schwarz gestrichen, eben so die beiden Seitenwände; die rechte Hälfte des Kastens konnte durch zwei unter

rechtem Winkel an einander befestigte geschwärzte Bretter von der oberen und vorderen Seite bedeckt werden. Durch Herumdrehen des Glaskastens konnte man somit jeder Zeit die vorher beleuchtete Hälfte verdunkeln und umgekehrt. Wenn ich in die helle Abtheilung dieses Kastens eine Anzahl Euplanaria oder Dendrocoelum brachte, so waren schon nach wenigen Minuten alle in die dunkle Hälfte hinübergekrochen. Der Weg, den sie dorthin nehmen, ist meist der gleiche: sie wenden sich zunächst vom Lichte ab und kriechen gegen die Hinterwand des Kastens; dort angekommen folgen sie der Hinterwand, und zwar bisweilen nach der falschen Richtung, so dass sie eine Zeit lang umherirren, ehe sie den Weg ins Dunkle finden. Die untenstehende Abbildung (Textfig. 1) verdeutlicht das. Sobald sie den Schatten erreicht haben, bleiben viele sofort ruhig liegen, andere kriechen noch weiter in das Dunkel hinein.

Wenn man die im Dunkeln liegenden Planarien plötzlich dem Lichte aussetzt, so erkennt man den Einfluss des Lichtes daran, dass sie sofort anfangen sich zu bewegen, während sie im Dunkeln etwas zusammengezogen in Ruhe daliegen. Die Einwirkung des Lichtes ist eine fast augenblickliche.



Textfig. 1.

Die Umrisse der Figur stellen die Kastenswände dar; so weit sie für Licht undurchlässig sind, habe ich sie dick ausgezogen; die dunkle Hälfte des Kastens ist schraffirt. Die Pfeile zeigen die Richtung des einfallenden Lichtes an; die punktirte Linie bedeutet den Weg, auf dem die Planarie das Dunkel erreicht.

Um zu sehen, wie weit die Augen bei der Lichtwahrnehmung betheiliget seien, schnitt ich 20 Stück Euplanaria gonocephala den vorderen Körpertheil dicht hinter den Augen ab und beobachtete das Verhalten der augenlosen Rumpfstücke. Diese werden durch die Operation in ihrer Beweglichkeit nicht auffallend behindert und kriechen lebhaft umher. Nachdem ich alle ins Helle gebracht hatte, fand ich nach einer Stunde 10 im Dunkeln, 10 im Hellen; nach einer weiteren Stunde waren 16 im Dunkeln, 4 im Hellen; ich drehte das Gefäß herum, so dass

die im Dunkeln liegenden ins Helle kamen und umgekehrt, und fand nach einer Stunde 14 im Dunkeln, 6 im Hellen. Bei einem anderen Versuche setzte ich wiederum alle 20 Rumpfstücke in die

helle Abtheilung und fand nach drei Stunden 8 im Dunkeln, 12 im Hellen.

Diese Ergebnisse weisen unbedingt darauf hin, dass auch die der Augen beraubten Planarien das Licht fliehen, also wohl durch dasselbe belästigt werden; doch ist das sicher viel weniger der Fall als bei den mit Augen versehenen. Die Thiere bleiben zunächst ziemlich lange im Licht, ehe sie anfangen sich zu bewegen; ja einzelne bleiben überhaupt in der Ruhelage, etwas zusammengezogen, ohne Bewegung im Hellen liegen, was ich bei den mit Augen versehenen Thieren nie beobachten konnte.

Ich kann mich nicht mit dem Gedanken befreunden, dass wir es bei dieser Äußerung der Lichtempfindlichkeit mit einer Wahrnehmung des Lichtes als solchen zu thun haben. Vielmehr glaube ich, die dem Thiere unangenehme Einwirkung des Lichtes kommt in ähnlicher Weise zu Stande, wie bei den chlorophyllhaltigen Rhabdocölen die dem Thiere angenehme Lichtwirkung: durch chemische Vorgänge im Inneren des Thieres, die durch die Beleuchtung hervorgerufen werden. Dazu würde die langsame Einwirkung des Lichtes bei augenlosen Planarien stimmen.

Zu einem interessanten Ergebnis führte ein Versuch, der mir zeigen sollte, wie sich die Lichtreaktion von *Dendrocoelum lacteum* zu der von *Euplanaria gonocephala* verhielte. Ich that von jeder Art zehn Stück in die helle Abtheilung meines Versuchsgefäßes und beobachtete nun, mit welcher Geschwindigkeit die einzelnen Arten ins Dunkel gelangten. Es zeigte sich dabei, dass meist schon alle *Dendrocoelum* im Dunkeln waren, wenn noch Stücke von *Euplanaria* im Hellen herumkrochen; ja bei den *Euplanarien* kam es öfters vor, dass sie aus dem Dunkeln ins Helle zurückkrochen, was ich nie bei einem *Dendrocoelum* gesehen habe. Um nun einen sichern Anhalt mit Zahlen zu haben, notirte ich von zwölf Versuchen die Zahl der Thiere der einen Art, die noch im Hellen waren, wenn alle Thiere der anderen Art sich schon ins Dunkle zurückgezogen hatten; es waren dies in elf von den zwölf Fällen *Euplanarien*; nur in einem Falle war noch ein *Dendrocoelum* im Hellen, als alle *Euplanarien* sich im Schatten geborgen hatten. Durch Addition bekam ich dann: während, im Vergleich mit den *Dendrocoelum*, 120 *Euplanaria* hätten im Dunkeln sein können, waren nur 88 dorthin gelangt, und andererseits waren nur 119 *Dendrocoelum* im Dunkeln, während 120 hätten dort sein können. Man sieht aus diesen Zahlen deutlich, dass *Dendrocoelum* gegen Licht stärker reagirt als *Euplanaria*. Nun

zeigen aber unsere morphologischen Untersuchungen, dass die Augen von *Euplanaria* unbedingt höher organisirt sind als die von *Dendrocoelum*, indem sie eine weit größere (die fünf- bis sechsfache) Zahl lichtwahrnehmender Elemente haben; die Lichtwahrnehmung muss daher bei jener Art stärker sein als bei dieser: es folgt daraus, dass die Stärke der Reaktion auf Lichtwirkung nicht der Stärke der Lichtwahrnehmung entspricht; während diese im Allgemeinen von der Zahl der lichtempfindlichen Elemente abhängt, wird jene vielmehr bestimmt durch die Lebensgewohnheiten des Thieres und durch den Gefühlston, der der Lichtwahrnehmung anhaftet, nicht aber durch die Stärke der letzteren als solcher.

II. Die Augen der rhabdocölen Turbellarien.

Von Rhabdocölen konnte ich *Derostoma unipunctatum* Oerst. und eine andere, leider nicht näher bestimmte Art der Gattung *Derostoma*, die ich in der Nähe von Tübingen fand, auf den Bau der Augen hin untersuchen. Die vorzüglich konservirten Stücke der ersteren Art verdanke ich Herrn Dr. O. FUHRMANN in Genf.

Zunächst will ich die Augen des Tübinger *Derostoma* sp. (Fig. 21 und 22) besprechen, da sie ihrem Bau nach den im vorigen Abschnitt geschilderten *Torva*-Augen am nächsten stehen. Sie sind, wie jene, aus einem wahrnehmenden Theil und einem Pigmentbecher zusammengesetzt.

Der wahrnehmende Theil jedes Auges besteht aus mehreren Zellen — ich zählte an einem Auge drei — mit faserigem Plasma, die an der dem Pigmentbecher zugekehrten Seite eine Stiftchenkappe tragen, an der anderen Seite dagegen sich in einen Nerven ausziehen; es ist nicht leicht, auf Querschnitten durch das Thier diese Zellen so zu treffen, dass Zellkern und Stiftchenkappe auf dem gleichen Schnitte zu sehen sind; verfolgte ich aber die Sehzellen in der Schnittreihe, so konnte ich ihren Kern am Rande des Pigmentbechers oder etwas außerhalb desselben auffinden. Die einzelnen Stiftchen der Stiftchenkappe setzen sich auch hier, wie bei *Planaria torva*, in feine Fäserchen fort, die in das fibrilläre Plasma eingehen. An den Präparaten ist zwischen Stiftchen und Pigmentbecherwandung meist ein kleiner Raum, der vielleicht durch Einschrumpfen bei der Konservirung entstanden ist.

Der Augennerv, d. h. das Bündel der von den Sehzellen ausgehenden Nervenfortsätze, ist kurz, bei der geringen Entfernung des Auges vom Gehirn.

Der Pigmentbecher (Fig. 22) besteht hier aus einer Anzahl von Zellen, deren Kerne auf der konvexen Seite des Bechers liegen und von einer bald größeren, bald geringeren Menge pigmentfreien Plasmas umgeben sind. Die Grenzen der Zellen nach außen sind meist deutlich, bisweilen auch die Abgrenzungen gegen einander.

Die *Augen von Derostoma unipunctatum* (Fig. 23 und 24) sind von den eben geschilderten in so fern verschieden, als sie keinen eigentlichen Pigmentbecher besitzen.

Dagegen ist der wahrnehmende Theil in den Grundzügen eben so gebaut wie bei der vorigen Art. Etwas seitlich und nach vorn vom Gehirn liegt nämlich jederseits eine Sehzelle. Sie erscheint auf Querschnitten durch das Thier etwas plattgedrückt (Fig. 24), auf senkrechten Längsschnitten dagegen kann man sehen, dass sie sich nach hinten etwas verbreitert. Auf einem solchen Schnitt fand ich ein Bild, das in deutlichster Weise den Kern der Sehzelle zeigte (Fig. 23). Die Sehzelle zieht sich auch hier gegen das Gehirn zu in einen ziemlich dicken Nervenfortsatz aus. Nach oben, unten und vorn sieht man auf den Schnitten einen Saum feinsten Stiftchen, wie wir ihn schon oft bei den Tricladen-Augen gefunden haben; auf Querschnitten liegt zwischen dem oberen und unteren Stiftchensaum, in Folge der zusammengedrückten Gestalt der Sehzelle, nur wenig fibrilläres Plasma; doch kann man deutlich erkennen, dass die Stiftchen auch hier sich in Fäserchen fortsetzen.

Wenn auch ein Pigmentbecher nicht vorhanden ist, besitzen dennoch diese Augen eine gewisse Blendvorrichtung. Dorsal von jeder Sehzelle breitet sich eine Pigmentmasse (Fig. 24 *pm*) aus, die von den bisherigen Beobachtern (SCHULTZE, v. GRAFF) für ein linsenloses Auge gehalten wurde. Diese Pigmentmasse zeigt ein wabenförmiges Gerüstwerk, in dessen einzelne Räume zahlreiche hellbraune Pigmentkörnchen eingelagert sind. Außer dem Pigment ist kein färbbarer Inhalt der Waben vorhanden. Die einzelnen Wabenwände sind dünn und färben sich tief blau. In der wabigen Masse liegen einzelne deutliche Zellkerne, umgeben von einer geringen Menge färbbarer Substanz. Das bringt mich auf die Vermuthung, der Bau der Pigmentmasse möchte ein zelliger sein und dieselbe aus vacuolisirten Zellen bestehen, deren Räume mit Pigmentkörnchen gefüllt sind; Abgrenzungen der Zellen gegen einander konnte ich freilich nicht bemerken. Diese Pigmentmasse blendet das von oben kommende Licht ab und lässt nur solches von vorn, von der Seite und von hinten zutreten.

Der Bau der Augen bei diesen beiden *Derostoma*-Arten erinnert sehr an den des *Torva*-Auges. Bei *Derostoma* sp. aus Tübingen ist die Übereinstimmung in den Grundzügen eine fast vollkommene: Sehzellen mit Stiftchenkappe und einem zum Gehirn ziehenden Nervenfortsatz sind mit dem stiftchentragenden Theil im Pigmentbecher geborgen; dass dieser Pigmentbecher mehrzellig ist, darf als bedeutungsloser Unterschied bezeichnet werden. Auch bei *Derostoma unipunctatum* sind die Sehzellen in der Hauptsache denen von *Planaria torva* gleich. Nur ist der Hilfsapparat des Auges, die Blendung, hier weit einfacher; das thut aber der Vergleichung keinen Abbruch.

Die gewöhnliche Angabe über den Bau des Rhabdocölenauges, der man bei früheren Forschern wie MAX SCHULTZE (37), v. GRAFF (14—17), HALLEZ (18) und CARRIÈRE (9) begegnet, lässt dies Organ aus einem Pigmentfleck bestehen, dem in vielen Fällen Linsen vorgelagert sind. Die Pigmentflecke stehen durch einen Nerven in Zusammenhang mit dem centralen Nervensystem; ihre Gestalt ist bald scharf begrenzt, häufig nierenförmig, bald ist sie unregelmäßig verästelt, »diffus«. Die »Linsen«, von CARRIÈRE als »Innenkörper« bezeichnet, liegen bei vielen Arten vor dem Pigmentfleck; nach v. GRAFF (14) besteht jede aus mehreren Zellen. Diese Linsen sind nichts Anderes als unsere Sehzellen. Sie sollen nun bei vielen Arten fehlen; v. GRAFF (16) giebt dies unter Anderen von *Derostoma unipunctatum* an; doch konnte ich ja in diesem Falle Sehzellen nachweisen, die allerdings bei der Betrachtung von oben durch den Pigmentfleck verdeckt werden und dadurch dem Beobachter entgangen sind. Es bedürfen daher wohl auch die anderen Fälle »linsenloser« Augen einer Nachuntersuchung. Falls sich dann keine Sehzellen finden sollten, so dürfen nach meiner Ansicht die Pigmentflecken allein nicht als Organe der Lichtwahrnehmung bezeichnet werden. — Gewöhnlich wird von den »Linsen« nur ausgesagt, dass sie aus stark lichtbrechender Substanz bestehen. BRAUN (5) war der Erste, der an ihnen bei *Bothrosomostoma Essenii* und den Mesostomen eine Scheidung in zwei Theile entdeckte, deren innerer, dem Pigmentbecher anliegender eine Querstreifung zeigt: es ist dies offenbar die Stiftchenkappe der Sehzellen. — BÖHMIG hat dann in verschiedenen Arbeiten (2—4) den Augen zahlreicher Alloiocölen und einiger Rhabdocölen seine Aufmerksamkeit zugewendet und die Beschaffenheit der Sehzellen genau beschrieben, ohne jedoch die richtige Deutung dieser Bildungen zu finden. Er schildert zutreffend die Zusammensetzung der »Retinakolben« aus zwei Theilen: einem dem Pigmentbecher zugekehrten Polster, das aus »Stäbchen« zusammengesetzt ist, und einem äußeren Faserballen; mit jedem Stäbchen tritt eine feine Faser des Ballens in Verbindung. Die Zahl der multipolaren »Retinaganglienzellen«, die in der Umgebung des Pigmentbeckers liegen, ist eine beschränkte, und ihre Fortsätze mögen, da jedes Stäbchen mit einem Nervenfädchen verbunden ist, einer reichlichen Theilung unterliegen, so dass eine Summe von Stäbchen zu einer Retinaganglienzelle gehört. Vor dem Faserballen findet BÖHMIG (4) eine Anzahl Linsenzellen. Auf Taf. XXI, Fig. 9 (4) ist in dem einen Faserballen des Auges von *Plagiostoma Girardi* ein Kern eingezeichnet; doch finde ich im Text nichts darüber erwähnt: es ist offenbar der Kern der Sehzelle. Von dem Auge von

Vorticeros auriculatum giebt BÖHMIG (4) ähnliche Bilder (Taf. XXI, Fig. 11), wie ich sie bei *Derostoma unipunctatum* fand (Fig. 24): die Sehzellen sind etwas plattgedrückt, so dass zwischen den Stiftchenlagen der entgegengesetzten Seiten nur wenig faseriges Plasma übrig bleibt. Interessant ist es auch, dass bei *Vorticeros auriculatum* die beiden Sehzellen durch eine Pigmentwand von einander getrennt werden. — Es ist wohl nicht zu viel gewagt, wenn ich nach BÖHMIG's Untersuchungen für die Augen der *Plagiostomina* und *Cylindrostomina*, sowie für dasjenige von *Mesostoma Craci* den gleichen Bau vermüthe, den ich für die zwei *Derostoma*-Arten nachwies, nämlich das Vorhandensein von Sehzellen, die an dem im Pigmentbecher geborgenen Theile eine Stiftchenkappe tragen. Das Gleiche lässt sich nach FUHRMANN's (12) Beschreibungen und Abbildungen (Taf. X, Fig. 11 u. 25) für die Augen von *Mesostoma Ehrenbergii* und *Bothromesostoma personatum* annehmen. Zu beachten ist noch, dass FUHRMANN an dem »Retinakolben« bei *Mesostoma Ehrenbergii* »eine nach außen gerichtete Anschwellung« wahrnimmt; sie könnte vielleicht auf den Kern der Sehzelle zu deuten sein.

III. Die Augen der polycladen Turbellarien.

Der Bau der Augen bei den Polycladen ist durch die vorzüglichen Untersuchungen LANG's, die er in seiner Polycladen-Monographie (28) niedergelegt hat, gut bekannt geworden. Doch sieht sich LANG immerhin genöthigt, einige Lücken in seinen Beobachtungen durch Vermuthungen auszufüllen, die zwar ein hohes Maß von Wahrscheinlichkeit haben, die aber immerhin der Bestätigung bedürfen. Zur Ausfüllung dieser Lücken ist seither sehr wenig geschehen; ich fand nur eine Angabe v. GRAFF's (17), die hier in Betracht kommt. Meine eigenen Untersuchungen bestätigen vollkommen die Vermuthungen LANG's; dieser Abschnitt ist also lediglich als eine geringe Erweiterung der Arbeit dieses Forschers anzusehen.

Zur Untersuchung lagen mir vor: *Discocelis tigrina* Lang, *Leptoplana tremellaris* Oerst. und *Thysanozoon Brocchii* Gr. Ich verdanke dieselben der Zoologischen Station zu Neapel. Für die Erkenntnis des Baues der Augen kam jedoch für mich nur *Leptoplana* in Betracht. An *Thysanozoon* vermochte ich nur wenig, an *Discocelis* kaum etwas Deutliches über die fraglichen Punkte zu erkennen; bei Beiden stellte sich der Inhalt des Pigmentbeckers meist als homogene Masse dar, die nur bisweilen eine Differenzirung zeigte.

Wir unterscheiden an den *Augen von Leptoplana* (Fig. 25—27) wiederum einen wahrnehmenden Theil und einen Hilfsapparat. Der letztere wird durch den Pigmentbecher gebildet, der einen Theil des wahrnehmenden Apparates in sich fasst. Die Gestalt des Beckers wechselt, bald ist er tiefer, bald flacher; stets aber besteht er, auch

bei den größeren Augen, aus einer Zelle; der Zellkern liegt auf der äußeren Seite des Becherbodens.

Der wahrnehmende Theil (Fig. 26 und 27) besteht aus den vor der Pigmentbecheröffnung gelegenen Zellen, die LANG als Retinazellen bezeichnet und die ich entsprechend meiner bisherigen Benennung Sehzellen heiße, mit ihren zu dem Gehirn gehenden Nervenfortsätzen, und aus den im Inneren des Pigmentbechers gelegenen stäbchenförmigen Gebilden. LANG hat nachgewiesen, dass die Stäbchen einerseits und die Sehzellen andererseits in Zahl und Lage eine auffallende Übereinstimmung zeigen und ist geneigt anzunehmen, »dass erstere direkte Fortsätze der letzteren, wahre Seh- und Retinastäbchen darstellen«. Doch konnte er einen ununterbrochenen Zusammenhang nicht erkennen; er bildet auch in seinem Schema eines Leptoplanidenauges (Taf. XXII, Fig. 13) diesen Zusammenhang als einen sehr lockeren ab. Ich kann nun auf meinen Schnitten durch die Augen von *Leptoplana tremellaris* einmal die genaue Zugehörigkeit je eines Stäbchens zu einer Sehzelle, und andererseits den unmittelbaren Zusammenhang von Zelle und Stäbchen nachweisen.

Bei meinen Querschnitten durch den Kopf von *Leptoplana* traf ich ein Auge fast genau senkrecht zu seiner Achse; dabei glückte ein Schnitt so, dass die obere Schnittebene noch gerade den unteren Theil der Sehzellen traf, die untere jedoch schon durch die Stäbchen hindurchging (Fig. 25 a). Somit konnte ich bei hoher Einstellung die Zellgrenzen der epithelartig dicht neben einander stehenden Sehzellen wahrnehmen, während bei tiefer Einstellung unter den polygonalen Feldern, etwa je der Mitte eines solchen entsprechend, ein dunkler nicht sehr scharf umrandeter Fleck sichtbar wurde. Der nächst tiefere Schnitt (Fig. 25 b) zeigt nur die dunklen Flecken an den entsprechenden Stellen; Zellgrenzen sind nur noch an seinem Rande zu sehen. Jene dunkeln Flecken aber sind sicher die Querschnitte der Stäbchen; somit ist es zweifellos, dass zu jeder Sehzelle ein Stäbchen gehört. Die Zeichnungen der beiden Schnitte sind genau mit dem Prisma entworfen.

An Längsschnitten durch die Augen von *Leptoplana*, d. h. an solchen Schnitten, die der Augenachse parallel gehen, war deutlich zu sehen, dass die Stäbchen die unmittelbare Fortsetzung der Sehzellen bilden (Fig. 26 und 27). Doch müssen wir zweierlei Arten von Augen unterscheiden, die in gewissen Punkten von einander abweichen. Bei den großen Gehirnhofaugen (Fig. 26) verschmälern sich die Retinazellen in ihrem unteren Theile ein wenig

und gehen dann ohne weitere Verschmälerung oder Einschnürung in die Stäbchen über. Dabei ist keine scharfe Grenzlinie zwischen der Zelle und dem Stäbchen zu erkennen; der Beginn des letzteren zeigt sich nur durch die viel geringere Färbbarkeit an, und die Grenze ist durch den Übergang der dunkleren in die hellere Färbung verschwommen.

Bei den kleineren Tentakelaugen (Fig. 27) dagegen sehen wir unterhalb der Lage der Retinazellen eine scharfe Grenzlinie, und es bedarf günstiger Schnitte um zu erkennen, dass diese Linie an einzelnen Stellen verschwindet und sich dort die Retinazelle in ein Stäbchen fortsetzt. Die Zelle geht jedoch nicht in ihrer ganzen Breite in das Stäbchen über, sondern nur ihr mittlerer Theil setzt sich in dasselbe fort, so dass eine plötzliche scharfe Verschmälerung der Zelle hier eintritt. Die scharfe Grenzlinie scheint hervorgebracht zu sein durch ein wirkliches membranartiges Gebilde, das seitlich in die Ränder des Pigmentbeckers übergeht. Man könnte es mit der Membrana limitans externa des Wirbelthierauges vergleichen und annehmen, dass es von den Stäbchen der Sehzellen durchbrochen wird. Morphologisch leichter fassbar würde mir jedoch folgende Erklärung sein: die Ränder der Pigmentbecherzelle sind in ein dünnes unpigmentirtes Häutchen ausgezogen, das sich mit seinen Rändern den Stäbchen so dicht anlegt, dass der Anschein entsteht, als ob die Stäbchen durch Löcher dieser »Membran« hindurchgewachsen seien.

Die Stäbchen zeigen in ihrer ganzen Länge eine gleichmäßige faserige Zusammensetzung; man kann an ihnen keinen besonders differenzirten und durch stärkere Färbung ausgezeichneten Theil unterscheiden, wie man das bei den Sehzellen der Tricladen-Augen kann.

Mit der Sicherstellung des Zusammenhanges zwischen Sehzellen und Stäbchen, den vor mir schon v. GRAFF deutlich erkannt hat, fällt auch die Schwierigkeit, die LANG in der physiologischen Deutung der Theile des Auges fand. Das einfallende Licht ruft in den Stäbchen eine Erregung hervor, die durch die Sehzellen und ihren Nervenfortsatz zum Gehirn geleitet wird und dort als Licht zur Empfindung kommt.

Der Vergleich des Polycladenauges mit dem der Tricladen zeigt, dass in beiden die Grundbestandtheile in ganz ähnlicher Ausbildung vorhanden sind. Die Seh-(Retina-) Zellen der Polycladen sind wie diejenigen der Tricladen nach der einen Seite in einen Nervenfortsatz ausgezogen, der zum Gehirne führt, auf der andern Seite verlängern

sie sich zu einem im Pigmentbecher gelegenen Fortsatz. Dieser trägt jedoch nicht eine solche Stiftchenkappe, wie bei den Tricladen, sondern ist in seiner ganzen Erstreckung gleichmäßig fibrillär; vielleicht entspricht dieses »Stäbchen« in seiner ganzen Ausdehnung physiologisch jener Stiftchenkappe, und ich glaube es den Stäbchen der Wirbelthieraugen auch morphologisch unbedenklich vergleichen zu können. Die Anordnung der Sehzellen zu einer epithelartigen Zelllage ist ein bedeutender Schritt vorwärts, gegen das Retinaauge hin; es fehlt nur noch eine Trennung der Stäbchen durch Pigmenthüllen, um eine Bildwahrnehmung zu ermöglichen.

Auf die Arbeiten der Forscher, die vor LANG's Monographie der Polycladen über das Auge dieser Thiere geschrieben haben, brauche ich hier nicht einzugehen, da LANG dies schon sehr genau gethan hat; es wäre vielleicht aus jener Zeit nur noch der guten Abbildung zu gedenken, die MOSELEY (34, Taf. XV, Fig. 10) von dem Leptoplana-Auge giebt und die KEFERSTEIN's Abbildung (24, Taf. II, Fig. 7) sehr gut ergänzt; MOSELEY stellt darin die zellige Retina (»Linse«) vollkommen richtig nach Art eines einschichtigen Epithels dar; den Becherinhalt jedoch bezeichnet er als »stark lichtbrechende durchsichtige Substanz«. LANG's (28) Darstellung der Polycladen-Augen ist im vorstehenden Abschnitte schon eingehend berücksichtigt. Nach LANG's Hauptwerk finde ich nur noch bei v. GRAFF (17) eine Angabe über das Auge von *Planocera pellucida* Mert. und eine Abbildung desselben; aus beiden geht hervor, dass v. GRAFF deutlich den Zusammenhang von Sehzellen und Stäbchen erkannt hat.

IV. Die Augen der Trematoden.

Meine Untersuchungen über Trematodenaugen beschränken sich auf monogenetische Trematoden, bei denen ja auch die erwachsenen Thiere mit Augen versehen sind. Von diesen habe ich *Tristomum molae* Blainv., *Tristomum papillosum* Dies. und *Polystomum integerimum* Rud. näher untersucht. Die beiden ersten Arten erhielt ich in vorzüglich konservirten Exemplaren von der Zoologischen Station zu Neapel; die Polystomen verdanke ich zum Theil der Güte des Herrn Obermedicinalrath ZELLER in Winnenthal, theils fand ich sie in selbst gesammelten jungen Fröschen.

Bei allen drei Arten sind zwei Paar Augen vorhanden, deren Lage man an den unverletzten Thieren durch die dunkeln Pigmentbecher erkennt. Sie liegen dem Gehirn nahe an und stehen in den vier Ecken eines Trapezes, bei dem die längere der beiden parallelen Seiten nach hinten gelegen ist. Das vordere Paar schaut mit der Öffnung des Pigmentbeckers nach hinten und außen, das hintere nach vorn und außen.

Zunächst gehe ich auf die *Augen von Tristomum molae* ein. Das Gehirn ist bei diesem Thiere von einer starken, wohl bindegewebigen Kapsel umgeben (Fig. 28mb). Diese Kapsel liegt jedoch dem Gehirn nicht dicht an, sondern es bleibt zwischen dem Theile des Gehirns, den man als Punktsubstanz zu bezeichnen pflegt, und der Kapsel ein ziemlich weiter Zwischenraum, der von einer netzförmigen oder schaumigen Füllmasse (bg) eingenommen wird. In dieser Füllmasse liegen die verhältnismäßig wenigen, zum Gehirn gehörigen Ganglienzellen und auch die beiden Augenpaare; Kerne, die zu der Füllmasse als solcher gehören könnten, vermochte ich nicht aufzufinden.

Die Augen von *Tristomum molae* setzen sich, wie die aller bisher betrachteten Plathelminthen, aus einem wahrnehmenden Theile und einem Hilfsapparat zusammen. Letzterer besteht lediglich aus dem sehr flachen Pigmentbecher. Dieser scheint auch hier zelliger Natur zu sein; wenigstens sieht man auf Schnitten einen mattblau gefärbten Zelleib mit gut erkennbaren Grenzen auf der konvexen Seite des Bechers über die Pigmentmasse hervorstehen; auch einen Zellkern glaube ich auf dieser Seite zu sehen, wenn auch dieser Beobachtung die wünschenswerthe Sicherheit abgeht.

Der wahrnehmende Apparat besteht aus einer Zelle (Fig. 29sz). Diese hat eine längliche Gestalt und liegt mit ihrer Längerstreckung in der Richtung der Becherachse; ihr dem Becher zugekehrtes Ende reicht dicht an dessen Innenwand heran. Auf der entgegengesetzten Seite zieht sich die Zelle in einen Nervenfortsatz aus; dieser verläuft bei dem vorderen Auge schräg nach hinten und unten, bei dem hinteren biegt er ziemlich scharf um und zieht, mit jenem vereinigt, zu dem Gehirn, in dessen Punktsubstanz sie beide eindringen.

Der Kern dieser Sehzelle, wie wir sie nennen müssen, ist groß und enthält ein dunkelfärbbares Kernkörperchen. Das Plasma der Zelle ist ausgesprochen fibrillär gebaut. Die Fibrillen liegen ziemlich locker neben einander, so dass diese Art des Aufbaues sehr auffällt; man sieht dabei deutlich an der Stelle, wo der Nervenfortsatz des hinteren Auges gegen das Gehirn umbiegt, die einzelnen Fibrillen diese Biegung machen.

An der Stelle, wo die Zelle dem Pigmentbecher anliegt, zeigt ihr Rand einen schmalen dunklen Saum, der deutlich gegen das hellere Zellplasma sich abhebt. Bei der Untersuchung mit homogener Immersion erkennt man nun, dass dieser Saum eine feine Streifung zeigt, die hier wie bei den Planarien auf eine Zusammensetzung aus

kleinen Stiftchen zurückzuführen ist. Doch den Übergang dieser Stiftchen in die Fibrillen des Plasmas konnte ich hier in Folge der Ungunst der Präparate nicht beobachten.

Ganz ähnlich gebaut sind die *Augen von Tristomum papillosum* (Fig. 30). Auch sie liegen in unmittelbarer Nähe des Gehirns, das hier nicht von einer faserigen Kapsel umgeben ist. Auch bei ihnen ist ein Pigmentbecher vorhanden und eine einzige percipirende Zelle. Der Pigmentbecher ist wiederum sehr flach, wenn auch nicht so sehr wie bei der vorigen Art und lässt Andeutungen seiner Zellnatur erkennen.

Die Sehzelle jedoch zeigt einige Besonderheiten. Ihr Plasma ist ebenfalls deutlich fibrillär, die Fibrillen aber sind viel dichter gelagert, so dass der ganze Zelleib fester aussieht. Was aber das Bezeichnendste ist: die Stiftchenkappe erstreckt sich hier weit über die Zelle hinüber und ist nicht auf deren Berührungsfläche mit dem Pigmentbecher beschränkt. Ja sie ist auch noch obenein in zahlreiche Falten gelegt, so dass auf Längsschnitten durch die Sehzelle der Rand derselben vielfach eingebuchtet erscheint. Diese Faltungen kann ich mir nicht anders erklären, als dass sie der Vergrößerung der Kappenoberfläche und so der Vermehrung der kleinen Stiftchen dienen; wenn, wie ich oben bei der Besprechung der Tricladenaugen wahrscheinlich zu machen suchte, die Stiftchen mit der Lichtwahrnehmung besonders eng verknüpft erscheinen, so würde eine solche Vermehrung der Stiftchen die Lichtempfindlichkeit der Sehzelle erhöhen. Den Übergang der Stiftchen in Fäserchen des Zelleibes konnte ich hier an einzelnen Stellen wahrnehmen.

Diese Schilderungen zeigen, dass wir auch bei den Trematodenaugen genau dieselben Theile wiederfinden, die wir in den Tricladenaugen angetroffen haben, und zwar ähneln jene Augen sehr den Tricladenaugen der einfachsten Art, als deren Typus wir das Auge von *Planaria torva* betrachtet haben. Diese Ähnlichkeit ist so auffällig, dass ich sie hier gar nicht im Einzelnen zu verfolgen brauche.

Die *Augen von Polystomum integerrimum* habe ich an ganz jungen Thieren untersucht, wie man sie in halb- bis anderthalbjährigen Fröschen findet; die Thierchen hatten zum Theil erst zwei, zum Theil drei Paar Saugnäpfe an der hinteren Haftscheibe. Leider sind die Ergebnisse, die ich hier vortragen kann, nur durch Untersuchung frischer Thiere gewonnen; an den Längsschnitten, die ich gefertigt hatte, vermochte ich trotz wiederholten sorgfältigen Durchsehens die Augen nicht aufzufinden, da der Pigmentbecher wegen seiner hellen

Farbe am gefärbten Präparat keinen Anhaltspunkt beim Auffinden dieser Organe gab.

Diese Augen bieten bei der frischen Untersuchung ein seltsam buntes Bild: der Innenraum der braunen Pigmentbecher ist nämlich lebhaft gefärbt; sieht man von oben in den Pigmentbecher hinein, so erblickt man in der Mitte einen schön blauen Fleck, rings umgeben von einem rothen Rande (Fig. 33); sieht man jedoch den Pigmentbecher von der Seite an, so schmiegt sich der rothe Rand der konkaven Grenze des Pigmentbeckers an und die blaue Färbung erfüllt dann den noch übrig bleibenden Becherraum (Fig. 34). Die Vergleichung dieser beiden Bilder ergibt, dass der Pigmentbecher innen zunächst mit einer rothgefärbten Schicht überzogen ist und der noch übrige Hohlraum dann die blau gefärbte Substanz enthält. Nie geht eine der Farben über den Becherrand hinaus.

Bei der seitlichen Ansicht des Pigmentbeckers erkennt man jedoch noch Weiteres: vor der Becheröffnung liegt ein heller ziemlich scharf umgrenzter Hof, das Halbrund des Bechers zur Scheibe, oder körperlich die Halbkugel zur Kugel ergänzend. Von dieser hellen Stelle sieht man bisweilen, ähnlich dem Halse einer Retorte, einen hellen Stiel abgehen; in dem hellen Hofe tritt eine scheibenförmige Stelle (Fig. 31 und 32 *szk*) deutlicher hervor durch eigenartige Lichtbrechung, die sie etwas röthlich erscheinen lässt. Bei Zusatz von Essigsäure hebt sich sowohl die Begrenzung des Hofes als vor Allem die der kleineren Scheibe schärfer von der Umgebung ab, und es erscheinen im Innern der letzteren einzelne hell lichtbrechende Körperchen.

Wie sind diese Thatsachen zu erklären? Nach alledem, was wir von anderen Trematodenaugen und von den Plathelminthenaugen überhaupt wissen, kann die Deutung nicht zweifelhaft sein. Der helle Hof vor dem Pigmentbecher ist der aus dem Becher herausragende Theil der Sehzelle; die kleine helle Scheibe darin, welche bei Essigsäurezusatz Granulationen zeigt, ist der zugehörige Zellkern; der stielartige Fortsatz, den man auf manchen Präparaten sieht, ist der von der Sehzelle zum Gehirn abgehende Nerv. Wir hätten hier also in den Grundzügen den gleichen Bau wie bei den bisher betrachteten Trematodenaugen: ein einfaches Auge, dessen percipirender Theil aus einer Zelle besteht.

Wie aber mit dem rothen Saume, der der inneren Becherwandung sich anschmiegt? Hier weise ich darauf zurück, dass bei den Augen von *Planaria torva* die Stiftchenkappe mit rothem Farbstoff durchtränkt erschien. Könnte nicht dieser rothe Saum bei den Polystomen-

augen etwas Ähnliches bedeuten; zwar konnte ich an ihm auch mit Ölimmersion keine Differenzirung erkennen, die auf das Vorhandensein von Stiftchen hindeutete, weil die braunen Körner des Pigmentbechers die Beobachtung störten; aber wir haben ja bei den beiden anderen Trematoden den gleichen Stiftchensaum wie bei *Planaria torva* gefunden; das macht die Anwesenheit eines solchen bei *Polystomum* nicht unwahrscheinlich.

Noch eine andere Thatsache spricht für unsere Deutung. Die rothe Färbung des Stiftchensaumes bei den Turbellarien fordert geradezu zu einem Vergleich mit der Färbung der Wirbelthierstäbchen durch den Sehpurpur heraus. Meine Versuche, einen Einfluss der Belichtung und Verdunkelung auf die rothe Färbung bei *Planaria torva* nachzuweisen und so diesen Vergleich durch Thatsachen zu stützen, missglückten. Bei *Polystomum* dagegen war eine solche Einwirkung unverkennbar. Brachte man die frisch aus der Harnblase des Fröschchens herauspräparirten durchsichtigen Thierchen unter das Mikroskop, so erschien die rothe (eben so wie die blaue) Farbe sehr voll; im Verlaufe der Untersuchung jedoch verblasste sie mehr und mehr. War dies die Folge der starken Belichtung, oder sollte das allmähliche Absterben des Thieres die Schuld tragen? Um dies zu entscheiden, setzte ich eine Anzahl der Würmer in physiologischer Kochsalzlösung vier Stunden lang der Einwirkung des diffusen Tageslichtes aus. Bei der Untersuchung zeigten sich die Farben (auch das Blau) bedeutend matter, wenn sie auch nicht ganz verblasst waren. Man kann sich nun sehr wohl denken, dass bei dem Aufenthalt in der dunklen Harnblase des Frosches dieser durch Licht zersetzbare rothe Farbstoff sich ansammelt, während bei den dem Lichte öfters ausgesetzten Turbellarien nur ein matter rother Schein vorhanden ist. Diese rothe Kappe, die die Sehzelle, so weit sie im Pigmentbecher steckt, überzieht, würde also vielleicht einer Stiftchenkappe zu vergleichen sein. — Wie die blaue Farbe zu erklären ist, weiß ich nicht.

Wenn unsere Deutung richtig ist, so würde auch das Auge von *Polystomum integerrimum* sich den einfachsten Turbellarien-Augen, wie sie in der Gruppe von *Planaria torva* sich finden, vollkommen zuordnen lassen.

Die Augen der Trematoden sind bisher von den Forschern sehr wenig beachtet worden. ZELLER (41, 42) beschreibt die Augen von *Polystomum integerrimum* und bildet in seiner zweiten Arbeit eines ab; er schildert sie als »dickwandige, bräunlich gefärbte Schälchen, deren Höhlung schön hellblau erscheint mit rüthlichem Schimmer«. Eine Linse, die er bei der ersten Untersuchung nicht finden konnte, erwähnt er in der zweiten Arbeit: »sie liegt als

ein helles, sehr kleines Kügelchen auf dem Grunde der Höhlung«. Es ist von vorn herein unwahrscheinlich, dass dieser gewissenhafte Beobachter etwas beschrieb, was gar nicht vorhanden ist. In der Tiefe des Pigmentbechers konnte ich jedoch bei Betrachtung von der Seite kein helles Kügelchen wahrnehmen; auf der Abbildung, die ZELLER giebt, ist aber das Auge in der Ansicht von der Becheröffnung her gezeichnet; der helle Fleck, der als Linse eingetragen ist, würde nach Lage und Größe dem Zellkern entsprechen, nur dass dieser vor der Becheröffnung und nicht in der Tiefe der Höhlung gelegen ist. — LANG (26 II) hat das Auge von *Tristomum molae* untersucht und findet es aus vier Bestandtheilen zusammengesetzt: 1) aus einer schüssel- oder becherförmigen Pigmentanhäufung, die 2) einen kugeligen oder ovalen lichtbrechenden Körper umschließt, im Inneren mit Andeutungen von Stäbchen und Kernen; an diesen schließt sich 3) eine typische Ganglienzelle als Retina; dazu 4) Augenmuskeln, Bündel dorsoventraler Muskelfasern, die wohl das Zucken der Augen bewirken. Der unter 2) angeführte lichtbrechende Körper, mit Andeutungen von Stäbchen und Kernen, entspricht offenbar unserer Sehzelle; dagegen hat die Ganglienzelle (3) mit dem Auge nichts zu thun, sondern ist eine der zum Gehirn gehörenden Ganglienzellen, die in der Umgebung der Augen liegen. Was die Muskeln anbetrifft, so stimme ich der Auffassung GOTO's (13) bei, »dass sie morphologisch den Namen Augenmuskeln nicht verdienen, wenn sie auch physiologisch großen Antheil an der Bewegung der Augen haben«. — HASWELL (19) findet bei *Temnocephala* im Pigmentbecher auch einen stark lichtbrechenden rundlichen Körper, den er als Linse auffasst; derselbe ist undeutlich fibrillär gebaut und enthält nahe der Becheröffnung einen Kern, gegen die Basis zu zeigt er Spuren einer Theilung in besondere Segmente; vor der Becheröffnung und der Linse liegen zwei Ganglienzellen, die von denen des Gehirns nicht verschieden sind. Offenbar haben wir auch hier in der »Linse« mit dem Kern und den Theilungen am Grunde die Sehzelle des Auges zu erkennen, wobei die angegebenen Theilungen vielleicht als Stifchensaum oder wohl eher als Faltungen, wie sie bei *Tristomum papillosum* vorkommen, zu deuten sind; die Ganglienzellen haben mit dem Auge kaum etwas zu thun. Ferner findet HASWELL eine kugelige Zelle mit Kern, nahezu vom gleichen Durchmesser wie der im Pigmentbecher steckende Körper, völlig eingeschlossen in die Pigmentmasse des Bechers (vgl. die nebenstehende Wiedergabe von HASWELL's Fig. 13, Taf. XXI); er giebt keine Deutung dafür. Vielleicht dürfte dieses Gebilde ein zweites Auge vorstellen, das jenem ersten dicht anliegt, aber anders gerichtet ist und somit quer getroffen wird, wenn man jenes der Länge nach schneidet. Diese Deutung ist um so einleuchtender, als HASWELL für *Temnocephala* nur ein Augenpaar angiebt, während sonst die monogenetischen Trematoden deren zwei haben; die zwei Augenpaare wären also bei *Temnocephala* nur dicht an einander gerückt. — GOTO (13) findet das vordere und hintere Auge verschieden zusammengesetzt; bei jenem ist die Linse ein ellipsoider Körper, der in einer Pigmentkappe steckt; unmittelbar vor ihr liegt eine ziemlich große Ganglienzelle, deren Fortsatz nahe an der Linse vorbei geht. Im hinteren Auge ist die Stelle der Linse von einer großen multipolaren Ganglienzelle mit einem großen kugeligen Kerne eingenommen, die ebenfalls in einem Pigmentbecher steckt. Dieser letzte Fall stimmt offenbar zu dem, was ich bei den mir vorliegenden Objekten beobachtet habe; dagegen bin ich misstrauisch gegen die Angabe,



Textfig. 2.

das vordere und hintere Auge seien verschieden gebaut; wahrscheinlich stützt sich Goro's Schilderung auf einen Schnitt, der das vordere Auge nicht in seiner Längsachse trifft und so den kernhaltigen Theil der Sehzelle vom Pigmentbecher trennt. Was seine physiologische Deutung als Temperatur-Sinnesorgane betrifft, so verliere ich darüber kein Wort.

Sehr seltsam ist es, wie immer die Auffassung wiederkehrt, dass der vom Pigmentbecher umgebene Theil des Auges die Linse sei, und dass man die wahrnehmenden Theile in Ganglienzellen zu sehen habe, die vor dieser Linse liegen. Wie soll man sich die Funktion einer Linse denken, zu der das Licht erst gelangt, wenn es die percipirenden Elemente schon getroffen hat!

V. Die Augen der Nemertinen.

Zur Untersuchung des Baues der Nemertinenaugen lagen mir nur zwei Arten vor: *Eupolia delineata* Hubr. und *Drepanophorus spectabilis* Qtrf.; zur Konservirung war 70procentiger Alkohol angewendet. Ich erhielt dies Material von der Zoologischen Station zu Neapel. Die Auswahl der Arten ist in so fern eine günstige, als die eine der Unterordnung der Anopla zugehört, die andere zu den Enopla zählt, oder, wenn ich mich auf BÜRGER's Eintheilung beziehe, die eine zu den Heteronemertinen, die andere zu den Metanemertinen gehört.

Bei beiden Arten sind die Augen in großer Anzahl vorhanden und liegen in zwei Reihen zu den Seiten des Kopfes vor dem Gehirn. Sie unterscheiden sich jedoch schon äußerlich sehr durch ihre Größenverhältnisse: die Augen von *Eupolia* sind recht klein, während die von *Drepanophorus* sich durch beträchtliche Größe auszeichnen. Die genauere Untersuchung ergibt aber, dass sie noch durch viel wichtigere und bedeutende Unterschiede von einander abweichen.

Die Augen von *Eupolia delineata* (Fig. 34—36) sind einfacher gebaut; ich werde sie desshalb zuerst abhandeln. Sie bestehen wie alle bisher betrachteten Augen aus dem wahrnehmenden Theile und dem nur durch den Pigmentbecher vertretenen Hilfsapparat.

Der Pigmentbecher ist etwa halbkugelig und besteht aus zahlreichen kleinen Zellen; in diesen ist an der der Becherhöhlung zugekehrten Seite ein feinkörniges braunes Pigment abgelagert, die äußere pigmentlose Seite enthält den Kern.

Von dem wahrnehmenden Theile des Auges erkennt man zunächst eine Kappe von Zellen (Fig 34sz), die in einschichtiger epithelialer Anordnung dicht neben einander stehen; die Kappe sitzt der Mündung des Pigmentbeckers so auf, dass sie ihn zur vollen Kugel ergänzt. Ich bezeichne diese Zellen als Sehzellen. Sie sind, wie alle Zellen unserer Thiere, klein und besitzen einen dunkel

färbbaren Kern. An der dem Becher abgewandten Seite ziehen sie sich in Fäden aus, die als Nervenfasern zusammen den Sehnerven des Auges bilden. Schwieriger zu erkennen ist das sonstige Verhalten der Zellen. Wichtig ist, dass man nicht selten beobachten kann, wie sie auch in das Innere des Pigmentbechers einen Fortsatz schicken, der sich jedoch niemals weit verfolgen lässt; in der Mehrzahl der Fälle aber ist dieser Fortsatz ganz abgerissen. Das Innere des Pigmentbechers ist meist mit einer gleichmäßig granulirten Masse erfüllt, die keine Differenzirung erkennen lässt. An einigen günstigen Stellen (Fig. 35 *st*) erkannte ich jedoch anstatt dessen im Pigmentbecher deutlich schmale stabförmige Bildungen, die in ihrer ganzen Länge gleich breit sind und eine deutliche fibrilläre Streifung zeigen; sie laufen, einander etwa parallel, in der Richtung der Becherachse, gegen den Boden des Bechers ein wenig konvergierend; ihre inneren Enden werden hier undeutlich. Zwar sah ich an den Präparaten, die dies zeigten, nie einen Zusammenhang dieser Gebilde mit den Sehzellen; doch stimmte ihre Zahl etwa überein mit der Zahl der Sehzellen auf dem gleichen Schnitte (Fig. 35). Ich glaube annehmen zu dürfen, dass sie wahre Stäbchen sind und dass zu jeder Sehzelle ein solches Stäbchen gehört.

Bei dieser Annahme stütze ich mich einmal auf die angeführte Übereinstimmung in der Zahl zwischen Sehzellen und Stäbchen, und auf die Thatsache, dass ich an anderen Schnitten von den Sehzellen bisweilen Fortsätze in den Pigmentbecher hineinragen sah. Weiter aber bestärken mich in dieser Vermuthung die Erfahrungen, die ich bei der Untersuchung der Polycladenaugen gemacht habe. Bei den Augen von *Thysanozoon* und *Discocelis* fand ich dort den Inhalt des Pigmentbechers meist ebenfalls zu einer granulirten Masse geronnen und nur an einzelnen Augen konnte ich die Zusammensetzung desselben aus einzelnen Stäbchen erkennen; aber auch da fanden sich dieselben von den Sehzellen losgerissen; den Zusammenhang zwischen beiden musste ich nur durch den Vergleich mit *Leptoplana* erschließen.

Gehören also die Stäbchen, aus denen der Pigmentbecherinhalt sich zusammensetzt, wirklich zu den Sehzellen, so ergibt sich ein Bau des Eupolia-Auges, wie ich ihn in dem Schema Fig. 36 darzustellen versucht habe: Die epithelartig neben einander stehenden Sehzellen bilden eine gewölbte Kuppel und senden jede nach außen einen Nervenfaden, der sie mit dem Gehirne verbindet, nach innen, in den Pigmentbecher hinein, ein fibrilläres Stäbchen, das wahrscheinlich der eigentlich lichtempfindliche Theil ist. Somit stimmte dieses Auge fast ganz mit den Augen der Polycladen im Bau überein. Ein Unterschied besteht hauptsächlich darin, dass hier die Sehzellen in einer

gewölbten Kuppel und nicht wie dort in einer Ebene stehen. Dass der Pigmentbecher bei *Eupolia* nicht einzellig ist, wie bei den *Polycladen*, obgleich er den entsprechenden Bildungen bei diesen an Größe nachsteht, hat seinen Grund offenbar darin, dass bei den *Nemertinen* überhaupt die Zellen kleiner und zahlreicher sind als bei jenen.

Maße: Durchmesser der Becheröffnung 30μ ; Tiefe des Bechers 20μ ; Dicke der Becherwandung $6-7 \mu$; Größe der Kerne der Sehzellen $2,7 \times 4 \mu$.

Ungleich verwickelter ist die Zusammensetzung der *Augen von Drepanophorus spectabilis* (Fig. 37—41). Der Pigmentbecher ist in Form und Aufbau dem von *Eupolia* ähnlich, nur bedeutend größer und verhältnismäßig tiefer.

Der wahrnehmende Apparat des Auges (Fig. 37) zeigt jedoch einen ganz anderen Bau als bei *Eupolia*. Sein außerhalb des Pigmentbechers gelegener Theil ergänzt diesen zur völligen Eiform; er ist nach außen mit einer anscheinend bindegewebigen Haut (*amb*) überzogen, wie wir es ähnlich bei *Rhynchodemus terrestris* fanden. Die Bestandtheile des wahrnehmenden Theiles sind von zweierlei Art. Auf Schnitten, die die Augenachse in ihrer Längserstreckung treffen, sehen wir im Bechergrunde ein Bündel dünner Fasern, die der Achse parallel gehen und mit ihren inneren Enden bis an die Becherwand heranreichen. Ihr unterstes Ende scheint ein wenig verdickt zu sein. Diese Fasern nehmen bei Eisenhämatoxylinfärbung eine sehr dunkle Farbe an, so dass man ihren Verlauf leicht verfolgen kann. Gegen die Becheröffnung weichen sie mehr aus einander und verbreitern sich an einer Stelle: hier enthalten sie einen schlanken fast spindelförmigen Kern, der sich ebenfalls sehr dunkel färbt. Jenseits des Kernes nehmen sie wieder ihre frühere Fasergestalt an und treten so aus dem Becher heraus. Wahrscheinlich gehen die Fortsetzungen dieser Fasern in den Sehnerven ein, den man auf horizontalen Längsschnitten durch das Thier in den vorderen hellen Theil des Auges am Becherrande eintreten sieht.

Das Vorhandensein eines Kernes in diesen Gebilden macht es unzweifelhaft, dass sie Zellenwerth haben. Ich trage kein Bedenken, sie für Sehzellen anzusehen und nenne sie zum Unterschied von den gleich zu beschreibenden anderen Zellen dieser Art faserförmige Sehzellen.

Auf zahlreichen Schnitten fand ich eine Erscheinung, deren Deutung mir Schwierigkeiten macht. Das mittlere Bündel der faserförmigen Sehzellen wird nahe seinem Ende durch einen dunklen Strich gekreuzt (Fig. 39), der bisweilen noch nach beiden Seiten hin Fortsetzungen zeigt. Es macht den Eindruck,

als sei das Bündel von einem Faden umschürt; doch kann ich auch mit den stärksten Vergrößerungen keinen Anhalt für eine einleuchtende Erklärung dieses Bildes finden.

Außer diesen Sehzellen finden sich im Pigmentbecher und dem vor ihm liegenden Raume des Auges noch andere Zellgebilde, deren Kerne mehr rund oder eiförmig sind und die an Zahl die vorigen bei Weitem übertreffen (Fig. 38 *ksz*). Die Kerne dieser Zellen sind umgeben von einer faserigen Plasmamasse, und nach zwei Seiten zieht sich der Zellkörper in Fortsätze aus. Nach dem vorderen Theile des Auges hin verdünnt sich die Zelle zu einem mattgefärbten Faden, einer Nervenfasern, die in den Augennerven eingeht. Nach dem Bechergrunde zu erstreckt sich dagegen ein etwas breiterer Fortsatz von fibrillärem Bau, der Anfangs meist der Augennachse parallel läuft, dann aber früher oder später gegen die Becherwand zu im Bogen umwendet und in einiger Entfernung von dieser letzteren trichterartig zu einem Kolben anschwillt; der der Wandung zugekehrte Saum dieses Kolbens ist durch dunklere Färbung besonders gekennzeichnet. Den Raum zwischen diesem verbreiterten Ende und der Becherwand nimmt eine helle Masse ein, die senkrecht zu der Becherwandung eine deutliche Streifung zeigt; diese Streifen divergiren meist nach außen ein wenig. Man bekommt durch dies Bild den Eindruck, dass es sich hier um ein Bündel von Fasern handelt, die gegen die Becherwand zu etwas aus einander weichen. Das verbreiterte Ende der Zelle mit diesem Faserbüschel sieht einem großen Weißerpinsel nicht unähnlich, an den sich die übrigen beschriebenen Theile wie ein gebogener Stiel ansetzen würden. Diese Faserbündel sind am kürzesten im Grunde des Bechers und nehmen gegen die Ränder hin an Höhe zu.

Untersucht man die zuletzt geschilderten Bildungen mit stärksten Vergrößerungen (ZEISS, Apochromat hom. Imm. 2,0 mm), so erkennt man folgende Einzelheiten (Fig. 40): die Fasern des pinselartigen Endes (*sti''*) treten bis dicht an den Kolben heran und scheinen in denselben einzutreten. Am Rande des Kolbens sieht man eine dunkle Linie, die aus lauter einzelnen Pünktchen besteht; die Zwischenräume zwischen diesen Pünktchen entsprechen den einzelnen Fäserchen — es erinnert das an eine ähnliche Erscheinung, die ich bei den Epidermiszellen der Tricladen gesehen und in den Figg. 1 und 16 abgebildet habe. Der am Rande des Kolbens gelegene dunkle Saum (*sti'*) erscheint dicht quergestreift, wie wir das am Stiftchensaum der Sehkolben bei den Tricladen kennen lernten; er ist ebenfalls aus einer Art Stiftchen zusammengesetzt, die den Fäserchen des pinsel-

förmigen Theiles möglicherweise der Zahl nach entsprechen und dann als deren Fortsetzung ins Innere des Kolbens anzusehen wären. Genauerer kann ich jedoch nicht hierüber angeben. An einzelnen Stellen schien es mir, als ob die inneren »Stiftchen« sich in feine Fäserchen fortsetzten, die dann in das fibrilläre Plasma des Kolbens eingehen. Ich will die Fasern des pinselartigen Anhangs als äußere Stiftchen, die im Kolben liegenden Stiftchen als innere bezeichnen. Man kann diese Beobachtungen natürlich nur an Kolben machen, die median geschnitten sind; seitliche oder schiefe Schnitte eignen sich nicht dazu.

Es ist mir nicht zweifelhaft, dass wir in den beschriebenen Bildungen ebenfalls Sehzellen vor uns haben, die in einer eigenartigen Weise ausgebildet sind: Von dem kernhaltigen schmalen Zellkörper geht nach außen der Nervenfaden ab, der zum Gehirn führt; nach innen geht ein dickerer Fortsatz, der an seinem Ende kolbig anschwillt und den Besatz der inneren und äußeren Stiftchen trägt. In letzteren dürfte man wohl den eigentlich lichtempfindlichen Bestandtheil sehen; sie wären also mit dem Stiftchenbesatz der Tricladen und den Stäbchen der Polycladen (und wohl auch von Eupolia) vergleichbar. Zum Unterschied von den faserförmigen Sehzellen will ich diese als kolbige Sehzellen bezeichnen.

Der ganze wahrnehmende Theil des Auges lässt sich nach seiner Anordnung mit einem Blumenstrauß vergleichen, in dessen Mitte eine Anzahl Grashalme (den faserförmigen Sehzellen entsprechend) eingebunden sind, rings umgeben von Blumen, die ihre Köpfe nach außen wenden (den kolbigen Sehzellen entsprechend); der Stiel des Straußes würde dem Sehnerven zu vergleichen sein; der Pigmentbecher sitzt dem wahrnehmenden Theil auf wie eine über den Strauß gestülpte dunkle Kappe. Um eine genauere Vorstellung von dem Aufbau des Auges zu geben, habe ich ein Schema desselben entworfen (Fig. 41), auf das ich verweise.

Maße: Durchmesser der Pigmentbecheröffnung 57μ ; Tiefe des Bechers $60-65 \mu$; Dicke der Becherwandung 8μ ; Breite der proximalen Verdickung einer kolbigen Sehzelle $7-8 \mu$; Kerne der kolbigen Sehzellen $2,7 \times 4 \mu$; Kerne der faserigen Sehzellen $2 \times 6,5 \mu$.

Das Vorhandensein von zweierlei verschiedenen Grundbestandtheilen im wahrnehmenden Theile des Auges hat durchaus nichts Befremdendes. Wir finden ja das Gleiche durchweg im Wirbelthierauge, wenn auch dort keine solche örtliche Sonderung vorhanden ist. Wir finden aber auch eine solche örtliche Sonderung zweier verschieden gebildeter Elemente in dem inneren Vorderauge von *Salticus*: GRENACHER'S schöne Zeichnung dieses Organs (Sehorgan der Arthropoden, Taf. IV, Fig. 28) zeigt uns deutlich, dass ein inneres

Bündel von Zellen mit langgestreckten schlanken Stäbchen umgeben ist von anderen Zellen, deren Stäbchen auffallend kürzer und dicker sind. Welche Bedeutung freilich die Verschiedenheit dieser Gebilde hat, entzieht sich meiner Beurtheilung.

Für die faserförmigen Sehzellen haben wir im Plathelminthenauge noch keine Vergleichsstücke; dagegen lassen sich die kolbigen Sehzellen wohl den Sehzellen von *Euplanaria gonocephala* an die Seite stellen; wir haben ja auch schon ihre äußeren und inneren Stiftchen zusammen den Stiftchen der Planarien verglichen.

Für die ganze Auffassung des Drepanophorusauges ist der Befund am wichtigsten, dass auch hier Sehzellen vorhanden sind, deren proximale Enden im Pigmentbecher stecken und Einrichtungen tragen, die der Lichtempfindung dienen, während auf der distalen Seite die Sehzellen in Nervenfasern ausgehen, die zum Gehirn führen. Dies ist der gemeinsame Grundzug, den wir bisher in allen Plathelminthenaugen gefunden haben und somit auch der Vergleichspunkt, durch den sich die Augen von Drepanophorus denen der übrigen Plathelminthen anschließen lassen.

In welcher Beziehung die Augen von Drepanophorus zu denen von *Eupolia* stehen, darüber kann man aus den angeführten That-sachen wenig schließen. Die Grundzüge des Baues sind bei beiden die gleichen; im Einzelnen aber sind die Verschiedenheiten so große, dass eine Zurückführung der einen auf die anderen ein Phantasiestück bleiben muss, so lange sich nicht bei anderen Nemertinen vermittelnde Zwischenformen finden lassen. Nach solchen zu suchen führt mich aber zu weit ab. Das Eine ist zweifellos, dass das Auge von *Eupolia* — die Richtigkeit meiner Beschreibung vorausgesetzt — die ursprünglichere, das von Drepanophorus die abgeleitete Form darstellt.

Die wenigen Forscher, die sich mit der Untersuchung der Nemertinenaugen beschäftigt haben, behandeln fast nur die großen Augen von Drepanophorus. Sie weichen in ihrer Darstellung dieser Organe sehr von einander und von meiner Darstellung ab, stimmen aber doch wieder, jeder in einem anderen Punkte, mit einzelnen Theilen meiner Befunde überein, so dass die Vergleichung ihrer Schilderungen unter sich und mit der meinigen mir eine werthvolle Gewähr für die Richtigkeit meiner Ergebnisse liefert. Der Erste, der die Augen von Drepanophorus eingehender untersuchte, war HUBRECHT (21). Den vorderen hellen, über den Pigmentbecher hinausragenden Theil des Auges hält er für einen dioptrischen Apparat, eine »Linse«. An der Innenseite des Pigmentbechers erkennt er eine senkrecht zur Becherwand gestreifte Schicht, unsere äußeren Stiftchen, und deutet die Streifung dahin, dass diese Schicht aus Stäbchen zusammengesetzt sei. Die zwischen dieser Stäbchenschicht und der »Linse« gelegenen Zellen vergleicht er einem Glaskörper. Obwohl er nun in

seiner Zeichnung (Taf. IV, Fig. 42) richtig die Abtheilungen andeutet, in die die »Stäbchenschicht« gemäß ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Sehzellen zerfällt, kommt er doch nicht zu der Einsicht, dass die »Stäbchen« zu den Zellen gehören, die er als Glaskörper deutet. Er wird offenbar auf diese falsche Bahn gelenkt durch die Voraussetzung, dass der Augennerv von außen an den Boden des Pigmentbeckers herantritt, eine Ansicht, die wiederum mit der Annahme einer »Linse« vor der Becheröffnung zusammenhängt, jedoch durch keine thatsächliche Beobachtung gestützt sein kann. — Später beschreibt JOUBIN (23) die Augen mehrerer Nemertinen: *Polia curta*, *Poliopsis Lacazei* und *Drepanophorus rubrostriatus* (= *spectabilis*). Gehen wir von seiner Schilderung des letzteren aus. Wie HUBRECHT lässt er den Nerven vom Grunde des Pigmentbeckers her in das Auge eintreten, und zwar durch ein Loch in der Becherwandung; er verfolgt dann den starken Nervenstrang in der Augenhaxe bis fast an die vordere Begrenzung (»Cornea«) des Auges; dort weichen die Nervenfasern aus einander, biegen um und ziehen in den unteren Theil des Auges, den Pigmentbecher, zurück. Dieser ist ausgekleidet mit großen Zellen, die der Becherwand anliegen und deren Kern ganz nach innen zu gelegen ist. Bei diesen Zellen angelangt, verdicken sich die einzelnen Nervenfasern zu einer kernartigen Anschwellung und verästeln sich dann baumförmig zwischen den Zellen; diese Verästelungen giebt JOUBIN sehr schön in einer Zeichnung wieder. Wie stimmt das zu unseren Befunden? Dass an die Außenseite der hinteren Becherwand kein Nerv herantritt, habe ich schon erwähnt; eben so wenig aber hat die Wandung hier ein Loch, durch das der Nerv hindurchtreten könnte. Das axiale Nervenbündel JOUBIN's ist offenbar nichts Anderes, als das Bündel der faserförmigen Sehzellen; diese hielt er für den Augennerven und postulierte wohl Loch und äußere Fortsetzung hinzu. Die Zellen, welche den Pigmentbecher innen auskleiden, sind offenbar die einzelnen, sehr deutlich abgegrenzten Abschnitte der äußeren Stäbchen; die Kerne dieser Zellen, die ja nach innen zu liegen sollen, können nichts Anderes sein als der dunkle Saum am Ende meiner kolbigen Sehzellen, der bei seitlichen und schrägen Schnitten nicht als Saum erscheint, sondern rundliche oder eiförmige Umrisse zeigt. Die ganzen übrigen Deutungen sind wohl nur eine Folge der ersten Annahme, dass das Bündel der faserförmigen Sehzellen Augennerv sei und als solcher vom Grunde des Pigmentbeckers her in das Auge eintrete. — Das Auge von *Polia* (*Eupolia*) *curta* schildert JOUBIN ganz ähnlich wie das von *Drepanophorus*; ich konnte bei meinen Untersuchungen an der nahe verwandten *Eupolia delineata* von den von ihm geschilderten Verhältnissen nichts entdecken und bin sehr geneigt anzunehmen, dass JOUBIN bei diesen Untersuchungen, deren Schwierigkeit er stark betont, durch seine Befunde am *Drepanophorus*-Auge sehr beeinflusst wurde. — Etwa gleichzeitig mit JOUBIN giebt BÜRGER (6) eine Beschreibung der Augen von *Drepanophorus*. Er ist der Erste, welcher erkennt, dass der Nerv von der Seite der Pigmentbecheröffnung an das Auge herantritt; das bedeutet einen großen Fortschritt. Im Pigmentbecher beschreibt er eine Schicht stäbchenförmiger hyaliner Gebilde, die er »Stäbchen« nennt; sie sitzen mit einem Ende der Becherwand an, dem anderen Ende ist ein kurzer Kegel (»Krystallkegel«) aufgesetzt. An den Kegel setzt sich ein Faserstrang an, der in der Kuppel (vor dem Pigmentbecher) zu einem zellartigen Gebilde mit Kern (»Ganglienzelle«) anschwillt; zwischen Kegel und Ganglienzelle liegt im Faserstrang ein feiner Kern. Was hier BÜRGER als »Stäbchen« bezeichnet, sind nicht die gleichen Gebilde, die HUBRECHT eben so nennt

nicht meine »äußeren Stiftchen«, sondern es sind die Bündel dieser Stiftchen, die je zu einer kolbigen Sehzelle gehören; den Zerfall dieser Gebilde in Stiftchen zeigten ihm seine Präparate nicht. Die Fortsetzung der »Krystallkegel« in einen Strang erkannte er richtig; doch die kernhaltige Anschwellung zwischen Kegel und Ganglienzelle kann ich nicht zugeben und muss mich da auf meine genau nach dem Präparat gezeichnete Fig. 38 berufen; BÜRGER's Abbildung (Taf. VI, Fig. 111) kann nichts beweisen, da sie offenbar schematisch ist. Ich vermuthete, dass BÜRGER hier die Kerne unserer faserförmigen Sehzellen gesehen und an eine falsche Stelle versetzt hat. Mit BÜRGER's Vorstellung von dem physiologischen Ineinandergreifen der vorhandenen Theile stimmt die meinige ganz überein. Später ändert BÜRGER (7) seine Auffassung der Theile des Auges in einem Punkte: er glaubt sich von dem Vorhandensein der Kerne überzeugen zu können, die JOUBIN in den die Becherwand auskleidenden »Zellen« gesehen hat und die er selbst früher wegen ihres starken Lichtbrechungsvermögens für Krystallkegel hielt. Gerade diese Selbstverbesserung hat mich veranlasst, auf den angeblichen Kern der »Stäbchenzellen« ganz besonders meine Aufmerksamkeit zu richten; die genaue, in Fig. 40 gegebene Darstellung überhebt mich weiteren Auseinandersetzungen. Wie sich die Verwechslung des dunkel gefärbten Kolbensaums mit einem Kerne erklären lässt, habe ich schon bei der Besprechung von JOUBIN's Arbeit aus einander gesetzt.

Schluss.

Die vorstehenden Untersuchungen umfassen Beispiele aus allen Ordnungen der Plathelminthen, bei denen das Vorhandensein von Augen bekannt ist. Sie haben gezeigt, wie überaus mannigfaltig die Gestaltung dieser Organe nicht nur in diesem ganzen Thierkreis, sondern auch in einzelnen Ordnungen desselben, ja selbst innerhalb noch engerer systematischer Verbände ist. Das Auge einer *Planaria torva* ist von dem der Euplanarien fast eben so sehr verschieden wie von den Polycladen- und Nemertinenaugen, und steht auf der anderen Seite dem der Rhabdocoelen und Trematoden weit näher als jenen.

Bei den einzelnen Abschnitten haben wir schon wiederholt Vergleichen zwischen den verschiedenen Augenformen angestellt und dabei meist die Augen von *Planaria torva* zur Grundlage genommen. Der Grund dafür ist lediglich der, dass diese Augen unter den einfachsten Plathelminthenaugen von uns am eingehendsten untersucht sind; es soll aber durchaus nicht gesagt werden, dass gerade sie den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Plathelminthenauges bildeten.

Es hat sich dabei als das Gemeinsame ergeben, dass überall das Auge zusammengesetzt ist aus Sinneszellen, die mit einem Theile ihres Umfanges in einem Pigmentbecher stecken; sie sind an diesem Theile mit besonderen Ein-

richtungen ausgestattet, die wahrscheinlich dazu dienen, sie für die Lichtempfindung zu befähigen und deren Besitz sie zu specifischen Lichtsinneszellen stempelt. Diese Einrichtungen bestehen entweder darin, dass das dem Becher zugekehrte Zellende mit feinen, meist dunkelfärbaren Stiften besetzt ist, deren jedes sich in eine Fibrille des Zellplasmas fortsetzt; eine besondere Differenzirung erfahren diese Stiften bei Drepanophorus unter den Nemertinen, wo sie sich, wie mir scheint, über den Zellrand als feine Plasmafasern fortsetzen und so einen pinselartigen Aufsatz am Ende der Sehzelle erzeugen; oder aber es sind die Zellen in einen fibrillären stabförmigen Fortsatz ausgezogen, den man im Vergleich mit den entsprechenden Theilen der Sehzellen bei den Wirbelthieren als »Sehstäbchen« bezeichnen kann.

Diese Sinneszellen sind, im Verhältnis zu dem als Blendung dienenden Pigmentbecher, stets so angeordnet, dass die lichtwahrnehmenden Enden dem einfallenden Lichtstrahl abgekehrt sind, dass also der letztere zunächst den Zellkörper dieser Zellen passiren muss, ehe er durch Einwirkung auf jene modificirten Enden zur Wahrnehmung gelangt.

Diese durchgehende Bergung der Stiftenkappen und Stäbchen in dem Pigmentbecher — Ausnahmen bilden nur Rhynchodemus terrestris und Tristomum papillosum — während die kernhaltigen Zellkörper fast überall der allseitigen Belichtung ausgesetzt sind, deutet offenbar darauf hin, dass das Licht nur dann von den Sinneszellen wahrgenommen wird, wenn es jene specifisch umgeänderten Theile derselben trifft, nicht aber, wenn es auf andere Theile des Zellkörpers fällt.

Für die Lichtwahrnehmung nicht ohne Bedeutung scheint auch die rothe Färbung, die die wahrnehmenden Theile im frischen Zustande zeigen; leider erstrecken sich meine Untersuchungen hierüber noch auf zu wenige Fälle, als dass ich schon allgemeinere Angaben machen könnte.

Die Elementartheile des Sehorgans, wie sie bei den Plathelminthen vorhanden sind, gleichen im Allgemeinen ganz denen, die sich in den Augen anderer Thiere finden: primäre Sinneszellen mit Einrichtungen, die sie zur Lichtwahrnehmung befähigen; so bei den höheren Würmern, den Arthropoden, Mollusken und Vertebraten. Jedoch nur bei niedriger organisirten Augen gehen die Nervenfortsätze dieser Zellen direkt zum Gehirn: außer bei den Plathelminthen noch bei den Egeln, Lumbriciden, den verschiedenen mit Augen versehenen Polychäten, bei den niedersten Krustern sowie bei den Stemmata

vieler höherer Arthropoden. Wo wir höher organisirte Augen treffen, wie bei den Mollusken, den meisten Arthropoden und den Wirbelthieren, findet sich für jedes Auge ein besonderes Centralorgan (Ganglion opticum), das mit der Retina meist in enger anatomischer Verbindung steht und in dem die von den Sehzellen aufgenommenen Lichteindrücke wohl erst bis zu einem gewissen Grade verarbeitet werden, ehe sie zum Gehirne geleitet werden.

Die Unterschiede zwischen den Plathelminthenaugen werden, wie ich das für die Tricladen oben schon aus einander setzen konnte, einerseits bedingt durch die Vermehrung der Sinneszellen, die ein Auge zusammensetzen, und andererseits durch geringere oder größere Modifikationen in der Form der Zellen, die jedoch häufig gerade durch jene Vermehrung derselben veranlasst werden (vgl. oben p. 537).

Die verbreitetste Augenform ist unbedingt diejenige vom Torva-Typus: eine oder wenige Sehzellen stecken mit ihren Enden in einem Pigmentbecher und tragen auf dem so geborgenen Ende einen Stiftchenbesatz. Wir finden diese Form bei den um *Planaria torva* gruppirten Tricladen, bei den Rhabdocölen und den Trematoden. Da sie eine so weite Verbreitung zeigt und bei Gruppen vorkommt, denen man eine gewisse Ursprünglichkeit der Organisation zuerkennen muss, und da sie ferner auch unstreitig den einfachsten Bau unter den verschiedenen Augenformen aufweist, so darf man wohl annehmen, dass der Ausgangspunkt der Plathelminthenaugen ein Organ war, das dieser Augenform nahe stand.

Von hier aus haben sich nun die verschiedenen Augentypen nicht in der Weise entwickelt, dass man eine fortlaufende Reihe vom einfacheren zum zusammengesetzteren aufstellen könnte; vielmehr gehen von dieser Stammform mehrere Zweige aus, die sich ihrerseits wieder verästeln. Dabei können freilich wohl in verschiedenen Entwicklungsreihen ähnliche Glieder auftreten: so gleicht das Auge von *Eupolia* dem von *Leptoplana* in vielen Stücken; trotzdem müssen wir wegen der sonstigen Verschiedenheiten der zwei Thiergruppen, denen diese Thiere zugehören, annehmen, dass diese Organe von Anfang an getrennt aus der einfachen Grundform hervorgegangen sind.

Am leichtesten ist es ja bei den Tricladen, wahrscheinlich zu machen, dass die complicirteren Augen von *Dendrocoelum* und *Euplanaria* aus dem einfachen Torva-Auge hervorgegangen sind. Wenn die nahe Verwandtschaft dieser drei Gattungen einen solchen Zusammenhang von vorn herein vermuthen lässt, so erhebt die große Übereinstimmung, die sich, bei allen Verschiedenheiten, im Bau der Augen hier findet, diese Annahme nahezu zur Gewissheit.

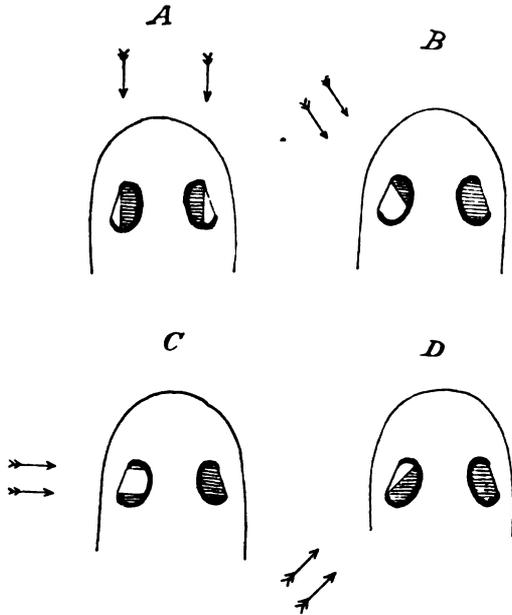
Wenn man nicht etwa behaupten will, dass die verschiedenen Augenformen, denen wir bei den Plathelminthen begegnen, sich unabhängig von einander entwickelt haben — was bei der steten Wiederkehr der gleichen Grundzüge in all diesen Augen unwahrscheinlich ist — und wenn man zugiebt, dass die Augen der Rhabdocölen und der Torva-Gruppe, — die jene gemeinsamen Grundzüge in der denkbar einfachsten Weise verkörpern — dem Ausgangspunkte dieser Entwicklung am nächsten stehen, so muss man unbedingt auch die Folgerung zugeben, dass der ganze Gang der Stammesentwicklung bei den Plathelminthen nicht die entgegengesetzte Richtung genommen haben kann, als der Gang der Augenentwicklung. Unmöglich kann nun das Auge von *Planaria torva*, oder das eines Rhabdocölen sich aus so complicirten Bildungen entwickelt haben, wie sie sich bei den Polycladen finden. Das veranlasst mich Stellung zu nehmen gegen die LANG'sche Hypothese, dass die tricladien und rhabdocölen Turbellarien von den Polycladen abzuleiten seien, und ich stimme mehr mit VON GRAFF überein, der umgekehrt die Tricladien und Polycladen von Rhabdocölen ableiten will. Ob wir wirklich die Acölen als Vorfahren der anderen Turbellarien ansehen sollen, kann ich hier natürlich nicht entscheiden. Es braucht ja keine der jetzt lebenden Formen diese Rolle gespielt zu haben; vielmehr mag der rhabdocölenähnliche Turbellarien-Ahn noch mehr ctenophorenartige Bildungen an sich getragen haben, die er dann den Polycladen besonders vererbte. Doch hiermit kommen wir zu weit in das Gebiet der Hypothese. — Bei den Trematoden würde, was den Bau der Augen angeht, kein Hinderungsgrund vorliegen, sie mit LANG (28) in die Nähe der Tricladien zu stellen.

Wenn die Nemertinen von vielen Forschern, und zuletzt mit aller Entschiedenheit von BÜRGER (7) in die Verwandtschaft der Turbellarien, also in den Thierkreis der Plathelminthen gestellt werden, so sind meine Befunde über den Bau ihrer Augen dazu angethan, eine weitere Stütze dieser Ansicht zu bilden: denn das Auge von *Eupolia* ist dem der Polycladen sehr ähnlich, das von *Drepanophorus* zeigt ebenfalls unbedingt den Charakter des Plathelminthenauges. Zugleich entsprechen aber der abgesonderten Stellung dieser Thiergruppe die weitgehenden Eigenthümlichkeiten, die insbesondere die *Drepanophorus*-Augen vor denen anderer Plathelminthen auszeichnen.

Was die Leistungen der Plathelminthenaugen anbetrifft, so ist auf jeden Fall sicher, dass jenen am niedrigsten organisirten Augen, die nur aus einer oder wenigen Sehzellen bestehen, eine Bildwahr-

nehmung nicht zukommt. Sie vermögen wohl nur Licht im Allgemeinen, sowie quantitative und qualitative Unterschiede desselben wahrzunehmen. Durch ihre Einrichtungen sind sie außerdem befähigt, die Richtung, in der die Lichtquelle sich befindet, dem Thiere zum Bewusstsein zu bringen. Indem nämlich der Pigmentbecher des Auges die Lichtstrahlen bald von diesem, bald von jenem Theile der lichtempfindlichen Zellenden, bald auch ganz abhält, je nach der Richtung, in der sie auffallen, so

werden dem entsprechend verschiedene Eindrücke im Auge hervorgerufen. Die beigezeichneten Schemata (Textfig. 3 A—D) verdeutlichen das. Kommt das Licht von vorn (A), so werden, gemäß der etwas nach vorn gekehrten Lage der Augenbecher, in beiden Augen die hinteren Theile des lichtempfindenden Becherinhaltes getroffen; kommt das Licht von der Seite, so wird nur das Auge der betreffenden Seite, und zwar je nach der Lichtrichtung in seinem hinteren (B), mittleren (C) oder vorderen (D) Theile



Textfig. 3 A—D.

Verschiedene Belichtung der Planarienaugen bei verschiedener Lichtrichtung. Die Augenbecher sind im Verhältnis zur Größe des Kopfes übertrieben groß gezeichnet. Die Pfeile deuten die Lichtrichtung an; die nicht vom Licht getroffenen Theile des Becherinhaltes sind schraffirt.

gereizt; das andere Auge wird nicht getroffen. Kommt das Licht von hinten, so werden beide Augen nicht getroffen; desshalb kriecht wohl auch der Wurm, wenn er vom Lichte belästigt wird, in der Richtung des Lichtstrahls fort (vgl. p. 550). Wenn das Auge nur eine Sinneszelle enthält, so werden sich diese verschiedenartigen Beleuchtungen von der Seite her hauptsächlich durch quantitative Unterschiede in der Reizstärke geltend machen, denn in der gleichen Sinneszelle wird sich der Eindruck wohl nur nach der Zahl der getroffenen Stiftchen, nicht aber nach deren Lage richten. Je mehr Sehzellen dagegen

in den Bau des Auges eingehen, um so größer werden die Unterschiede sein, indem in dem einen Falle (*B*) die einen Zellen beleuchtet, die anderen dunkel sind und im anderen Falle (*D*) umgekehrt. Hierin und in der Zunahme der Empfindungsstärke selbst ist offenbar der Vortheil zahlreicherer Sehelemente zu suchen, wie wir sie in den Tricladenaugen treffen.

Auch von den Augen von *Dendrocoelum* und *Euplanaria* glaube ich nicht, dass sie einer Bildwahrnehmung fähig sind; denn in Folge der Anordnung der Sehkolben muss bei ihnen derselbe Lichtstrahl in vielen Fällen mehrere Elemente treffen. Dasselbe gilt von den Augen von *Drepanophorus*. Wenn man bei einem Auge Bildwahrnehmung annehmen wollte, so könnte es wohl nur das der *Polycladen* sein, bei denen die Stäbchen neben einander in einer Ebene liegen. Aber auch hier sind die Stäbchen nicht durch Pigmenthüllen von einander getrennt, so dass die von einem Punkte ausgehenden Strahlen viele Stäbchen auf einmal treffen könnten: es ist mir also auch hier nicht wahrscheinlich, dass das Auge der Bildempfindung fähig sei.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor ELMER, der mir die Hilfsmittel des hiesigen Zoologischen Instituts in freigebigster Weise zur Verfügung stellte, bin ich zu großem Danke verpflichtet. Eben so bin ich den Herren Obermedicinalrath Dr. ZELLER in Winnenthal, Dr. A. COLLIN in Berlin und Dr. O. FUHRMANN in Genf, sowie der Zoologischen Station in Neapel, denen ich einen guten Theil des verarbeiteten Materials zu verdanken habe, für ihre Freundlichkeit sehr verbunden.

Tübingen, Ende Oktober 1896.

Nachtrag.

Herr Geheimrath EHLERS hatte die Güte, mir beim Empfang des Manuskripts dieser Arbeit mitzutheilen, dass in dem zur Ausgabe nahezu fertigen 2. Hefte des 62. Bandes dieser Zeitschrift eine Abhandlung über den gleichen Stoff wie die meinige abgedruckt sei. Dank der Freundlichkeit des Verfassers, Herrn Dr. E. JÄNICHEN in Wolfenbüttel, konnte ich, noch vor dem Erscheinen jenes Heftes, in diese Arbeit (»Beiträge zur Kenntnis des Turbellarienauges«) Einblick nehmen. Sie beschäftigt sich mit dem Augenbau bei einer Anzahl

triclader Turbellarien. Mit Vergnügen sehe ich, dass in den wesentlichen Punkten die beste Übereinstimmung zwischen unseren Ergebnissen herrscht, vor Allem über den Gesamtaufbau des Tricladenauges, wie ein Vergleich von JÄNICHEN's Textfigur 5 (p. 261) mit meiner Fig. 20 zeigt, die beide ein Schema des Auges von *Euplania gonocephala* geben. Was die Abweichungen betrifft, so beziehen sie sich meist auf den feineren Bau der Sehkolben und auf einige Nebensächlichkeiten. In allen diesen Punkten kann ich meine Angaben vollständig aufrecht erhalten.

Im Einzelnen möchte ich Folgendes hinzufügen: Die abweichende Schilderung, die JÄNICHEN von der feineren Beschaffenheit der Sehkolben bei *Euplania gonocephala* giebt, ist wohl auf Rechnung seiner Untersuchungsmethoden (Maceration, Pikrinschwefelsäure) zu setzen. Was die »vordere Augenmembran« betrifft, so ist zweifellos häufig eine scharfe Grenze vor der Öffnung des Pigmentbeckers zu bemerken, in anderen Fällen jedoch nicht (vgl. meine Fig. 16); mir scheint es, dass am Becherrand die Pigmentzellen sich zu einem feinen Häutchen ausziehen, das bis dicht an die Stiele der Sehkolben reicht; eine wirkliche, durchbohrte Membran vermag ich nicht anzunehmen. — Bei *Dendrocoelum lacteum* fand ich den Pigmentbecher stets einzellig. Mit der Schilderung der Sehkolben kann ich mich nicht einverstanden erklären; die radiär gestreifte Hülle derselben, die JÄNICHEN auf Querschnitten sah, erinnert an die von mir geschilderte »Stiftchenkappe«. — Was das Polycelisauge anbetrifft, so zeichnet JÄNICHEN in Fig. 20 am oberen Sehkolben des unteren Auges einen deutlich erkennbaren, dem Pigmentbecher zugekehrten Saum, der wohl auch als Stiftchenkappe zu deuten wäre; im Text sagt er nichts darüber. Außerhalb des Pigmentbeckers liegende Sehkolben konnte ich nicht finden. Die von JÄNICHEN auf Fig. 16 abgebildeten, im Verlaufe der Nervenfasern liegenden Zellkerne dürften Kerne der Sehzellen sein, was wohl auch JÄNICHEN's Ansicht entsprechen wird.

Tübingen, den 10. November 1896.

Verzeichnis der angeführten Werke.

1. K. E. v. BAER, Beiträge zur Kenntnis der niederen Thiere. VI. Über Planarien. in: *Nova Acta Ac. Leop. Carol.* Tom. XIII. 1826.
2. L. BÖHMIG, Zur Kenntnis der Sinnesorgane der Turbellarien. *Zool. Anz.* Nr. 260. 10. Jahrg. 1887.
3. Ders., Untersuchungen über rhabdocöle Turbellarien. I. Das Genus *Graffilla*. in: *Diese Zeitschr.* Bd. XLIX. 1890.
4. Ders., Dessgl. II. *Plagiostomina* und *Cylindrostomina* Graff. in: *Diese Zeitschr.* Bd. LI. 1891.
5. M. BRAUN, Die rhabdocölen Turbellarien Livlands. in: *Archiv f. d. Naturkunde Liv-, Esth- und Kurlands.* 2. Serie. Bd. X. 2. Lief. 1885.

6. O. BÜRGER, Untersuchungen über die Anatomie und Histologie der Nemer-
tinen nebst Beiträgen zur Systematik. in: Diese Zeitschr. Bd. L.
1890.
7. Ders., Die Nemertinen. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 22. Mono-
graphie. 1895.
8. J. CARRIÈRE, Die Augen von *Planaria polychroa* Schmidt und *Polycelis*
nigra Ehrbg. in: Arch. f. mikr. Anat. XX. 1881.
9. Ders., Die Sehorgane der Thiere. München und Leipzig 1865.
10. A. DENDY, The Anatomy of an Australian Land Planarian. in: Trans.
Roy. Soc. Victoria 1869; citirt nach d. Neapler Zoolog. Jahresbericht f.
1890.
11. A. DUGÈS, Recherches sur l'organisation et les moeurs des Planariées. in:
Ann. Sc. Nat. T. XV. 1828.
12. O. FUHRMANN, Die Turbellarien der Umgegend von Basel. Revue Suisse
Zoolog. T. II. 1894.
13. SEITARO GOTO, Studies on the Ectoparasitic Trematodes of Japan. in:
Journ. College of Science. Imp. Univ. Japan. Vol. VIII. 1894.
14. L. v. GRAFF, Kurze Mittheilung über fortgesetzte Turbellarienstudien. in:
Zool. Anz. Nr. 26. 2. Jahrg. 1879.
15. Ders., Zur Kenntnis der Turbellarien. in: Diese Zeitschr. Bd. XXIV. 1874.
16. Ders., Monographie der Turbellarien. I. Rhabdocoelida. 1882.
17. Ders., Pelagische Polycladen. in: Diese Zeitschr. Bd. LV. 1893.
18. P. HALLEZ, Contributions à l'histoire naturelle des Turbellariés. in: Travaux
de l'Institut Zool. de Lille. Fasc. II. Lille 1879.
19. W. A. HASWELL, On *Temnocephala*, an Aberrant Monogenetic Trematode.
in: Quart. Journ. Micr. Science. N. S. Vol. XXVIII. 1888.
20. R. HERTWIG, Über das Auge der Planarien. in: Jen. Zeitschr. Bd. XIV.
Suppl. 1880.
21. A. A. W. HUBRECHT, Zur Anatomie und Physiologie des Nervensystems
der Nemertinen. in: Verhandlungen der koninkl. Akad. van Wetensch.
20. Deel. 1880.
22. I. IJIMA, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklungsgeschichte
der Süßwasser-Dendrocölen (Tricladen). in: Diese Zeitschr. Bd. XL.
1884.
23. L. JOUBIN, Sur les Turbellariés des Côtes de France. Arch. Zool. exp. et
gén. 2^e Série. T. VIII. 1890.
24. W. KEFERSTEIN, Beiträge zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte einiger
Seeplanarien von St. Malo. in: Abhandl. d. kgl. Gesellsch. d. Wissen-
schaften zu Göttingen. Bd. XIV. 1868.
25. J. v. KENNEL, Die in Deutschland gefundenen Landplanarien, *Rhyncho-*
demus terrestris O. F. Müll. und *Geodesmus bilineatus* Metschn. in:
Würzburger Zool. Arbeiten. Bd. V. 1882.
26. A. LANG, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie und Histologie des
Nervensystems der Plathelminthen.
I. Das Nervensystem der marinen Dendrocölen (Polycladen). in: Mitth.
aus d. Zool. Station zu Neapel. Bd. I. 1879.
II. Das Nervensystem der Trematoden. Ebenda. Bd. II. 1880.
IV. Das Nervensystem der Tricladen. Ebenda. Bd. III. 1881.
V. Vergleichende Anatomie des Nervensystems der Plathelminthen.
Ebenda. Bd. III. 1881.

27. A. LANG, Der Bau von *Gunda segmentata* etc. Mitth. aus d. Zool. Station zu Neapel. Bd. III. 1881.
28. Ders., Die Polycladen. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 11. Monogr. 1884.
29. G. H. LEHNERT, Beobachtungen an Landplanarien. in: Arch. f. Naturgesch. Jahrg. 57. Bd. I. 1891.
30. F. LEYDIG, Tafeln zur vergleichenden Anatomie. 1864.
31. J. C. C. LOMAN, Über neue Landplanarien von den Sunda-Inseln. in: Zool. Ergebn. der Reise nach Niederländ. Ost-Indien von M. Weber. 1. Heft. 1890. Citirt nach d. Neapler Zool. Jahresber. f. 1890.
32. E. METSCHNIKOFF, Über *Geodesmus bilineatus* nob. Bull. Acad. St. Pétersbourg. T. IX. 1866.
33. CH. S. MINOT, Studien an Turbellarien. in: Würzburger Zool. Arbeiten. Bd. III. 1876.
34. H. N. MOSELEY, On the Anatomy and Histology of the Land-Planarians of Ceylon. in: Philosoph. Transactions 1874.
35. O. F. MÜLLER, Historia vermium. 1773—1774.
36. FERD. SCHMIDT, *Graffilla Brauni* n. sp. in: Arch. f. Naturgesch. Jahrg. 52. Bd. I. 1886.
37. M. SCHULTZE, Beiträge zur Naturgeschichte der Turbellarien. Greifswald 1851.
38. FRZ. FERD. SCHULZE, De planariarum vivendi ratione et structura penitiori nonnulla. Diss. Berlin 1836.
39. F. VEJDOVSKÝ, Zur vergleichenden Anatomie der Turbellarien. in: Diese Zeitschr. Bd. LX. 1895.
40. A. WENDT, Über den Bau von *Gunda ulvae*. in: Arch. f. Naturgesch. Jahrg. 54. Bd. I. 1888.
41. E. ZELLER, Untersuchungen über die Entwicklung und den Bau des *Polystomum integerrimum* Rud. in: Diese Zeitschr. Bd. XXII. 1872.
42. Ders., Weiterer Beitrag zur Kenntnis der Polystomeen. in: Diese Zeitschr. Bd. XXVII. 1876.

Erklärung der Abbildungen.

Die an den Pfeilen angebrachten Buchstaben bedeuten:

<i>v</i> , vorn;	<i>r</i> , rechts;	<i>p</i> , proximal;
<i>h</i> , hinten;	<i>l</i> , links;	<i>d</i> , distal.

Sonstige Abkürzungen:

<i>amb</i> , die das Auge vorn abschließende Membran;	<i>ksz</i> , kolbige Sehzelle;
<i>bg</i> , bindegewebige Füllmasse;	<i>mb</i> , starke, das Gehirn umhüllende Membran;
<i>da</i> , Darm;	<i>mu</i> , Muskeln;
<i>ep</i> , Epithel;	<i>n</i> , Nerv;
<i>fsz</i> , faserförmige Sehzelle;	<i>pb</i> , Pigmentbecher;
<i>g</i> , Gehirn;	<i>pbk</i> Kern der Pigmentbecherzellen;
<i>gz</i> , Ganglienzelle;	<i>pm</i> , Pigmentmasse;

<i>ps</i> , sog. Punktsubstanz des Gehirns;	<i>sti'</i> , <i>sti''</i> , innere und äußere Stifftchen
<i>sk</i> , Sehkolben;	(bei den kolbigen Sehzellen von
<i>sn</i> , Sehnerv;	Drepanophorus);
<i>st</i> , Sebstäbchen;	<i>sz</i> , Sehzelle;
<i>sti</i> , Stifftchenbesatz der Sehzelle;	<i>szk</i> , Kern der Sehzelle;
	<i>wg</i> , Kanal des Wassergefäßsystems.

Tafel XXVII.

Fig. 1. Schnitt durch das Auge von *Planaria torva*, parallel der Augenachse; der Pfeil I in Fig. 3 verdeutlicht die Richtung des Schnittes. Vergr. 750fach.

Fig. 2. Dessgleichen; der Pfeil II in Fig. 3 verdeutlicht die Schnittrichtung. Vergr. 650fach.

Fig. 3. Schnitt durch das Auge von *Planaria torva* senkrecht zur Augenachse. Vergr. 450fach.

Fig. 4. Schnitt durch das Auge von *Planaria alpina* senkrecht zur Augenachse. Vergr. 450fach.

Fig. 5. Halber Querschnitt durch das Vorderende von *Planaria vitta* mit Auge und Gehirn. Vergr. 300fach.

Fig. 6. Schnitt durch das Auge von *Gunda ulvae*, senkrecht zur Augenachse, mit vier Sehzellen. Vergr. 350fach.

Fig. 7. Schnitt durch ein Auge von *Polycelis tenuis*, parallel der Augenachse mit drei Sehzellen, deren Grenzen durch die Vorragungen der Pigmentbecherwand besonders deutlich werden. Vergr. 750fach.

Fig. 8. Dessgleichen, mit zwei Sehzellen; der Schnitt geht etwas seitlich durch die Sehzellen; er zeigt den Kern der Pigmentbecherzelle. Vergr. 750fach.

Fig. 9. Schnitt durch ein Auge von *Polycelis tenuis*, senkrecht zur Augenachse. Vergr. 350fach.

Fig. 10. Senkrechter Längsschnitt durch das Vorderende von *Dendrocoelum lacteum*, mit Auge, Sehnerv (*sn*) und Gehirn (*g*). Der Schnitt durch das Auge geht natürlich nicht parallel der Augenachse; die hinter dem Auge gelegenen Sehzellen (*sz*) würden um den hinteren Rand des Augenbeckers, der weggeschnitten ist, also vor der Ebene der Zeichnung, mit den zugehörigen Sehkolben in Verbindung treten. Vergr. 260fach.

Fig. 11. Schnitt durch ein Auge von *Dendrocoelum lacteum* parallel der Augenachse. Die Sehkolben (*sk*), die in dem vorliegenden Präparate wenig deutlich waren, sind schematisch eingezeichnet. Vergr. 750fach.

Fig. 12. Sehkolben aus dem Pigmentbecher von *Dendrocoelum lacteum*; *a* und *b* längs, *c* quer geschnitten. Vergr. 750fach.

Fig. 13. Horizontaler Längsschnitt durch das Vorderende von *Rhynchodemus terrestris* mit den Augen. Vergr. 90fach.

Fig. 14. Schnitt durch das Auge von *Rhynchodemus terrestris*, schräg zur Augenachse. Vergr. 850fach.

Fig. 15. Pigmentbecher des Auges von *Rhynchodemus terrestris*, *a* von der Seite, *b* von unten gesehen; durch Druck auf das Deckgläschen sind die einzelnen Zellen ein wenig aus einander gedrängt, so dass die hellen Linien den Zellgrenzen entsprechen. Vergr. 400fach.

Fig. 16. Schnitt durch das Auge von *Euplanaria gonocephala*, parallel der Augenachse; vor der Becheröffnung liegen die Körper der Sehzellen vertheilt; zwischen diesen und der Becheröffnung erstreckt sich, senkrecht zur

Epidermis, ein Kanal des Wassergefäßsystems. Die Pigmentkörnchen in der Becheröffnung gehören dem durch den Schnitt fortgenommenen vorderen Rande des Pigmentbeckers zu. Vergr. 170fach.

Fig. 17. Theile von Schnitten durch das Auge von *Euplanaria gonocephala*, parallel der Augennachse, um den Zusammenhang der Sehkolben mit den vor dem Becher liegenden Zellkörpern der Sehzellen zu zeigen; *a* dorsaler, *b* ventraler Theil eines Auges. Vergr. 80fach.

Tafel XXVIII.

Fig. 18*a-d*. Sehzellen von *Euplanaria gonocephala*. Die Pfeile zeigen die Richtung der Epidermis an und deuten mit der Spitze gegen die Öffnung des Pigmentbeckers. Vergr. 600fach.

Fig. 19. Enden der Sehkolben von *Euplanaria gonocephala*. Vergr. 700fach.

Fig. 20. Schematische Darstellung des Auges von *Euplanaria gonocephala* auf einem senkrechten Schnitt parallel der Augennachse. Vergr. etwa 120fach.

Fig. 21. Rechtes Auge von *Derostoma* sp. Vergr. 750fach.

Fig. 22. Rechtes Auge von *Derostoma* sp., mit zwei Sehzellen. Vergr. 750fach.

Fig. 23. Auge von *Derostoma unipunctatum* mit Kern (auf einem Längsschnitt durch das Thier). Vergr. 750fach.

Fig. 24. Linkes Auge von *Derostoma unipunctatum* mit darüber liegender Pigmentmasse (auf einem Querschnitt durch das Thier). Vergr. 750fach.

Fig. 25*a u. b*. Zwei auf einander folgende Schnitte durch ein nach vorn offenes Gehirnhofauge von *Leptoplana tremellaris*, nahezu senkrecht zur Augennachse; der Schnitt *b* liegt dem Bechergrunde näher als *a*; in *a* sieht man unter den Zellgrenzen die Querschnitte der Sehtübchen angedeutet; was man im gleichen Präparat nur bei zwei verschiedenen Einstellungen sieht, ist hier in eine Ebene gezeichnet. Vergr. 700fach.

Fig. 26. Schnitt durch ein nach der Seite offenes Gehirnhofauge von *Leptoplana tremellaris*, parallel der Augennachse. Vergr. 700fach.

Fig. 27. Schnitt durch ein nach oben offenes Tentakelauge von *Leptoplana tremellaris*. Vergr. 700fach.

Fig. 28. Theil eines Längsschnittes durch das Vorderende von *Tristomum molae*, das Gehirn mit den Augen enthaltend, aus drei auf einander folgenden Schnitten kombinirt; nach vorn geht vom Gehirn ein Nerv ab; hinter dem Gehirn ist ein Nerv quer geschnitten. Vergr. 250fach.

Fig. 29. Hinteres Auge von *Tristomum molae*, aus zwei auf einander folgenden Schnitten kombinirt. Vergr. 750fach.

Fig. 30. Auge von *Tristomum papillosum*, aus zwei auf einander folgenden Schnitten kombinirt, ein wenig schematisirt. Vergr. 750fach.

Fig. 31. Rechtes hinteres Auge eines jungen (mit zwei Saugnapfpaairen versehenen) *Polystomum integerrimum*, von der Seite gesehen. Vergr. 550fach.

Fig. 32. Auge eines jungen *Polystomum integerrimum*, von der Seite gesehen im optischen Durchschnitt; in den natürlichen Farben. Vergr. 550fach.

Fig. 33. Auge eines jungen *Polystomum integerrimum* die Becheröffnung dem Beschauer zuehend; in den natürlichen Farben. Vergr. 550fach

Fig. 34. Schnitt durch ein Auge von *Eupolia delineata*, parallel der Augenachse; der Pigmentbecherinhalt ist geronnen. An dem mehrzelligen Pigmentbecher sieht man auf diesem Schnitte nur einen Zellkern (*pbk*). Vergr. 750fach.

Fig. 35. Derselben; der Pigmentbecherinhalt zeigt sich deutlich aus längsgestreiften Stäbchen zusammengesetzt. Vergr. 750fach.

Fig. 36. Schematischer Schnitt durch das Auge von *Eupolia delineata*, parallel der Augenachse.

Fig. 37. Medianschnitt durch das Auge von *Drepanophorus spectabilis*. Vergr. 700fach.

Fig. 38. Schnitt durch das Auge von *Drepanophorus spectabilis*, parallel der Augenachse, seitlich von dieser. Vergr. 700fach.

Fig. 39. Unterer Theil eines Medianschnittes durch das Auge von *Drepanophorus spectabilis*; die faserförmigen Sehzellen (*fsz*) erscheinen an ihrem Ende wie mit einem Faden umbunden. Vergr. 700fach.

Fig. 40. Endtheil einer kolbenförmigen Sehzelle von *Drepanophorus spectabilis*. Vergr. 800fach.

Fig. 41. Schematischer Medianschnitt durch das Auge von *Drepanophorus spectabilis*.