

Morphologische und physiologische Untersuchungen an Cladoceren über Pigment, Haftorgane und Darmkanal.

Von
Mia vom Berg.

(Mit 18 Textfiguren, 3 Tafeln u. 2 Photos.)

(Aus dem zoologischen Institut der Universität Freiburg i. Br.)

Die vorliegende Arbeit sollte sich ursprünglich auf eine Untersuchung des Pigmentes der Cladoceren nach seiner Beschaffenheit und nach der Möglichkeit einer Beeinflussung durch äußere Faktoren beschränken. Als es sich im Laufe der Beobachtungen zeigte, daß gewisse Strukturen der Haftorgane und des Darmkanals der bei meinen Studien verwendeten Tiere noch nicht bekannt waren, dehnte ich meine Untersuchungen auch auf diese aus. Die Cladoceren, mit denen ich mich beschäftigte, sind: *Simocephalus vetulus*, *Sida crystallina*, *Eurycercus lamellatus*, *Polyphemus pediculus*.

Ich fand dieselben in der Umgebung von Freiburg; zum Teil in den Gewässern der Ebene, besonders des Altrheins; zum Teil im Titisee.

I. Das Pigment der Cladoceren.

1. Literatur.

Das Pigment und der Farbenwechsel bei den höheren Krebsen sind schon in zahlreichen Arbeiten behandelt worden, während sich über die Pigmente der Cladoceren nur wenige und meist verstreute Angaben finden. Die einzige ausführlichere Arbeit auf diesem Gebiete verdanken wir Weismann (1879); von allen früheren Autoren, wie auch von Leydig (1860), werden bei der Besprechung der einzelnen Formen nur kurze Angaben über deren Färbung gemacht. Von den neueren Autoren auf diesem Gebiete gibt Scheffelt (1908) eine Reihe kurzer Bemerkungen über die Pigmente der Cladoceren bei der Diagnose der einzelnen Arten, die im südlichen Schwarzwald vorkommen. Auf die Arbeiten von Fritsch (1891) und von Wagler (1913) komme ich noch ausführlich zurück.

Die große Mannigfaltigkeit der Pigmentierung bei den Cladoceren, die zum Teil in ihrer Auffälligkeit nicht hinter der der höheren Crustaceen zurücksteht, muß das Interesse für ihr Zustandekommen und ihre biologische Bedeutung wecken und gibt zu einer ganzen Reihe von Fragen Anlaß. Die Arbeit Weis-

manns (1879) behandelt in der Hauptsache nur eine Frage. Er versucht nur, die Bedeutung der Pigmentierungen und zwar speziell der auffälligen Farbflecke vom teleologischen Gesichtspunkte aus verständlich zu machen. Weismann findet eine Lösung dieser Frage in der Deutung der Farben als Schmuckfärbungen, die von dem einen Geschlechte allein, (wahrscheinlich meist dem männlichen) zuerst erworben, in den meisten Fällen aber sodann auch auf das andere übertragen wurden. Und zwar geschah diese Übertragung „in dreifachem Sinne nach dem Gesetz der homochromen Vererbung (Haeckel), modifiziert durch das allmähliche ‚Zurückrücken‘ der Charaktere einmal auf das andere Geschlecht, zweitens auf die noch nicht geschlechtsreifen oder doch noch nicht ausgewachsenen Altersstufen und drittens auf die parthenogenetischen Generationen. In allen drei Richtungen befinden sich die verschiedenen, mit Schmuckfärbung versehenen Arten auf verschiedenen Stufen, die höchste Stufe, d. h. die vollständige Übertragung auf beide Geschlechter, alle Altersstufen und alle Generationen des Jahreszyklus ist nur von einer Art erreicht. (Latona).“

Die Beobachtungen von Fritsch (1895) an *Holopedium gibberum* lassen sich mit dieser Weismann'schen Deutung nicht in Einklang bringen; denn da bei *Holopedium*-Weibchen die Farben auftreten, ehe es noch Männchen gibt, und da diese Farben verschwunden sind, wenn die Männchen erscheinen, sind dieselben wohl kaum als Lockfarben zu erklären. Fritsch gibt an, daß ihr Auftreten ursächlich bedingt sei durch den Einfluß von reichlicher Nahrung und warmem Wasser, und daß ihnen die von Weismann angenommene Bedeutung nicht zukomme. Dieser Auffassung schließt sich auch Wagler (1913) an. Er schreibt: „Weismanns Ansicht, daß die Farben sekundäre Geschlechtscharaktere darstellen, Hochzeitskleider der ♀ seien, dürfte wenigstens für diese Formen (*Daphnia longispina*) hinfällig sein. Die Färbungen sind lediglich Zeichen eines gewissen Wohlbefindens und guter Ernährung. In Kulturen läßt sich dies leicht nachweisen. Bei reichlicher Chlorellafütterung reagierten meine Versuchstiere von *longispina* binnen weniger Tage mit intensiver Karminfärbung. Eine kurze Hungerperiode bewirkte sofort Farblosigkeit.“

Die Weismann'sche Deutung der Pigmentierungen als Schmuckfarbe erfordert natürlich als Voraussetzung, daß die niederen Crustaceen auch im Stande sind, Farben zu unterscheiden. Ich möchte aber auf diese Frage hier nicht eingehen.

Ehe an eine endgültige Deutung der Farben bei den Daphniden gedacht werden kann, ist es notwendig, zunächst einmal mit anderen Fragestellungen an das Problem heranzugehen, und sich erst eine genauere Kenntnis der Beschaffenheit und des Zustandekommens der einzelnen Pigmente zu erwerben. Einen Beitrag hierzu zu liefern ist der Zweck dieser Arbeit.

2. Material und Untersuchungsmethode.

Meine Absicht war zunächst die, festzustellen, ob eine Änderung der Lebensbedingungen Einfluß hätte auf den Zustand des Pigmentes. Zu diesem Zwecke wurde eine Reihe von Versuchen angestellt.

Ich züchtete die Tiere bei Dunkelheit, bei Wärme von 25° bis 27° C, bei Kälte von 10°—13° C; ferner in monochromatischem Licht (grünem, blauem und rotem Licht), und bei möglichst geringer, bezw. möglichst normaler Ernährung.

Untersucht wurden folgende Arten:

Simocephalus vetulus,
Eurycercus lamellatus,
Sida crystallina. —

Eine vollständige Durchführung aller Versuche gelang mir nur bei *Simocephalus*. Die beiden anderen Arten erwiesen sich als zu wenig widerstandsfähig, denn sie gingen trotz vorsichtiger Behandlung stets sehr rasch zu Grunde.

Die Versuche wurden nun in folgender Weise angestellt. Ich brachte die Tiere einzeln oder zu zweien in kleine Gläschen von etwa 3—4 cm Höhe und ebensoviel Durchmesser, die einen überbogenen Rand hatten. Bei meinen ersten Wärmeversuchen schwammen diese Gläschen nach der Methode, die Kuttner (1910) bei ihrer Arbeit über Cladoceren anwandte, in Korkringen in einer großen, mit Wasser gefüllten Zinkwanne, in welcher das Wasser durch eine Gasflamme auf einer Temperatur von 25° — 27° C gehalten wurde. Bei meinen späteren Versuchen stand mir ein Thermostat zur Verfügung, in dem ziemlich konstant eine Temperatur von 25° herrschte. In diesen wurden die Gläschen hingestellt und erhielten genügend Licht durch eine große Glas-türe (die Vorderwand des Schrankes).

Zu den ersten Kälteversuchen benutzte ich im Sommer ebenso wie Kuttner eine doppelwandige Zinkwanne, bei der der Raum zwischen den beiden Wänden am Boden und an den vier Seiten mit Eiswasser und Eisstückchen gefüllt wurde. In der inneren Wanne befand sich Wasser, das durch den Einfluß des umgebenden Eiswassers und der von oben wirkenden Luft auf einer mittleren Temperatur von etwa 10° C gehalten wurde; in dieser Wanne schwammen die kleinen Gefäße. Im Winter konnte ich die Gläschen an das Fenster eines Kellerraumes stellen, der eine durchschnittliche Temperatur von etwa 10° C behielt.

Zur Ausschaltung jeglichen Lichtes hielt ich die Tiere in einem größeren Gefäße, das mit schwarzem Papier verhüllt war. Die Zimmertemperatur, bei der sich alle Kontrolltiere und auch die dem monochromatischen Lichte ausgesetzten Tiere befanden, betrug im Winter durchschnittlich 16° — 19° C.

Lichtfilter stellte ich mir her nach den Angaben von Nagel (1898).

Die blaue Filterflüssigkeit war eingefüllt in eine doppelwandige Glasglocke. Für die beiden anderen Filter verwendete ich zunächst große Glaskästen, die ineinander gestellt wurden, sodaß sich unter dem einen Gefäß und zu dessen vier Seiten die Filterflüssigkeit befand. Das innere Gefäß, in das die Versuchsgläschen hineingestellt wurden, war mit einer Glasplatte überdeckt, die mit Fett abgedichtet wurde; über beide Gefäße kam ein Blechdeckel mit übergreifendem Rande. Diese Vorrichtung erwies sich als unpraktisch und sehr lichtschwach. So verwandte ich später einen im Anschluß an die Angaben von Parker (1904) konstruierten Schrank. Derselbe besteht aus zwei Fächern, von denen das obere in seinem Boden in einem kreisförmigen Ausschnitt ein rundes Glasgefäß enthält, in welches eine entsprechende Schicht der Filterflüssigkeit eingefüllt wird. Senkrecht über der Glasschale ist an der Decke des Schrankes eine Metallfadenlampe angebracht. In dem unteren Fache befindet sich ein Blechkasten, der mit einem Zulauf- und einem Ablaufrohre versehen ist. Durch das erstere leitet man kaltes oder warmes Wasser in den Kasten ein, und stellt so eine gewünschte Temperatur im Schranke her. Beide Abteilungen des Schrankes haben Türen. In dem unteren Fache wurden die Gefäße mit den Tieren auf dem Blechkasten aufgestellt und nahmen so die ihnen bestimmte Temperatur an.

In die Kulturgläschen wurde filtriertes Wasser aus einem Tümpel eingefüllt. Zur Ernährung der Tiere setzte ich eine zeitlang Chlorellen zu. Später wendete ich bei *Simocephalus* mit besserem Erfolge das gleiche Futter an wie Kuttner; einen Brei von pflanzlichem Detritus, den ich erhielt, indem ich Wasserpflanzen (*Elodea*, *Ceratophyllum* und Fadenalgen) mit einem Holzlöffel durch ein Drahtsieb preßte. Kleine Mengen dieser Masse wurden den Gefäßen zugesetzt. Es wäre wünschenswert gewesen, bei allen Versuchen die gleiche Lichtintensität zu haben; doch ist das bekanntlich sehr schwierig, und ich mußte darauf verzichten in diesem Punkte exakt zu arbeiten. Die Kontrolltiere wurden, wie schon oben gesagt, stets bei Zimmertemperatur gehalten. Da diese im Winter natürlich höher war, als die Temperatur, unter welcher die Tiere sich draußen befunden hatten, liegt hierin eine Fehlerquelle.

3. Untersuchungen an *Simocephalus*.

a). Anordnung und Aussehen des Pigmentes.

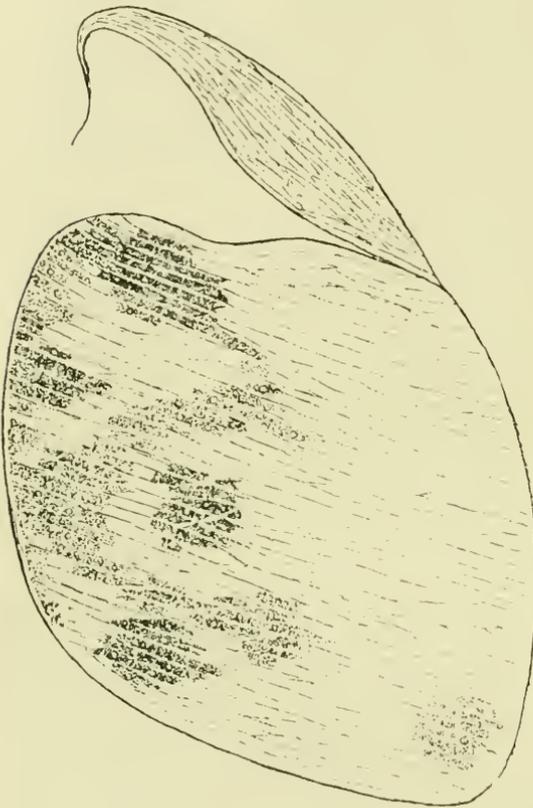
Bei Leydig (1860) findet sich in Bezug auf das Pigment von *Simocephalus* folgende Stelle: „Die Zellschicht, die der Cuticula anliegt, tritt schön hervor, wenn sie pigmenthaltig ist. Wie nämlich schon verschiedene Beobachter sagen, bedeckt sich gern bei vorgerücktem Alter die Schale unserer Tiere mit dunklen Pigmentflecken, so besonders auf dem mittleren Seitenteil der Schale. Treten auch wohl häufig zu Bändern zusammen; ja ich habe gesehen, daß sie manchmal die Schale gleichmäßig besetzten.

Der Kopf indessen blieb immer frei von der Pigmentierung. — Dergleichen Pigmentflecke bei starker Vergrößerung gesehen, gaben das Bild eines pigmenthaltigen Epithels“. Weismann macht keinerlei Angaben über Pigmente bei *Simocephalus*. Er bemerkt nur, daß die Totalfärbung verschieden sei für die Tiere von verschiedenen Fundorten. Scheffelt bringt folgende Notiz über die Färbung von *Simocephalus*: „Ich beobachtete in der Rheinebene immer nur Tiere mit gleichmäßig rötlicher Färbung, im Waldsee (bei Freiburg) wurden sie etwas bunter, und im Schluchsee sind die Tiere an der Ventralseite gelb, an den Seiten schwach braun und im Nacken lebhaft grün; die Ruderantennen sind rötlich. — Es ist dies wieder ein Beispiel dafür, daß mit steigender Höhe die Buntfärbung zunimmt“.

Ich untersuchte die Pigmente von *Simocephalus* zunächst an lebenden Tieren, die ich auf hohlgeschliffenen Objektträgern unter dem Deckglas mit dem Mikroskop betrachtete. Ferner fertigte ich Schnittpräparate an. Die Tiere wurden hierzu mit Sublimat oder Flemming'schem Gemisch fixiert und in Paraffin eingebettet. Die Schnittdicke betrug 5μ ; gefärbt wurden die Präparate mit Haematoxylin-Picrocarmin oder Gentianaviolett. —

Die Tiere, die ich untersuchte, stammten ausschließlich aus der Ebene. Ich fand sie im Frühjahr und im Herbst in Tümpeln des zoologischen Institutes, ferner in mehreren flachen und einem tiefen, ausgemauerten Pflanzenbassin des botanischen Gartens, in Hanflöchern bei Hugstetten und in den Altwässern des Rheines bei Breisach und Burkheim. Bei allen Exemplaren variierte die Gesamtfärbung, auf die sich die Angaben Scheffelts zu beziehen scheinen, in weitem Maße. Ich fand in den Tümpeln innerhalb Freiburgs stark rötlich-gelb und braun gefärbte Tiere. Die gleichen Färbungen besaßen Tiere aus der Rheingegend, während andere Exemplare, die ich dort fand, gleichmäßig grün oder braun gefärbt waren. Die Totalfärbung ist also für die einzelnen Fundorte eine verschiedene; dagegen treten die einzelnen Farbflecke in der Schale bei allen Tieren in konstanter Anordnung auf (Textfigur A). Die Stärke der Färbung wechselt auch in diesen Flecken, doch ist die Form derselben annähernd die gleiche. Bei allen normalen Tieren wird der ventrale Teil der Schale fast vollständig mit Pigmentanhäufungen erfüllt, die meist dunkelbraun und grün gefärbt sind. An der ventralen, vorderen Ecke der rautenförmigen Schale liegt ein besonders dunkler Fleck, der im durchfallenden Lichte dunkelbraun und dunkelgelb, im auffallenden Lichte weiß erscheint. Über den Mittelteil der Schalen ziehen sich eine Reihe von Flecken hin, die meist miteinander im Zusammenhang stehen und eine ungefähr S-förmige Figur bilden. Auch von ihnen sind einige bei auffallendem Lichte weiß, bei durchfallendem gelblich. Im dorsalen hinteren Schalenwinkel liegt gewöhnlich ein großer Fleck, der bei den einzelnen Tieren in der Intensität der Färbung sehr stark variiert und häufig ganz fehlt. Er wechselt in

der Farbe von dunkelbraun - mittelbraun - blauviolett - hellrot. Die Intensität der Färbung innerhalb der einzelnen Flecke schwankt überhaupt sehr bei den einzelnen Individuen, wie schon oben erwähnt. Am stärksten ausgebildet ist die Färbung bei großen, ausgewachsenen Exemplaren, die zahlreiche Eier oder Embryonen im Brutraume tragen.



Textfigur A.

Schematische Darstellung der Pigmentverteilung in der Schale von *Simocephalus vetulus*.

man bei sonst sehr hellen Tieren rotbraune Pigmentkörner in den Kiemensäckchen und an den Ansatzstellen der Beine. Männchen von *Simocephalus* habe ich leider nie gefunden.

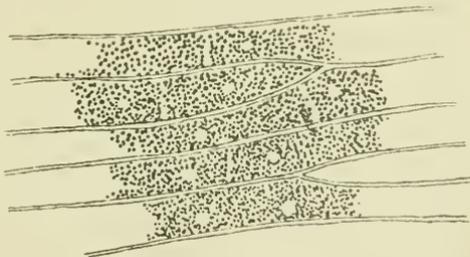
Die Pigmente von *Simocephalus* liegen in der Hypodermis der Schale, deren histologischen Bau Leydig und ausführlicher Wolff (1907) beschrieben haben. Ich kann die Angaben derselben aus eigener Anschauung bestätigen. Die Schale wird bekanntlich gebildet von zwei Hypodermisblättern, von denen jedes nach außen eine Cuticula abgeschieden hat, und deren Zellen nicht eng aneinander liegen, wie etwa die Zellen des Darmepithels, sondern

Bei jüngeren Tieren und bei den letzten Tieren eines Generationszyklus fehlt sie ganz oder ist sehr viel geringer. Ebenso sind die Weibchen mit Ehippien meist nur wenig oder garnicht gefärbt. Doch bleibt auch bei der schwächsten Ausbildung die Anordnung des Pigmentes die gleiche. Bei fast allen farblosen Tieren treten die sonst pigmenthaltigen Stellen bei oberflächlicher Betrachtung meist noch wie ein mit schwachem Grau vorgezeichnetes Muster hervor. Der Kopf bleibt meist frei von Pigmentflecken; in einigen Fällen sah ich rötliches Pigment im Rostrum.

Die Ruderantennen zeigen häufiger starke Braun- oder Rotfärbung durch Pigmentkörner. Zuweilen sieht

zwischen sich ein System von Lakunen frei lassen. Eine feine Scheidewand durchsetzt das gesamte Lakunensystem der Matrixduplikatur parallel zu deren Oberfläche und läßt so zwei übereinanderliegende Lakunensysteme entstehen, die anscheinend nirgends miteinander kommunizieren. Das untere System, dessen Zellen ziemlich flach sind, wird reichlich von Blut durchströmt und steht in direktem Zusammenhange mit dem Fettkörper des Tieres, der jederseits vom Körper einen Fortsatz in dasselbe entsendet. Die Zellen des oberen Blattes sind sehr viel größer und zeigen eine deutliche Wabenstruktur; sie enthalten die Pigmentkörner (Fig. 1). Aus der inneren Hypodermissschicht ragen die bekannten Stützfäsern durch die Zwischenlamelle hindurch in die äußere Zellschicht hinein. Sie bestehen aus wenigen Fibrillen, welche kontinuierlich in die Wände der Plasmawaben der Hypodermiszellen übergehen; sie sind, wie Wolff angibt, nicht chitinisiert sondern weich, zwischen ihren Basen, liegen die Kerne der Matrixzellen. Im Rückenbande fehlen Zwischenlamelle und Stützfäsern. — Ich möchte hier gleich hinzufügen, daß man auf Schnitten durch *Eurycercus* und *Sida* den gleichen Bau der Schale wahrnimmt wie bei *Simocephalus*.

Für die Beobachtung der zuweilen wechselnden Anordnung der Pigmentkörnchen in der Schale gibt deren äußere Skulptur geeignete Merklinien ab, da schräg über das Tier hin erhabene Leisten verlaufen, die durch Querlinien verbunden sind, sodaß eine sehr deutliche netzförmige Zeichnung entsteht. Normal, d. h. am häufigsten vorhanden ist eine fast völlig gleichmäßige Verteilung der einzelnen Körner innerhalb eines Fleckes (Textfig. B). Zuweilen sieht man jedoch (Fig. C u. D), wie diese ausschließlich den Leisten anzuliegen scheinen oder in Klumpen zusammengeballt sind. Bei einigen Exemplaren beobachtete ich an den Pigmentflecken des vorderen Schalenteiles zusammengeballtes Pigment, während die Pigmentkörner im hinteren Schalenteil normal angeordnet waren. Ich legte dieser verschiedenen Verteilung der Pigmentkörner zuerst großen Wert bei, da ich es für möglich hielt, die Lagenbeziehungen der Körner durch äußere Bedingungen abzuändern. — Dieses ist mir indessen nicht gelungen. Eine Grundlage für die Gesamtfärbung der Tiere in Form von Körnchen konnte ich weder an den lebenden Tieren noch in Schnittpräparaten erkennen; dieselbe ist demnach ausschließlich



Textfigur B.

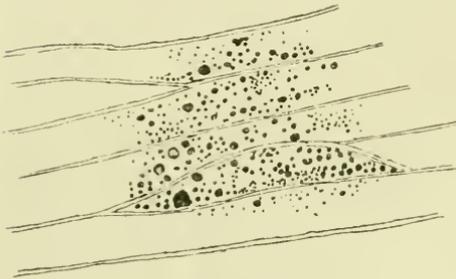
Pigmentkörner in normaler Verteilung
zwischen den Schalenleisten
bei *Simocephalus* (schematisch).

hervorgerufen durch gelöste Farbstoffe. Auffällig ist die oft sehr intensive Färbung des Fettkörpers, der im Leben kräftig blau-rötlich oder lila gefärbt sein kann. Bei solchen Tieren, die einen



Textfigur C.

Pigmentkörner den Leisten anliegend
(schematisch).



Textfigur D.

Pigmentkörner ungleichmäßig verteilt
(schematisch).

stark gefärbten Fettkörper besaßen, war die übrige Färbung auffallenderweise nur gering; vor allem fehlten fast ganz die Schalenpigmente. Der Fettkörper ist im allgemeinen bei sonst stark pigmentierten Tieren kaum sichtbar. Die Pigmentkörnchen sowohl als auch die diffusen Färbungen sind nach dem Tode der Tiere sehr rasch vergänglich. Tote Tiere nehmen bekanntlich nach kurzer Zeit eine rötliche Färbung an.

Behandelt man die Tiere mit Sublimat oder Alkohol, so färben sich die Pigmentflecke rot, mit Ausnahme derjenigen Stellen, die bei auffallendem Lichte weiß erscheinen. Zusatz von Essigsäure verändert die Pigmente nicht; nur die Kerne und die Ansatz-

stellen der Stützfasern erscheinen deutlicher dadurch. Die Pigmentkörner der Schale sind Fette oder fetthaltige Stoffe, da sie sich mit Sudan rot färben und durch Osmiumsäure geschwärzt werden.

b). Versuche über die Beeinflussung des Pigmentes durch veränderte Außenbedingungen.

Bei der Kultur von *Simocephalus* unter anormalen Bedingungen hatte ich zunächst sehr viel Mißerfolge, da die Tiere meist schon nach kurzer Zeit eingingen. Die notwendige, häufige Kontrolle ist eine starke Zumutung für dieselben. Ich berichte jetzt nur über Versuche, bei denen sich die Tiere mindestens zehn Tage unter den abgeänderten Bedingungen befanden.

Einwirkung dauernder Dunkelheit.

Ich machte eine ganze Reihe von Versuchen, zu denen ich stets gleichmäßig pigmentierte Weibchen aussuchte. Bei dem ersten derselben, der im Juni ausgeführt wurde, brachte ich zehn Weibchen mit reichlichem Futter in das verdunkelte Kulturgefäß. —

Die Nahrungsaufnahme und die Vermehrung erfolgten genau so, wie unter normalen Bedingungen. Ich kontrollierte die Tiere drei Wochen lang und konnte keine Veränderungen der Färbung feststellen. Die jungen, dort geborenen Tiere waren zunächst ohne Pigment; doch lernte ich später, daß das Pigment auch bei normal aufwachsenden Tieren erst auftritt, während sie schon die zweite oder dritte Brut hervorbringen. Zwei weitere Versuche mit je sieben Weibchen, die von einem andern Fundorte stammten und nicht so stark pigmentiert waren wie die ersten, gaben ein gleiches Ergebnis. Nur für eins von diesen Tieren stellte ich ein Dunklerwerden der Gesamtfärbung fest. Bei den weiteren gleichen Versuchen zeigte sich ebenfalls innerhalb von jeweils etwa zwölf Tagen keine Aenderung der Pigmentierung.

Kälteversuche.

Bei den Kälteversuchen, in denen ich die Tiere bei 10° — 13° C züchtete, erhielt ich ebenfalls keine Veränderungen. Bei dem ersten Versuche beobachtete ich an einer größeren Zahl von Tieren keinerlei Änderung; doch starben diese Tiere und ihre Jungen bereits nach zehn Tagen. Mit den nächsten Versuchen ging es ebenso; die alten Tiere und ihre Würfe starben nach etwa der gleichen Zeit, ohne Veränderungen des Pigmentes gezeigt zu haben. Ein länger andauernder Versuch ergab wiederum keine Änderungen. Bei einem günstigen Versuch, bei dem die Tiere über einen Monat der Kälte ausgesetzt waren, habe ich geringe Änderungen, aber nach verschiedenen Richtungen hin vermerkt. Es war bei einigen Tieren allmählich weniger Pigment vorhanden. Ein Tier zeigte wenig rötliches Pigment, bei einem andern war das Pigment dunkler geworden. Doch spielen diese geringen Änderungen keine Rolle gegenüber den anderen Resultaten. Sie tun das umsoweniger, als man außerdem in Betracht ziehen muß, daß auch unter den Kontrolltieren Veränderungen der Pigmente auftraten, und daß die von draußen hereingebrachten Exemplare stets etwas verschiedenen waren.

Wärmeversuche.

Auch bei den Versuchen mit hoher Temperatur (25° — 27° C) zeigte sich inbezug auf die Pigmentierung keine Veränderung; abgesehen davon, daß immer schon nach den ersten Tagen eine deutliche Aufhellung der Totalfärbung bemerkbar wurde. Bei 4 Weibchen unter 12 Exemplaren eines Versuches ergab sich nach fünf Tagen neben der allgemeinen Aufhellung auch eine Verringerung des Pigmentes. Ein anderer Versuch, der sich über einen Monat erstreckte, zeigte nur die Änderung der Totalfärbung bei den eingesetzten Tieren. Die jungen Tiere, die während der Zeit geboren waren, bildeten weniger Pigment.

Versuche mit monochromatischem Licht.

Mit rotem Licht.

In rotem Lichte zeigten die Tiere ebenso wie in der Wärme ein Aufhellen der Gesamtfärbung. Bei fünf Versuchen ergab sich auch eine Veränderung des Pigmentes; und zwar bei drei Versuchen bei allen Exemplaren, in zwei Versuchen jedesmal nur bei zwei Tieren. Bei einem Versuche, der etwas mehr als drei Wochen durchgeführt wurde, zeigten sich gegen Ende der Zeit Änderungen des Pigmentes. Die einzelnen Pigmentkörner erschienen nämlich bei verschiedenen Tieren dunkler, bei anderen jedoch heller. Bei einigen war eine Verminderung des Pigmentes zu konstatieren. Auch hier werden diese geringen Veränderungen kaum hervorgerufen worden sein durch die Wirkung der roten Strahlen, sondern sie werden andere Ursachen haben.

Mit grünem Licht.

Die Versuche ergaben keinerlei Änderungen der Pigmentierung

Mit blauem Licht.

Bei dem ersten Versuch mit zehn stark gefärbten Weibchen wurde bei fünf Exemplaren innerhalb von vier Tagen das Pigment deutlich dunkler, während es bei den anderen fünf ungeändert blieb. Bei einigen weiteren Versuchen starben die Tiere, ohne Änderungen gezeigt zu haben. Die nächsten Versuche mit fünf gleichen, aber weniger stark gefärbten Weibchen ergaben bereits nach zwei Tagen ein Dunklerwerden des Pigmentes, d. h. die einzelnen Körnchen sahen dunkler aus und lagen nicht mehr so gleichmäßig verteilt. Die jungen Tiere, die ich von diesen Weibchen erhielt, hatten zunächst schwache Pigmentflecke, die sich dann aber rascher dunkel färbten, als das bei normalen Tieren der Fall ist.

Hunger.

Bei den ersten Versuchen wurden zehn gleiche, stark pigmentierte Weibchen in gründlich filtriertes Aquarienwasser eingesetzt. Als Kontrolltiere brachte ich zehn gleiche Exemplare in ein ebensolches Gefäß mit reichlicher Nahrung. Die Belichtung war für beide Gefäße gleich. Von den zehn hungernden Tieren waren nach zwei Tagen drei gestorben. Sieben junge Tiere waren abgesetzt worden. Zwei der alten Tiere hatten leere Ephippien und nur noch wenig Pigment; die anderen fünf Weibchen waren nicht verändert. Diese 14 Tiere wurden wieder in frisches filtriertes Wasser eingesetzt, nachdem sie vorher eine halbe Stunde in einem Gefäße mit Algen und pflanzlichem Detritus gewesen waren und Nahrung aufgenommen hatten. Nach einer Woche waren alle hungernden Tiere völlig durchsichtig. Die Kontrolltiere hatten während der Zeit ihre Färbung behalten. Ein weiterer Versuch mit zwölf Tieren ergab innerhalb von zehn Tagen ein Durchsichtigerwerden aller Tiere; nur am vorderen ventralen Schalenrande

blieb etwas rötliches Pigment erhalten. Die nächsten Versuche, bei denen weniger stark gefärbte Tiere zur Verwendung kamen, ergaben gleiche Resultate. Doch gelang es mir nie, mehrere Generationen zu züchten. Von absolut hungernden Tieren kann auch bei sorgfältig filtriertem Wasser nicht die Rede sein, da immer noch kleinste Partikelchen und Teile von Fließpapier in das Wasser gelangen. Immerhin ist aber die Ernährung eine sehr viel geringere als bei normalen Bedingungen.

Zusammenfassung der Ergebnisse über die Beeinflussung des Pigmentes von *Simocephalus*.

Die Versuche zeigen, daß Kälte oder Wärme, Licht oder Dunkelheit keinen direkten Einfluß auf das Pigment haben. Das Schwinden desselben bei hungernden Tieren legt den Gedanken nahe, zwischen Pigment und Ernährungszustand einen Zusammenhang zu suchen. Die geringere Pigmentierung bei den Tieren aus dem Ende eines Generationszyklus, welche nur noch eine kleine Anzahl von Nachkommen hervorbringen können (vergl. Papanicolaou 1910), und bei den Ehippienweibchen, welche die großen Dauereier produzieren müssen, weist direkt darauf hin. Ich beobachtete an verschiedenen Generationszyklen verschiedener Fundorte, wie die ersten Weibchen sehr stark pigmentiert waren, die folgenden Generationen immer geringere Färbung zeigten. Auf Grund dieser Beobachtungen bin ich geneigt anzunehmen, daß die Schalenpigmente von *Simocephalus* Stoffwechselprodukte sind; und zwar entweder Reservestoffe, die bei reichlicher Ernährung aufgespeichert und im Bedarfsfalle wieder verbraucht werden, oder aber Exkretstoffe, die in die Schale abgeschieden und von dort schließlich durch die Maxillennieren ausgeführt werden. Beide Annahmen erklären das Fehlen der Pigmente bei hungernden Tieren. Auf die Natur der Pigmente als Reservestoffe deutet die Tatsache hin, daß dieselben Lipochrome sind, sowie der Zusammenhang des Fettkörpers mit der Schale.

Issakowitsch (1906) erwähnt die verschiedene Farbe der Eier von *Moina*, je nachdem dieselben von kräftigeren oder schwächeren Tieren abstammen.

Die pigmentbildenden Stoffe gelangen mit dem Blutstrom in die Schalen. Ich achtete darauf, ob der verschiedene Zustand der Ovarien oder des Darmes Änderungen in der Färbung herbeiführte, fand jedoch keine Abhängigkeit der Färbung von diesen. Besonders auffällig erschien mir anfangs die Konstanz der Anordnung der Pigmentflecke auf den ventralen Teilen der Schalenhälften. Da *Simocephalus* stets auf dem Rücken liegend schwimmt, ist also diese pigmentierte Seite nach oben gekehrt. Ich hielt es daher für möglich, daß dem Pigment eine Art Schirmwirkung zukomme, indem es etwa bestimmte Strahlen-Arten dem Organismus fernzuhalten habe. Doch bin ich jetzt der Ansicht, daß diese Bedeutung höchstens eine sekundäre ist.

Was die konstante Anordnung der Pigmente angeht, so möchte ich hier Semper (1880) zitieren: „Die bestimmte Art der Verteilung der Pigmente auf der Haut wird zunächst ganz allein durch innere, im Tiere selbst tätige Ursachen bewirkt werden müssen; sie kann dabei von Anfang an eine regelmäßige oder ganz ungeordnete sein, und dies wird davon abhängen, ob die inneren physiologischen Ursachen die Ablagerung der Farbstoffe in die Haut in gewisse Bahnen leiten oder nicht. Sind diese Bahnen sehr scharf bestimmt, so wird natürlich auch die Farbenverteilung eine sehr regelmäßige sein.“ Doch wird man noch eher annehmen dürfen, daß es nicht die bestimmte Art und Weise der Zufuhr von Farbstoffen ist, welche die bestimmte Art der Verteilung der Pigmente in der Haut bedingt, sondern die Fähigkeit der Zellen bestimmter Hautpartien, die Farbstoffe in sich zu speichern.

Ich möchte noch kurz eine abnorme Färbung der Schalendrüsen von *Simocephalus* schildern, die ich einige Male beobachtete. Die Schalendrüsen oder besser Maxillennieren der Cladoceren, die im vorderen Teile der Schalenduplikatur gelegen sind, pflegen gewöhnlich farblos zu sein, sodaß sie dem ungeübten Auge kaum auffallen. Diese Nieren bestehen bekanntlich aus drei Abschnitten: dem Endsäckchen oder Coelomsack, dem Schleifenkanal oder Nephridialgang und dem nur ganz kurzen Harnleiter. Ich fand nun im Februar in einem Tümpel des botanischen Gartens eine Reihe von *Simocephalus*weibchen, deren Nieren mit roten und grünen Farbstoffen gefärbt waren. Die Färbung war in verschiedener Weise ausgebildet. Bei den meisten Tieren erschien nur die ventrale Schleife des Nephridialganges gefärbt; bei anderen Exemplaren erfüllten die Farbstoffe den ganzen Gang (Fig. 2 u. Photographie I). Oft war nur die Niere der einen Seite gefärbt, und die der anderen völlig normal oder mit nur geringer Färbung. In den meisten Fällen war der unterste Teil der ventralen Schleife des Nephridialganges ausschließlich mit grünem Farbstoff gefüllt. In dem letzten Ende der dorsalen Schleifen sah ich dagegen niemals grünen Farbstoff, während er in dem übrigen Teile des Kanales alternierend mit der roten Flüssigkeit auftrat. Der grüne Farbstoff erfüllte hauptsächlich in gelöster Form die Vakuolen des Plasmas. Seltener war er in verschiedenen großen, etwas heller gefärbten Körnchen vorhanden. Der rote Farbstoff kam ebenfalls gelöst vor; doch trat er ebenso häufig in Form von Körnchen auf. Vor allem die Endblase enthielt diese Körnchen im Plasma ihrer Zellen, und zwar auch sehr oft bei sonst ungefärbtem Schleifenkanal. Ich beobachtete die Tiere mit derart gefärbten Maxillennieren stets einige Tage, konnte aber niemals eine Änderung der Färbung feststellen. Auch bei Exemplaren, die ich mit anderen Versuchstieren in den Wärmeschrank oder unter sonstwie geänderte Lebensbedingungen brachte, konnte ich keine Än-

derung der eigenartigen Färbung feststellen. Die jungen Tiere eines mit dieser Abnormität versehenen Weibchens hatten normale, ungefärbte Nieren. In ihrer übrigen Beschaffenheit wiesen die derart ausgezeichneten Exemplare keine Besonderheiten auf, indem die Pigmentierung der Schale in der gewohnten Weise stärker oder schwächer ausgebildet war, und Ovar, Brutraum und Darmkanal sich wie bei normalen Tieren verhielten. Im April erhielt ich auch von einem anderen Fundorte Tiere mit gefärbten Maxillennieren und ein einziges Mal fand ich eine *Daphnia pulex*, deren Nieren völlig mit einer roten Flüssigkeit erfüllt waren. Klotzsch (1913) erwähnt eine gleiche Beobachtung an *Daphnia magna*. Er schreibt: „In dem zahlreichen lebend untersuchten Material fand ich eines Tages ein Exemplar, das, ohne irgendwie behandelt zu sein, den Schleifenteil von purpurroter Farbe zeigte, wobei einzelne Stellen besonders dunkel gefärbt waren. Offenbar war diese natürliche vitale ‚Färbung‘ nur ein pathologischer Fall, der m. E. immerhin einiges Interesse beansprucht. Obwohl ich die Kulturen daraufhin untersuchte, konnte ich kein weiteres Exemplar mit einer solchen roten Drüse entdecken.“ —

Ich versuchte bei normalen Tieren den Schleifenkanal vital zu färben. Methylenblau und Lackmuslösung gaben keine Resultate. Bei Tieren, die ich mit Karmin gefüttert hatte, färbte sich nur die Endblase, während der Schleifenkanal ungefärbt blieb.

4. Untersuchungen an *Eurycerus lamellatus*.

Über die Färbung von *Eurycerus (Lynceus) lamellatus* schreibt Leydig nur folgenden Satz: „Meist ist diese Daphnide von gelblicher oder bräunlicher Farbe, doch fing ich auch Exemplare, die bis auf den blauen Fettkörper und das Augenpigment farblos sich zeigten. Nach einigen Tagen Gefangenschaft werden sie sehr allgemein hell; worauf dann der gefüllte Darm mit seiner Windung fürs freie Auge gut durchscheint. Weismann gibt an, daß die gelbbraunen Weibchen von *Eurycerus* im erwachsenen Zustande regelmäßig zwei blaue Flecken auf dem Rücken zwischen den Verschlüßfalten des Brutraumes und den Schwanzborsten besitzen. „Die Flecke schwanken in Größe und Stärke der Farben. Öfters sind zugleich noch andere Teile des Tieres diffus blau gefärbt; so die Borsten, die den Schalenrand umsäumen, der Fettkörper usw. Immer sind es nur die Weibchen, die blaue Färbung zeigen, die Männchen, deren ich Anfang November ziemlich viele gemustert habe, besaßen keine Spur davon und nur selten einen leisen, kaum bemerkbaren Anflug an denselben Stellen des Rückens, an welchen sie beim Weibchen regelmäßig auftreten.“

Ich fand *Eurycerus* sehr häufig im Juni und im September-November in den Altwässern des Rheines bei Burkheim und zwar sowohl im fließenden Wasser, als auch in kleinen stehenden Gewässern, überall da, wo reichlich Wasserpflanzen gediehen, Männchen und Weibchen waren ausgezeichnet durch eine starke Färbung.

Vor allem ist das Abdomen der Tiere mit zahlreichen großen Flecken von dunkelbraunem und von blauem Pigmente versehen (Fig. 3). Ein brauner Fleck liegt am kaudalen Rande des Brutraumes und kopfwärts von diesem ein brauner Fleck. Blaufärbung findet sich ferner über dem Herzen, in der Mundgegend und an der ventralen Darmwand. Bei mikroskopischer Betrachtung zeigten sich die meisten Pigmentflecke, und zwar blaue ebenso wie braune, als unregelmäßig gestaltete Anhäufungen von Pigmentkörnern in den Hypodermiszellen. (Figg. 4 u. 5). Einige blaue Flecken werden aber auch durch gelösten Farbstoff hervorgerufen. Auf dem vorderen Schalentheile fand ich im Dezember häufig einen, im auffallenden Lichte weißen, im durchfallenden Lichte braungelb gefärbten Fleck, der schon bei flüchtiger Beobachtung der Tiere ins Auge fällt; er besteht ebenfalls aus kleinen Körnchen. Der Fettkörper pflegt sehr stark gefärbt zu sein. Er ist blau oder violett oder graublau mit dunkelgelben Fetttropfen. Ich wollte versuchen, mit *Eurycercus* die gleichen Versuche wie mit *Simocephalus* anzustellen, also das Pigment durch abgeänderte Lebensbedingungen zu beeinflussen, mußte dies jedoch aufgeben, da die Versuchstiere stets nach wenigen Tagen zu Grunde gingen, ohne Veränderungen gezeigt zu haben.

5. Untersuchungen an *Sida crystallina*.

Über die Pigmentierung von *Sida* macht Leydig bereits ziemlich genaue Angaben. Er erwähnt außer der zuweilen wechselnden Totalfärbung der Tiere vor allem eine Anzahl von rostbraunen, bei auffallendem Lichte weißgelb erscheinenden Pigmentflecken, die auf den vorderen Schalentheilen in der Gegend des dritten bis fünften Fußpaares sich befinden. Weismann schildert diese braunen Flecken ebenfalls sehr ausführlich und betont vor allem die Konstanz ihrer Anordnung. Seiner Beschreibung der Pigmente von *Sida* kann ich mich fast ganz anschließen.

Sida crystallina fand ich in den Altwässern des Rheines bei Burkheim und vor allem sehr zahlreich im Titisee. Je nach der Herkunft aus einem der beiden Fundorte war die Färbung der Tiere etwas verschieden. Die *Sida* der Ebene war viel intensiver gefärbt als die des Gebirges. Wie auch Weismann angibt, ist die Gesamtfärbung der *Sida* aus dem Titisee krystallhell, aus dem mehr sumpfigen Wasser des Altrheingebietes gelblich; wie denn die Färbung derselben überhaupt beträchtlich verschieden sein kann in verschiedenen Fundorten, aber „nicht an ein und derselben Lokalität und zu derselben Zeit“. Bei der *Sida* des Titisees fand ich stets nur eine starke Blaufärbung, während die Exemplare, die ich in der Ebene fischte, auch viele rote Flecke neben den blauen aufwies. Die Farbstoffe waren in diffuser und in körniger Form vorhanden. Blaugefärbt waren bei allen Tieren: die Augenkapsel, die Zellen des unpaaren und des paarigen Haftorgans, die Ruderantennen, die Unterseite des Abdomens sowie ein-

zelne Zellen des Ösophagus. Blaues Pigment befand sich ferner immer an der Ansatzstelle der Beine und am Gelenk der Mandibeln. Bei den Tieren aus der Ebene lagen große rote und blaue Flecke an den Seiten des Körpers, zwischen Darm und Bauchseite. Bei den Tieren des Titisees fanden sich dort nur blaue Flecke. In Körnchenform sah ich das blaue Pigment deutlich an der Einlenkungsstelle der Mandibeln und ferner in der Hypodermis an der Unterseite des Abdomens. Als ich ein Tier zerzupfte, konnte ich feststellen, daß die Blaufärbung der Augenkapsel ebenfalls bewirkt wird durch ziemlich große Schollen und Körner von blauem Pigment. Eigentliche Pigmentzellen, so wie sie Weismann beschreibt, habe ich nie gesehen. Die Ausmündung des Eileiters war bei den meisten Tieren braun gefärbt und mit roten und rotgelben Pigmentkörnern versehen. Dunkelbraune Flecken, wie sie Leydig und Weismann so ausführlich angeben, habe ich fast nie gesehen. Nur ganz selten zeigte die Schale auf ihrem vorderen Teil einen braungelben Fleck, der bei auffallendem Lichte weiß erscheint. Außerdem enthält die Dorsalseite des Abdomens zuweilen braunes Pigment. — Ich fand immer nur Weibchen und zwar stets, d. h. von Ende Mai bis Ende November, stark gefärbte Exemplare. Ungefärbt und wenig gefärbt sind nur die ganz jungen Tiere. Weismann schreibt, daß die Männchen, die im Spätherbst auftreten, anfangs schwächer gefärbt sind als die Weibchen, später aber ebenso stark. Die Pigmentierung erreicht demnach auch bei diesen erst bei völlig ausgewachsenen Tieren ihre endgültige Ausbildung. Die Versuche, die ich auch mit *Sida* anstellte, führten zu keinen Ergebnissen, da die Tiere unter den abgeänderten Bedingungen nicht länger als 5—6 Tage am Leben blieben. Veränderungen zeigten sie in der kurzen Zeit nicht.

Über die Natur der Pigmente der höheren Crustaceen finden sich zahlreiche Angaben bei Krukenberg (1886) und Newbigin (1898). Krukenberg beschreibt u. a. das Cyanokrystallin, ein Lipochrom, das im Panzer bei vielen Crustaceen abgelagert ist. Es ist ein blauer Farbstoff, der sich durch die geringfügigsten Eingriffe in ein Lipochrom umsetzt. Ich glaube den blauen Farbstoff der Cladoceren mit diesem Cyankrystallin identifizieren zu können, da er einige gleiche Reaktionen zeigt. Newbigin schreibt im Anschluß an eine Besprechung des Cyanokrystallins an einer Stelle, daß die blaue Farbe einer Lösung von Cyanokrystallin durch Einwirkung von Wärme, Säuren und Alkohol zerstört und in eine Rotfärbung umgewandelt werde. Ich fand ein gleiches Verhalten des blauen Farbstoffes der Pigmentflecke von *Sida*. Wenn ich die Tiere mit heißem Wasser, mit Alkohol und mit Säuren, Essigsäure u. Schwefelsäure, behandelte, wurde der blaue Farbstoff, ob gelöst oder in Körnchenform vorhanden, sofort rot gefärbt. Heiße Kalilauge veränderte die Farbe nicht.

Durch Säuren rotgefärbtes Pigment ließ sich durch Kalilauge nicht wieder umfärben.

Im September fand ich unter den Siden des Titisees häufig Exemplare, die eine weißlich gefärbte Einlagerung in der Schale und im Körper enthielten; diese Erscheinung beruhte auf einer Infektion der Tiere mit *Serumsporidien*. In ähnlicher Weise fand ich auch zuweilen *Simocephalus* infiziert.

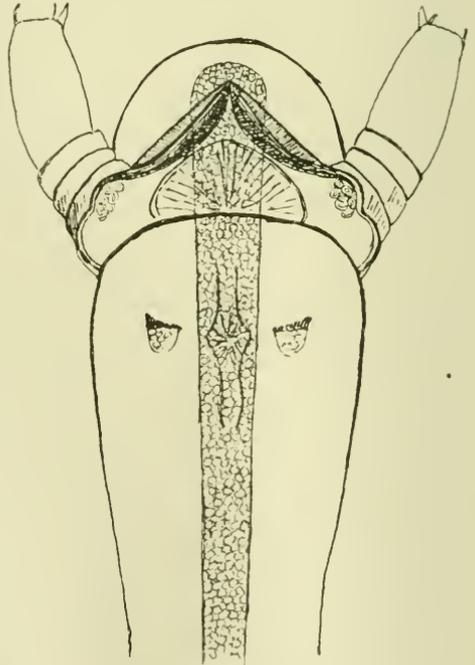
Zusammenfassung.

Nach den Beobachtungen, die ich über die Färbung der Cladoceren gemacht habe, kann ich mich der Ansicht Weismanns, daß dieselben Schmuckfarben seien, nicht anschließen. Ich glaube vielmehr, daß die Pigmente der Cladoceren mindestens zum großen Teil eine derartige Bedeutung nicht haben. Sie sind Zwischenprodukte oder Endprodukte des Stoffwechsels, und wenn sie rot oder blau erscheinen, so ist das biologisch für das Tier bedeutungslos und beruht auf ihrer chemischen Beschaffenheit.

II. Die Haftapparate einiger Cladoceren.

Haftapparate von *Sida*.

Die Haftapparate von *Sida* sind zwei Organe, von denen eines unpaarig, das andere paarig angelegt ist. Das vordere, unpaare Organ, als „Nackenorgan“ bezeichnet, liegt an der Dorsalseite des Kopfes, und gibt diesem durch seine auffallende äußere Form ein charakteristisches Aussehen. Das sogenannte paarige Haftorgan besteht in zwei kleinen Haftapparaten, die sich kaudalwärts vom Kopfeinschnitt auf dem Rücken des Tieres, etwa in der Gegend des Herzens, befinden und symmetrisch rechts und links angeordnet sind. (Fig. E). Beschrieben wurden die Haftapparate von Leydig (1860) und von Claus (1876). Während sich Leydig über den Bau und die Funktion der Organe nicht ganz klar geworden ist, beschreibt Claus dieselben

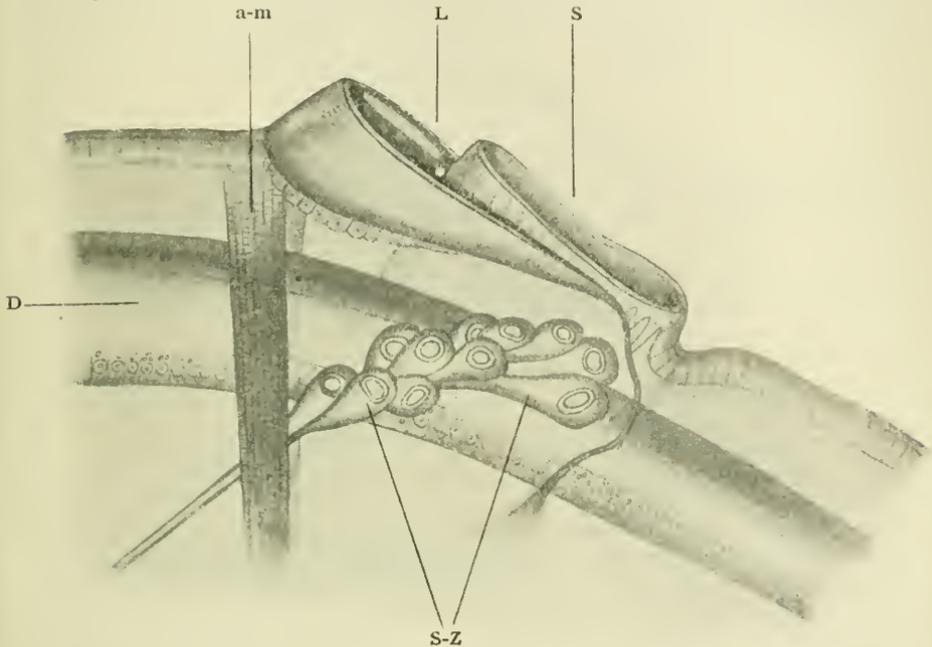


Textfigur E.

Rückenansicht von *Sida crystallina* mit unpaaren und paarigen Haftorganen.

Morph. u. phys. Untersuchgn. an Cladoceren über Pigment etc. 17

sehr genau und gibt ihnen die richtige Deutung. Seine Darstellung, vor allem die des unpaaren Haftapparates, ist fast ganz in Übereinstimmung mit den Beobachtungen, die ich an lebenden Tieren machen konnte und mit den Bildern, die sich auf Querschnitten und Sagittalschnitten zeigen; seine Abbildungen sind jedoch unzureichend. Wenn man das Nackenorgan von *Sida* am lebenden Tiere oder am Totalpräparat betrachtet, sieht man zunächst eine etwa hufeisenförmig gestaltete Leiste, die dem Integumente des Kopfes aufgelagert scheint. (Fig. F und E). Diese Leiste ist vorn bedeutend höher als hinten,



Textfigur F.

Schematische Darstellung des unpaaren Haftorgans von *Sida* in Seitenansicht (L=Leiste; S = Saugnapf; S-Z = Sinneszellen; D = Darm; A-M = Antennenmuskeln).

ihre Basis ist viel breiter als ihre Oberfläche, die vor allem an den beiden rostralen Enden sehr schmal wird und die, wie schon Leydig angibt, eine ziemlich wechselnde Gestalt haben kann. Die Leiste ist von oben nach unten fein gestrichelt und zuweilen, jedoch durchaus nicht bei allen Tieren, „horngelb“ gefärbt. Ihre beiden kaudal gerichteten Enden erreichen fast die Ansatzstelle der Mandibeln, biegen jedoch kurz vorher nach auswärts um und verlaufen mit schwacher Krümmung ventralwärts in dem Einschnitte zwischen dem Kopf und dem übrigen Körper. Innerhalb dieser letzten, seitlichen Bogen treten jederseits die von Leydig als Sinneszellen angesprochenen sogenannten „birnförmigen Zellen“ an das Integument heran (S-Z Fig. F). Unterhalb

der Leiste liegen, entsprechend angeordnet, große Hypodermiszellen, die auffallen durch ihre deutlichen Kerne; sie waren bei allen ausgewachsenen Exemplaren, welche ich ansah, außerdem noch durch die kräftige Blaufärbung gekennzeichnet. Unmittelbar hinter der Leiste erhebt sich ein von Claus richtig als Saugscheibe gedeuteter Hautwulst, (S Fig. F), dessen Zellen ebenfalls bei allen Tieren, die ich fand, mit einem blauen Farbstoffe durchtränkt waren. Den histologischen Aufbau dieses Organes untersuchte ich

Textfiguren H a-e,

Querschnitte durch das Nackenorgan von *Sida*. Loitz Ocul. 4, Obj. AA

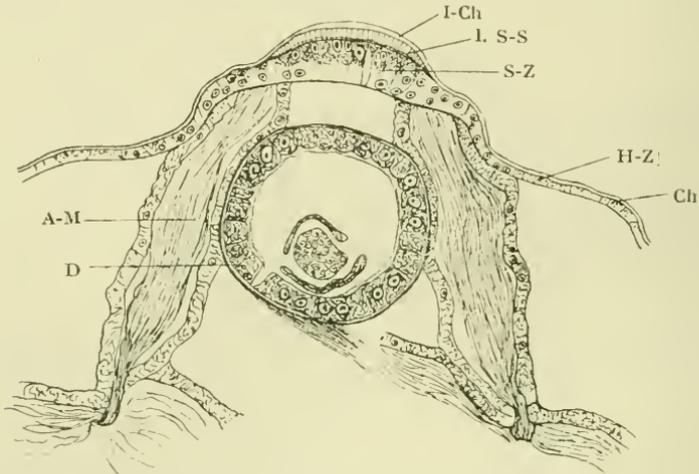


Fig. a: Der Schnitt geht durch das rostrale Ende des Organes. Man sieht größere Hypodermiszellen, die bereits eine Sekretscheit abgeschieden haben, über welche das Chitin hinwegzieht. Die zweite Sekretscheit ist noch nicht angeschnitten. Rechts und links vom Darm liegen Muskeln, die den Ruderantennen angehören.

an Schnittpräparaten. Die Schnitte wurden hergestellt aus Material, das ich fixiert hatte entweder mit Sublimat oder mit Flemmingschem oder Hermannschem Gemisch, und gefärbt mit Haematoxylin nach Delafield und Picrokarmine, mit Gentianaviolett oder mit Eisenfärbung.

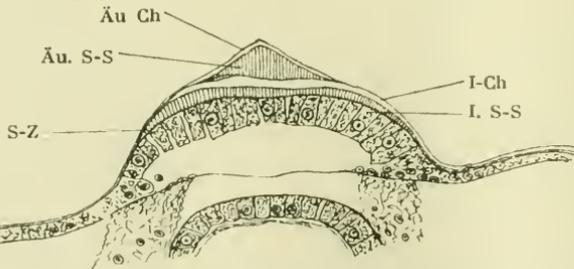


Fig. b: Die äußere Sekretscheit ist angeschnitten. (Durch das Schneiden sind die Sekretzellen von der Basalmembran abgelöst.)

Morph. u. phys. Untersuchgn. an Cladoceren über Pigment etc. 19

Ich fertigte Querschnitte und Sagittalschnitte ($5\ \mu$) an, von welchen besonders die ersteren eine gute Übersicht über das Nackenorgan ergaben. Einige dieser Querschnittsbilder sind in Figg. H (a—e) wiedergegeben. Die Schnitte zeigen deutlich, daß

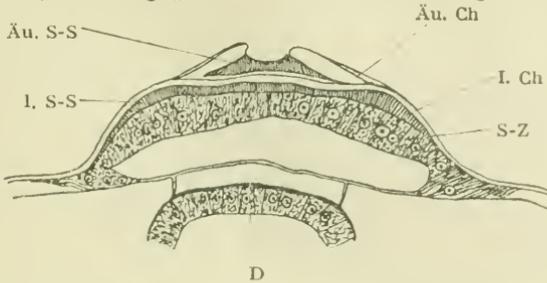


Fig. c: Die 2. Sekretschicht wird seitlich von Chitin überdacht. Der Einschnitt in der Sekretschicht kommt dadurch zustande, daß die obere Fläche der Leiste nicht gleichmäßig breit, sondern vorn sehr verschmälert ist.

alle Teile des Organes von der Hypodermis geliefert werden. So sind die großen Zellen, welche die Unterlage der Leiste bilden,

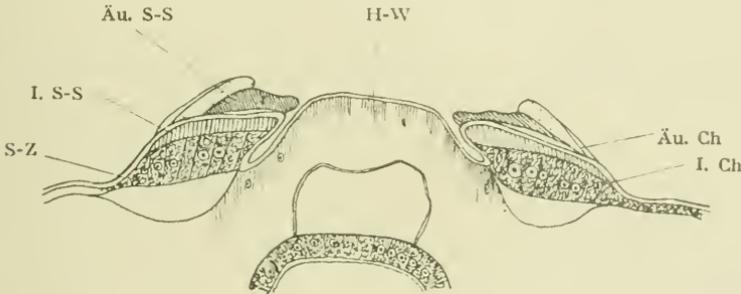


Fig. d: Stellt einen Schnitt dar, der schon viel weiter kaudalwärts gelegen ist. Man sieht das Chitin über der ersten Sekretschicht mit einer tiefen Falte in das Chitin des Hautwulstes übergehen.

umgewandelte Hypodermiszellen. Man findet am rostralen Ende dieses Zellkomplexes kleinere Zellen von gleichem Bau, die allmählich zu diesem überleiten (Fig. H S-Z). Die großen Zellen

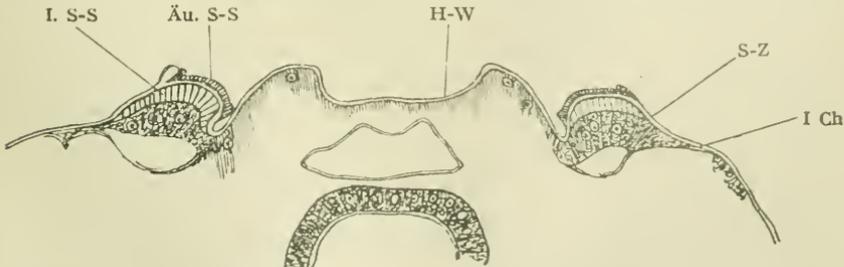
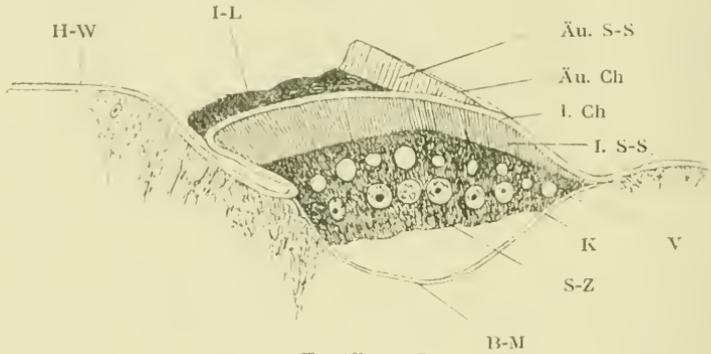


Fig. e: Die beiden Enden der Leiste sind noch weiter kaudalwärts angeschnitten.

(Figg. H—N S-Z) sind zylindrisch gebaut, ihr Plasma ist fibrillär strukturiert und enthält eine große oder mehrere kleine Vakuolen, (Fig. J V), welche möglicherweise Sekret enthalten. Der Kern ist rund und enthält einen großen Kernkörper.



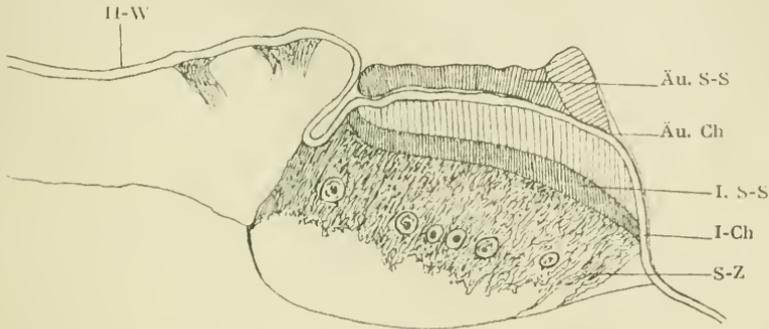
Textfigur J.

Querschnitt durch die rechte Hälfte des Nackenorganes.
Leitz Ocul. 0, Obj. 7.

Nach dieser Beschaffenheit wird man den Zellen wohl eine sezernierende Tätigkeit zuschreiben dürfen. Außerdem liegt die chitinige Cuticula nicht wie in der übrigen Hypodermis den Zellen unmittelbar auf; sondern es befindet sich zwischen Chitin- und Sekretzellen eine breite Schicht einer Substanz, die sich anders färbt wie das Chitin. Diese Schicht möchte ich als „innere“ Sekretschicht (Fig. H—N I. S-S) bezeichnen; daß es sich um ein Sekret handelt und nicht um Chitin, soll weiter unten nachgewiesen werden.

In den meisten Präparaten kann man an dieser Sekretschicht deutlich zwei Lagen, eine obere und eine untere Lage unterscheiden, die verschieden stark gefärbt sind. Beide Lagen können eine wechselnde Ausbildung haben; so ist zuweilen die obere Lage dicker als die untere, während meist die untere Lage stärker ist. Bei Eisenfärbung nach Sublimatfixierung färbte sich die obere Lage schwächer als die untere; bei allen anderen Färbungen ist stets die obere Lage intensiver gefärbt. Fast immer kann man in einer oder auch in beiden Lagen der Sekretschicht eine deutliche, senkrechte Faserung erkennen. Nach Fixierung mit Flemmingschem Gemisch und in einigen Präparaten auch nach Fixierung mit Sublimat zeigte die Schicht nur eine einzige Lage. Nach einem solchen Präparate wurden die Querschnittsbilder (Figg. H (a—e) u. Fig. J) zur Übersicht über den gesamten Aufbau des Organes gezeichnet. — Außerhalb des Chitins liegt eine weitere Sekretschicht (Figg. H—L Aeu. S-S), die, wie aus den folgenden Ausführungen hervorgehen wird, ebenso wie die erste, den Zellen unmittelbar anliegende Schicht, als deren Sekret angesprochen werden muß. Sie ist ungefähr von gleicher Stärke wie die erste

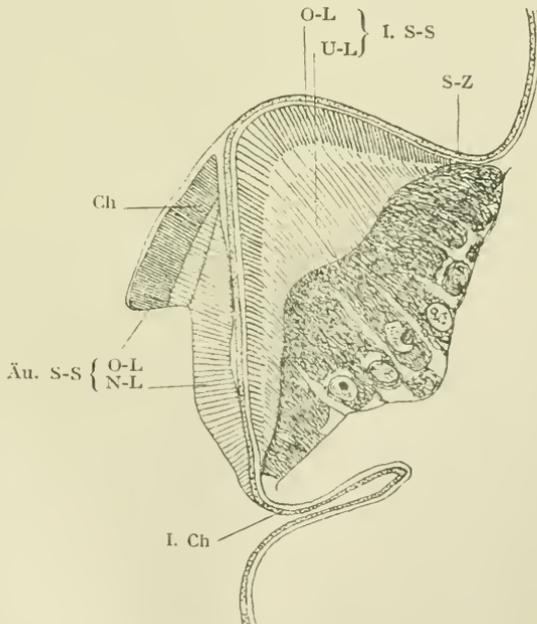
Sekretschicht und besteht ebenfalls aus zwei Lagen, die in allen Präparaten deutlich zu erkennen sind. Meist färbte sich diese Schicht noch intensiver als die innere Sekretschicht; ihre beiden Lagen entsprechen in ihrem ganzen Aussehen den beiden Sekret-



Textfigur K.

Querschnitt durch die rechte Hälfte des Nackenorgans (Eisenfärbung).
Leitz Ocul. 0, Obj. 7.

lagen innerhalb des Chitins. Die Streifung oder Faserung ist auch hier bei beiden Lagen mehr oder weniger deutlich zu sehen. An der Außenseite der Leiste wird die äußere Sekretschicht von Chitin bedeckt (Fig. K—L Äeu.-Ch); die Oberseite und die Innenseite der Leiste sind unbedeckt und hier zeigt das Sekret eine unregelmäßige, zuweilen zerfaserte Oberfläche (Fig. J, J-L). Der Hautwulst (Figg. H (a—e); H-W), der unmittelbar hinter der Leiste liegt, wird ebenfalls von besonders umgewandelten Hypodermiszellen gebildet. Hier liegen die Zellen jedoch nicht dicht nebeneinander wie die Sekretzellen, sondern sie bewahren die typische Anordnung der übrigen Hypodermiszellen, die bekanntlich zwi-



Textfigur L.

Medianschnitt durch das Nackenorgan. Leitz Ocul. 0, Obj. 7.

schen sich ein Lakunensystem freilassen. Sie sind sehr lang gestreckt, haben kleine Kerne, und ihr unteres Ende läuft in eine Faser aus, die sich mit anderen Fasern zusammen jederseits mit einem Rückziehmuskel in Verbindung setzt. Als Rückziehmuskeln des Wulstes fungieren zwei kurze, breite Muskeln, die seitlich am Kopftintegumente ansetzen; sie sind deutlich quergestreift und haben reichliches Sarcoplasma. Kurz vor dem rostralen Rande der Leiste inserieren am Kopftintegumente zwei starke Muskeln, die jedoch nicht in Beziehung zum Nackenorgan stehen, sondern der Muskulatur der Ruderantennen angehören (Fig. Ha A-M).

Aus dem Bau des Nackenorganes geht zweifellos hervor, daß dasselbe ein Haftorgan ist; als solches wird es auch von Claus aufgefaßt. Ich konnte die Art der Wirkung des Organes häufig an lebenden Tieren beobachten, die ich unter dem Deckglase auf einem hohlgeschliffenen Objektträger betrachtete. Wenn das Organ nicht benutzt wird, ragt die Oberfläche der Saugscheibe über den oberen Rand der Leiste hinaus. Will sich das Tier an einer glatten Fläche anheften, so legt es sich zunächst mit dem vorgewölbten Hautwulste an; dann treten dessen Rückziehmuskeln in Tätigkeit. Und zwar wirken dieselben so, daß sie zunächst die Mitte des Wulstes trichterförmig vertiefen und dann erst das ganze Gebilde auf die gleiche Höhe mit dem oberen Rande der Leiste einziehen. Hierdurch wird eine sehr gründliche Anheftung erreicht. Ich beobachtete zuweilen, während ich Material holte, vom Boot aus die Tiere, wie sie, an Schilfstengel angeheftet, von der Wasserbewegung hin und her gezerrt wurden, ohne jedoch losgerissen zu werden. Wenn ich es versuchte, Tiere, die sich an der Glaswand des Aquariums festgeheftet hatten, abzulösen, indem ich mit der Pipette einen energischen Wasserstrom seitlich gegen das Organ richtete, so genügte das ebensowenig wie eine leichte Berührung, um eine Loslösung herbeizuführen. Von den Tieren selbst wird diese dadurch erreicht, daß zunächst die Wirkung der Saugscheibe aufgehoben wird. Die Rückziehmuskeln derselben erschlaffen, und der Blutdruck des Tieres wölbt den Hautwulst wieder nach außen vor. Erst durch die Bewegungen der Tiere, vor allem durch die kräftigen Schläge der Ruderantennen, wird dann die Anheftung endgültig aufgehoben; denn außer dem Saugnapfe dient noch ein anderer Teil des Nackenorganes als Anheftungsorgan. Der Sekrets substanz der Leiste kommt nämlich eine Klebwirkung zu, wie dies Claus bereits angenommen hat. Zunächst habe ich diese Annahme sehr bezweifelt, da ich die Leiste nur für eine Chitinverdickung hielt. Dann beobachtete ich zuweilen, wie an lebenden Tieren Verunreinigungen dem oberen, vorderen Teil des Organes angeheftet schienen (Photographie II). Diese Tatsache, und vor allem die Bilder, die ich auf Schnitten erhielt, haben mich davon überzeugt, daß Claus mit seiner Auffassung Recht hat, und daß die äußere Sekretschicht, die auf der

Oberfläche der Leiste frei zu Tage tritt, als Klebstoff wirkt. Daß dieselbe ebenso wie die innere Sekretschicht kein Chitin ist, läßt sich zeigen durch Behandlung eines Tieres mit Kalilauge. Beide Schichten werden vollständig aufgelöst. Fig. G. zeigt ein Tier, das der Einwirkung von Kalilauge ausgesetzt war, und an dem nur noch das Chitin übrig geblieben ist.

Bei der Betrachtung der Schnittbilder kann man sich nicht ohne weiteres vorstellen, wie die als äußere Sekretschicht bezeichnete Substanz in ihre Lage außerhalb des Chitins gelangt ist, da irgendwelche Ausführgänge oder Spalten nicht vorhanden sind. Die einzige Möglichkeit einer Erklärung liegt in der Annahme, daß bei der Häutung der Tiere jeweils eine neue Schicht des Sekretes an die Oberfläche kommt. Diese Annahme hat ihre Schwierigkeiten; ich möchte sie aber trotzdem hier auseinandersetzen. Man kann sich den Vorgang etwa folgendermaßen vorstellen: Vor der Häutung wird von allen Hypodermiszellen, also auch von den zu Sekretzellen umgewandelten Hypodermiszellen des Nackenorgans eine neue Chitinlage gebildet. Dieses neue Chitin liegt also dort unter der inneren Sekretschicht. Bei der Häutung wird das alte Chitin des ganzen Integumentes und am Nackenorgan außerdem noch die äußere Sekretschicht abgeworfen. Dasjenige alte Chitin, das unmittelbar über der inneren Sekretschicht liegt, wird nicht abgeworfen, vermutlich, weil es einfach am Sekret kleben bleibt; es bedeckt dieselbe auch dann noch, wenn sie zur äußeren Sekretschicht geworden ist; und zwar legt es sich an der Außenseite der Leiste mit dem einen Ende dem neuen Chitin fest an, das andere freie Ende reicht verschieden weit an der Sekretlage hinauf. Dieses Verhalten des Chitins bildet eine Schwierigkeit in meiner Annahme, da man erwarten müßte, auch den Teil desselben, der dem jungen Chitin aufliegt, als freies, abgerissenes Ende der alten Chitinlage zu sehen; er liegt jedoch in allen Präparaten fest auf. Da mit jeder Häutung ein Wachstum des Tieres verbunden ist, wird die ehemalige erste Sekretschicht durch den Druck ihrer stärker der Breite nach wachsenden Unterlage allmählich aus ihrer horizontalen Richtung in die schräge Richtung gebracht, die sie als zweite Sekretschicht einnimmt. An der Streifung, die in den oberen Lagen der beiden Sekretschichten meist deutlich ist, kann man die verschiedene Richtung

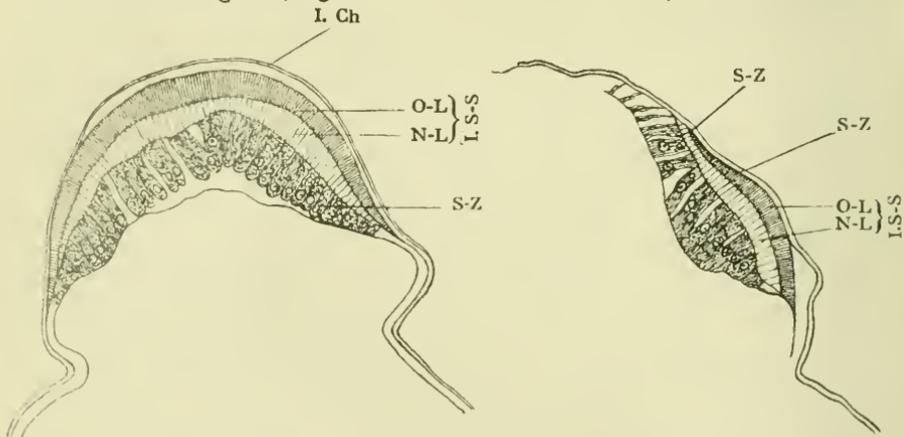


Textfigur G.

Nackenorgan von *Sida*
nach Behandlung mit Kalilauge. Nur
das Chitin ist erhalten geblieben.

derselben gut erkennen. Unmittelbar nach einer Häutung befindet sich also über den Sekretzellen nur das junge Chitin und außerhalb des Chitins die neue „äußere“ Sekretschicht, zum Teil noch bedeckt von dem an ihr klebenden alten Chitin. Unterhalb des jungen Chitins scheiden die Sekretzellen allmählich zwischen zwei Häutungen eine neue, innere Sekretschicht ab. Die neue äußere Sekretschicht kommt auf der Oberseite und auf der Innenseite der Leiste in direkte Berührung mit dem Wasser. Man kann annehmen, daß hierdurch die Sekretmasse aufgelockert und für ihre Funktion als Klebstoff geeignet gemacht wird.

In Übereinstimmung mit der hier geschilderten Annahme steht die bereits von Leydig erwähnte Tatsache, daß der obere Rand der Leiste des Nackenorganes eine sehr wechselnde Gestalt hat; hervorgerufen durch den verschiedenen Grad der Abnutzung der äußeren Sekretschicht. Einen Beweis für meine Auffassung bildet folgende Beobachtung: Bei den fast ausgewachsenen, großen Embryonen von *Sida* findet man im Nackenorgan nur die innere Sekretschicht unter dem Chitin ausgebildet. Diese zeigt bereits die beiden Lagen (Fig. M—N, O - L und U - L) mit deutlicher



Textfigur M.

Querschnitt durch das
Nackenorgan eines Embryo.
Leitz Ocul. 0, Obj. 7.

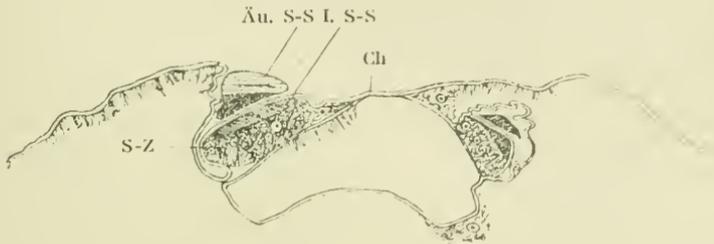
Textfigur N.

Sagittalschnitt durch das
Nackenorgan eines Embryo.
Leitz Ocul. 0, Obj. 7.

Streifung; die äußere Sekretschicht fehlt vollständig. Erst nach dem Ausschlüpfen der Tiere aus dem Brutraum kann durch die erste Häutung das Organ die Ausbildung erreichen, die man an den alten Tieren, wie oben beschrieben, stets vorfindet.

Ich wende mich jetzt der Beschreibung des paarigen Haftorganes von *Sida* zu. Dasselbe ist von Leydig und von Claus zum Teil richtig geschildert und gedeutet worden; doch kann man den paarigen Haftapparaten keine Wirkung als Saugscheiben zusprechen, wie Claus das tut. Dieselben sind viel-

mehr ausschließlich Kleborgane, die ganz ähnlich wie die Leiste des unpaaren Organes gebaut sind. Wenn man von oben her auf den Rücken der Tiere sieht, so erblickt man das paarige Haftorgan in Gestalt von zwei kleinen Höckern, die rechts und links vom Herzen gelegen sind. (Fig. E). Die Höcker haben einen etwas elliptischen Grundriß; und zwar verläuft der kurze Durchmesser der Ellipse parallel zu der Körperlängsachse des Tieres. Die höchste Erhebung des Höckers liegt vorne und außen. Von der Seite gesehen sieht jedes der Gebilde aus etwa wie eine Zipfelmütze, deren Spitze nach vorne zu geneigt ist. Die Höcker können ausgestülpt und eingezogen werden. Die Grundlage derselben wird gebildet von großen Zellen, die ebenso gebaut sind wie die Sekretzellen des Nackenorganes (Fig. O u. Fig. 6 L-Z)



Textfigur O.

Querschnitt durch das paarige Haftorgan von *Sida*.
(Zeiss Ocul. 4, Obj. AA.)

und ebenso wie diese eine Blaufärbung zeigen. Über den Zellen liegt wiederum wie beim Nackenorgan eine innere Sekretschicht (Fig. O u. Fig. 6. J. S-S), die ebenfalls die beiden Lagen und die Streifung zeigt; auf diese folgt das Chitin (Fig. O u. Fig. 6 I - Ch). Außerhalb des Chitins befindet sich die äußere Sekretschicht (Fig. O. u. Fig 6 Aeu. S - S), die an der Vorderseite des Höckers von Chitin bedeckt wird. Sie ist an ihrer vorderen Seite, also kopfwärts, und an der äußeren Seite am höchsten. Der freie, nicht mehr von Chitin bedeckte Rand ist sehr stark zerfranst (Fig. 6 Aeu. S - S).

Auch hier gelangt wahrscheinlich ebenso wie beim Nackenorgan die äußere Sekretschicht jedesmal durch eine Häutung in ihre Lage außerhalb des Chitins. Am hinteren und äußeren Teile der paarigen Haftorgane setzen breite Sehnen am Chitin an. Sie bieten, von der Seite betrachtet, das Bild eines Trichters, dessen Spitze schräg nach hinten gerichtet ist, und stehen am unteren Ende in Verbindung mit einem Muskel, der weiter kaudalwärts seitlich an der Körperwand ansetzt. Durch Kontraktion dieses Muskels können die Sekretzellen mit den darüberliegenden Schichten eingezogen werden. Der paarige Haftapparat wirkt, wie schon oben gesagt, nur als Kleborgan. In der Ruhe ist er eingezogen; zum Gebrauche wird er nach Erschlaffen der

Muskeln durch die Wirkung des Blutdruckes ausgestülpt. Die Ablösung des angehefteten Organes erfolgt durch die Bewegungen des Tieres.

Auch bei anderen Cladoceren kommen Haftorgane vor. Ein vollständig zum Saugnapf umgebildetes Organ wird von *Evadne* und *Podon* angegeben. Bei den meisten Formen sind die Haftapparate jedoch bedeutend rückgebildet. Was Leydig bei *Polyphemus* als Haftorgan beschreibt, scheint mir ein Gebilde von durchaus anderem Bau und anderer Funktion zu sein. Leydig schildert dasselbe folgendermaßen: „Eine von den Autoren sehr verschieden gedeutete, markierte Stelle befindet sich im Nacken des Tieres, da wo der Kopf durch eine seichte Vertiefung ausgezeichnet ist. Ich sehe hier unter der Haut ein Lager birnförmiger Zellen, so geordnet, daß sie zusammen bei der Seitenlage des Tieres ein Dreieck formen. Die oben erwähnte niedrige Leiste, welche als hervortretende scharfe Linie an der Kopf- und Thoraxseite eine bestimmte Figur erzeugt, hat ihren vorderen, oberen Beginn gerade über der Zellenlage, der Rand der Eintiefung der Haut schlägt sich unmittelbar als Bogenlinie nach unten. Diese Hautvertiefung mit dem Zellenkörper darunter hat ihr Analogon z. B. in der Nackenbucht der *Daphnia brachiata*, aber wie dort ist es mir zweifelhaft geblieben, ob der nach unten gekehrte Endfaden etwa nervöser Natur sei, oder nur ein bindegewebiger Befestigungsstrang. Recht deutlich ist besagtes Organ auch, wenn das Tier den Rücken dem Beschauer zuwendet, es sieht sich dann an, wie eine trichterförmige Einsenkung, welche von länglichen Zellen umstellt ist. Vielleicht ist das ganze nur eine Art Haftorgan.“ Ich untersuchte dies von Leydig beschriebene Gebilde auf Sagittalschnitten und auf Querschnitten. Es liegt in der flachen Nackenbucht über dem vorderen Ende des Darmes, unmittelbar unter dem Integument. Auf dem Querschnittsbild (Fig. 17) erkennt man, daß ein Zellkomplex vorhanden ist, in dem Zellgrenzen nicht zu sehen sind. In der äußeren Plasmaschicht desselben liegen mehrere kleine Kerne (Figg. 16 u. 17, Kl - K). Die innere Plasmaschicht umhüllt einen auffallend großen, runden Kern, mit eigenartig gestaltetem Kernkörper. (Figg. 16 u. 17 Gr. - K). Mit seiner unteren Umgrenzung setzt sich das Gebilde an die Darmwand an. Man kann es vielleicht homologisieren mit einer großen Zelle, die bei *Simocephalus* an der entsprechenden Stelle liegt.

Cunnington (1903) beschreibt dieselbe als eine Drüsenzelle, die in ihrem Bau übereinstimme mit den großen Zellen der Oberlippe. Einen Ausführgang dieser Zelle hat er nicht gefunden. Bei *Polyphemus* habe ich weder eine Sekretmasse im Plasma noch einen Ausführgang wahrgenommen. Doch ist es sehr wahrscheinlich, daß auch hier eine Drüsenzelle vorliegt, vor allem nach dem Bau des großen Kernes. Die Beschaffenheit des Chitins über der-

selben macht es aber sehr unwahrscheinlich, daß das Organ ein Sekret zum Anheften liefert. Außerdem ist es bei *Polyphemus* nicht beobachtet worden, daß die Tiere sich anheften; es würde dies auch nicht der Lebensweise der Tiere entsprechen. Sie kommen in klaren Gewässern vor, wo sie zudem wenig Gelegenheit dazu finden und meist nahe der Oberfläche umherschwimmen, während sich *Sida* z. B. hauptsächlich an Schilf oder zwischen Wasserpflanzen aufhält und sich relativ selten frei bewegt.

III. Der Darmkanal einiger Cladoceren.

1. Darmkanal von *Sida*.

Am Darmkanale der Cladoceren unterscheidet man bekanntlich die drei Abschnitte: Vorderdarm oder Ösophagus, Mitteldarm und Enddarm. Bei *Sida* verläuft der Vorderdarm infolge der starken Abwärtskrümmung des Kopfes im Anfange fast parallel mit dem Mitteldarm und mündet unter einem spitzen Winkel in diesen ein. Er stellt ein enges Rohr dar, dessen Länge vom Mund bis zur Eintrittsstelle in den Mitteldarm etwa $\frac{1}{7}$ der Länge des letzteren beträgt. Der Mitteldarm durchzieht in gerader Linie den ganzen Körper bis zum Analsegment. Er ist in seinem vorderen Teile sehr breit und verschmälert sich gegen das Ende zu. Rostralwärts sitzt ihm ein kurzes, unpaares Divertikel, das Leberhörnchen, mit breiter Mündung auf. Der Enddarm ist im Gegensatz zum Mitteldarm wieder eng und kurz wie der Ösophagus. Der Ösophagus ist ausgekleidet mit einem niederen Epithel, das nach dem Lumen zu von einer chitinigen Intima überdeckt wird. Die kubischen Zellen dieses Epithels haben ein Plasma von alveolärer Struktur und ziemlich große Kerne; Fettröpfchen und sonstige Einlagerungen sind im Plasma nicht vorhanden (Fig. 11 E-Z). Nach außen hin folgt auf das Epithel eine Lage von Längsmuskeln (Fig. 11 L-M) und auf diese eine Lage von Ringmuskeln (Fig. 11 R-M) mit reichlichem Sarkoplasma. Ein drittes Muskelsystem wird am Anfangsteil des Vorderdarmes, etwa an seiner ganzen ersten Hälfte, von den Dilatoren gebildet, von welchen an der Vorderseite und an der Hinterseite des Ösophagus je eine Reihe von Paaren angebracht sind. Jedes Dilatorenpaar besteht aus einem rechts und links gelegenen Muskel. Alle diese Muskeln durchsetzen mit ihrem einen Ende die Ring- und Längsmuskelschicht, sowie das Epithel des Vorderdarmes und heften sich dann mit aufgefaserter Basis an der Intima desselben an. Es ist nach den Präparaten wenigstens nicht möglich, die Fibrillen, die in der Hypodermis liegen und die Verbindung zwischen Chitin und Muskeln herstellen, irgendwie von den letzteren scharf abzutrennen (Fig. 11 D). Mit ihrem anderen Ende inserieren die an der Vorderseite gelegenen Dilatoren an dem Integumente des Kopfes, die an der Innenseite gelegenen Muskeln an einer chitinösen Stützlamelle, welche parallel dem Mitteldarm verläuft.

Für *Simocephalus* wird ein gleiches Verhalten der Dilatatoren von Cunningham beschrieben. Auffallend ist die Uebergangsstelle des Vorderdarmes in den Mitteldarm. Wie bei allen Cladoceren geht der Oesophagus nicht einfach in diesen über, sondern stülpt sich in denselben hinein mit einem starken Vorsprung. Leydig gibt dies bereits für *Sida* und andere Cladoceren an, und an lebenden Tieren läßt es sich schon leicht wahrnehmen. Im Vergleiche zu anderen Cladoceren zeichnet sich bei *Sida* dieser etwa trichterförmige Vorsprung durch seine besondere Länge aus. Auf dem Medianschnitt (Fig. 7) sieht man ihn sehr weit in den Mitteldarm vorragen. Die Einzelheiten seines Aufbaues werden deutlicher auf Querschnittsbildern; dort sieht man, wie der Trichter sich zunächst etwa wie ein Rohr vom Ösophagus in den Darm hinein erstreckt. Seine dorsale Wand hat in der Mitte eine schwache Vorwölbung und jederseits hängen zwei Falten in das Lumen hinein. Gegen das freie Ende des Trichters hin ist dieser dadurch, daß rechts und links ein Spalt auftritt, in eine dorsale und eine ventrale Lippe geteilt. Jede derselben stellt eine Hohlrinne dar, und die ventrale umfaßt mit ihren Rändern die dorsale. Den histologischen Aufbau des Gebildes zeigen die Abbildungen Fig. 9 u. 10. Auf Fig. 9 ist gerade die Einmündungsstelle des Ösophagus in den Mitteldarm getroffen. Die Wandung des Trichters besteht aus drei Schichten: einem inneren Epithel (Fig. 9 I - E), das nach dem Hohlraume zu eine chitinige Intima abgeschieden hat und in das Ösophagusepithel übergeht, einer Längsmuskelschicht (Fig. 7 L—M) und einer äußeren Lage von Epithelzellen (Aeu - E), die in das Epithel des Mitteldarmes übergehen und wie dieses nicht von Chitin überdeckt sind. An der ventralen Seite wird die Uebergangsstelle in das Mitteldarmepithel von Zellen gebildet, die etwas größer sind als die normalen Ösophaguszellen, diesen aber sonst im Aussehen gleichen; sie haben dasselbe alveoläre Plasma wie diese. (Fig. 9, Oe-Z). Fig. 10 zeigt einen weiter kaudalwärts gelegenen Querschnitt. Man sieht die beiden Halbrinnen, jede aus einem inneren und einem äußeren Epithel mit dazwischen gelegener Längsmuskelschicht bestehend. Das innere und auch das äußere Epithel sind bedeckt von einer Chitinschicht (Fig. 10 Ch). Es bildet also das Chitin nicht nur die innere Auskleidung des Trichters, sondern greift auch am kaudalen Ende desselben auf die Außenseite über und schützt hierdurch dessen dünne Ränder vor dem Zerreißen. Die Funktion des Trichters ist klar. Er verhindert zunächst das Zurücktreten der Nahrung in den Schlund, und verhütet ferner auch, daß die eindringenden Nahrungsstoffe in das Leberhörnchen gelangen und sich dort stauen. Die besondere Länge des Zapfens bei *Sida* ist wohl durch die Lage des Ösophagus bedingt. Dieser preßt nämlich die Nahrung in der Richtung von unten nach oben in den Darm hinein, und erst die Wände des Zapfens zwingen diese, kaudalwärts in den Mitteldarm zu gleiten. Man sieht am lebenden

Tiere niemals die frisch verschluckte Nahrung im Leberhörnchen; sondern dies ist stets nur mit einer Flüssigkeit erfüllt, die wahrscheinlich schon verdaute Nahrung ist. Der Mitteldarm wird in seinem breiten Anfangsteil ausgekleidet von einem hohen Zylinderepithel. Gegen den Endabschnitt zu geht dieses über in ein kubisches Epithel, dessen Zellen viel niedriger sind. Eine Verschlüßvorrichtung des Mitteldarmes gegen den Enddarm hin entsteht dadurch, daß das Epithel kurz vor demselben wieder sehr viel höher wird und das hier kleinere Darmlumen fast ganz ausfüllt. Das Epithel des Mitteldarmes wird außen überdeckt von der Muskelschicht, innen von einem Stäbchensaum. Die Höhe der gesamten Zellen beträgt zwischen 45μ und 14μ ; ihr Plasma ist von fädiger Struktur; namentlich sind im basalen Teil gegen die Basalmembran zu Fibrillen deutlich (Figg. 12 u. 13). Die Kerne der Darmzellen sind groß, rund oder oval, mit einem großen Kernkörper. Gegen das Lumen hin weist das Plasma eine dichtere homogene Grenzschicht von etwa 1μ bis $1\frac{1}{2}\mu$ Dicke auf. Auf diese folgt eine Schicht, welche $4\frac{1}{2}\mu$ bis 6μ dick ist und an manchen Stellen durchaus homogen erscheint, an manchen deutlich senkrecht zur Oberfläche gestreift ist (namentlich an dünnen Stellen des Schnittes). Es handelt sich hier zweifellos um eine Stäbchenschicht. Die Zellen sind nicht immer scharf voneinander abzugrenzen, doch erscheint meist das Plasma an den Grenzen dichter. Jede Zelle enthält gewöhnlich eine große oder auch mehrere kleine Vakuolen. Bei Fixierung mit Sublimat sieht man in diesen Vakuolen einen Sekretropfen liegen. Nach Fixierung mit Flemmingschem Gemisch befinden sich in jeder Zylinderzelle des Mitteldarmes und des Leberhörnchens, das den gleichen histologischen Aufbau zeigt wie dieser, ein oder mehrere durch Osmium geschwärzte Körper, die wahrscheinlich Fettröpfchen sind. Schon am lebenden Tiere fallen diese als stark lichtbrechende Körperchen in den Zellen auf. Die Anwesenheit solcher „resorbierter“ Fettröpfchen in den Darmzellen wird auch von anderen Autoren angegeben. Man sieht dieselben bereits im Darm der fast fertig ausgebildeten, jungen Tiere, die noch im Brutraume liegen. Wenn dieses Fett in den Zellen wirklich aus der aufgenommenen Nahrung her stammt, so muß man annehmen, daß den Embryonen nach Verbrauch ihres Dotters ihre Nahrungsstoffe auf dem Wege durch den Darm zugeführt werden; sie müssen also das „Fruchtwasser“, wie Weismann es bezeichnet, das vom Muttertier in den Brutraum hinein abgeschieden wird, schlucken. Immerhin muß man auch die Möglichkeit erwägen, daß das Fett in den Darmzellen der Embryonen noch von dem Fette des Eidotters her stammen kann.

Vereinzelt treten im Mitteldarm besonders ausgebildete Zellen auf, die ganz mit Granulis erfüllt sind, welche bei Flemmingscher Fixierung grau gefärbt erscheinen und welche den Eindruck von Drüsenzellen machen. (Figg. 12 u. 13, D-Z). Der Enddarm ist

ebenso wie der Ösophagus ausgezeichnet durch die starke Versorgung mit Muskulatur. Seine Wandung besteht aus einem Epithel, auf welches nach außen eine Schicht von Längsmuskeln und eine Schicht von Ringmuskeln folgen. Das Epithel ist niedrig, seine Zellen haben ein alveoläres Plasma und große Kerne, nach innen zu liegt ihnen eine chitinöse Intima auf. Besonders deutlich sind am lebenden Tiere die breiten Ringmuskeln und ferner die Dilatatoren, die den Enddarm zu öffnen haben. Diese durchsetzen in der gleichen Weise wie die Dilatatores oesophagi die Muskelschichten und das Epithel des Enddarmes und setzen an der Intima an; ihr anderes Ende inseriert ebenfalls mit garbenförmig ausgebreiteter Basis am Integument.

Zum Vergleiche untersuchte ich noch den Darmkanal von *Polyphemus*, *Eurycercus* und *Simocephalus*. Im Wesentlichen ist der Bau desselben bei allen übereinstimmend mit dem von *Sida*. Die Lage des Ösophagus zum Mitteldarm ist etwas anders, indem der Ösophagus ungefähr senkrecht zu diesem verläuft; seine Einmündungsstelle ist, wie schon oben erwähnt, stets durch den Trichter charakterisiert, doch kann dieser verschieden ausgebildet sein. Auf dem Medianschnitte durch *Polyphemus* (Fig. 16) sieht man, daß erstens die Länge der Einstülpung im Vergleich zu derjenigen bei *Sida* sehr viel geringer ist, und daß dieselbe ferner während ihres ganzen Verlaufes ein geschlossenes Rohr bleibt und nicht in zwei Rinnen gespalten wird. Auf dem Querschnittbild (Fig. 15) ist die Eintrittsstelle des Vorderdarmes getroffen; sie liegt ungefähr in der gleichen Region mit der Einmündung der beiden Leberhörnchen, die bei *Polyphemus* nur kurze dorsale Ausbuchtungen darstellen. Die histologischen Verhältnisse des Ösophagus und seiner Einstülpung in den Mitteldarm sind die gleichen, wie ich sie für *Sida* angegeben habe. Ein inneres Epithel mit Intima, eine Längsmuskelschicht und eine äußere Epithelschicht bilden die Wandung des Trichters. Der Vorderdarm besitzt ein Epithel, zwei Muskelschichten und Dilatatoren, in der gleichen Ausbildung wie es Fig. 11 für *Sida* zeigt. Ich möchte hier noch einen Muskel erwähnen, den man auf dem Medianschnitte durch *Polyphemus* (Fig. 16) sehr schön von oben her in die Längsmuskelschicht des Ösophagus eintreten sieht (Fig. 16 M). Cunninghamton beschreibt diesen Muskel für *Simocephalus* folgendermaßen: „Die Längsmuskeln sind auch gut entwickelt, und ihre etwas welligen Fasern liegen unter den Ringmuskeln und über dem Epithel des Ösophagus. Man sieht am oberen Ende des Ösophagus auf der vorderen Seite zwei rechts und links von oben herantretende Muskelstränge, die sich zwischen die Ringmuskeln und das Epithel des Ösophagus hineinziehen und in die Längsmuskelschicht übergehen.“ In Verbindung mit anderen Muskeln ermöglichen sie die gleichzeitige Lageveränderung von Ösophagus und Oberlippe. Ich fand dieselben auch bei *Eurycercus* stark ausgebildet. Was den Ösophagus von *Eurycercus* angeht, so ist derselbe histologisch

ebenso gebaut wie der von *Sida*. Die Einstülpung desselben in den Mitteldarm ist kurz und im übrigen so ausgebildet wie die von *Polyphemus*. Cunningham gibt zu seiner Beschreibung des Darmes von *Simocephalus* eine Abbildung, auf der auch die Einmündungsstelle des Vorderdarmes zu sehen ist. Sie erscheint dort ebenso wie die von *Eurycerus*. Klotzsche zeichnet die betreffende Stelle bei *Daphnia magna* nur schematisch auf. Nach den Frontalansichten zu urteilen, die er gibt, sind hier die Verhältnisse gleich denen bei *Sida*.

Die Mitteldarmepithelien von *Polyphemus*, *Eurycerus* und *Simocephalus* stimmen in ihrem histologischen Bau überein. Ihre Zellen sind stets fädig strukturiert, haben große Kerne, enthalten Sekret- oder Fetttropfen, besitzen eine Basalmembran und gegen das Darmlumen zu eine Stäbchenschicht. Die bei *Sida* beschriebenen Zellen mit Körnchen fehlen vollkommen. Die Leberhörnchen und ebenso das ventrale unpaare Coecum bei *Eurycerus* weisen keine Besonderheiten auf. Cunningham bestreitet für *Simocephalus* die Anwesenheit einer chitinen Intima, die von Leydig und Weismann angegeben war. Auf seinen Figuren bildet er überhaupt keine Schicht über den Epithelzellen ab und gibt auch an, eine solche niemals auf seinen Schnittpräparaten gesehen zu haben. Ich konnte an Schnitten durch den Darm und die beiden Leberhörnchen stets die Stäbchenschicht über dem Epithel wahrnehmen, die sich bei den anderen Cladoceren auch vorfindet.

Man sieht im ganzen Verlaufe des Darmes und der Leberhörnchen, wie aus den Zellen plasmatische Vorsprünge durch die Stäbchenschicht hindurchragen und sich in das Lumen hinein abschnüren. Die gleichen Abschnürungen bildet Klotzsche auf einem Querschnitte durch den Darm von *Daphnia magna* an der Einmündungsstelle des Leberhörnchens ab.

Das Ende des Mitteldarmes gegen den Enddarm ist auch bei *Polyphemus*, *Eurycerus* und *Simocephalus* scharf abgegrenzt durch das plötzliche Aufhören des hohen Epithels. Der Enddarm ist bei allen ebenso gebaut wie bei *Sida*.

Zum Schlusse sei es mir gestattet meinen verehrten Lehrern, Herrn Geheimrat Professor Weismann und Herrn Professor Doflein herzlich zu danken für das meiner Arbeit bewiesene Interesse. Herrn Professor Schleip, der mir die Anregung zu dieser Arbeit gab, bin ich ganz besonders zu Dank verpflichtet. Für die liebenswürdige Überlassung von Präparaten möchte ich Herrn Professor Kühn nochmals danken.

Literaturverzeichnis.

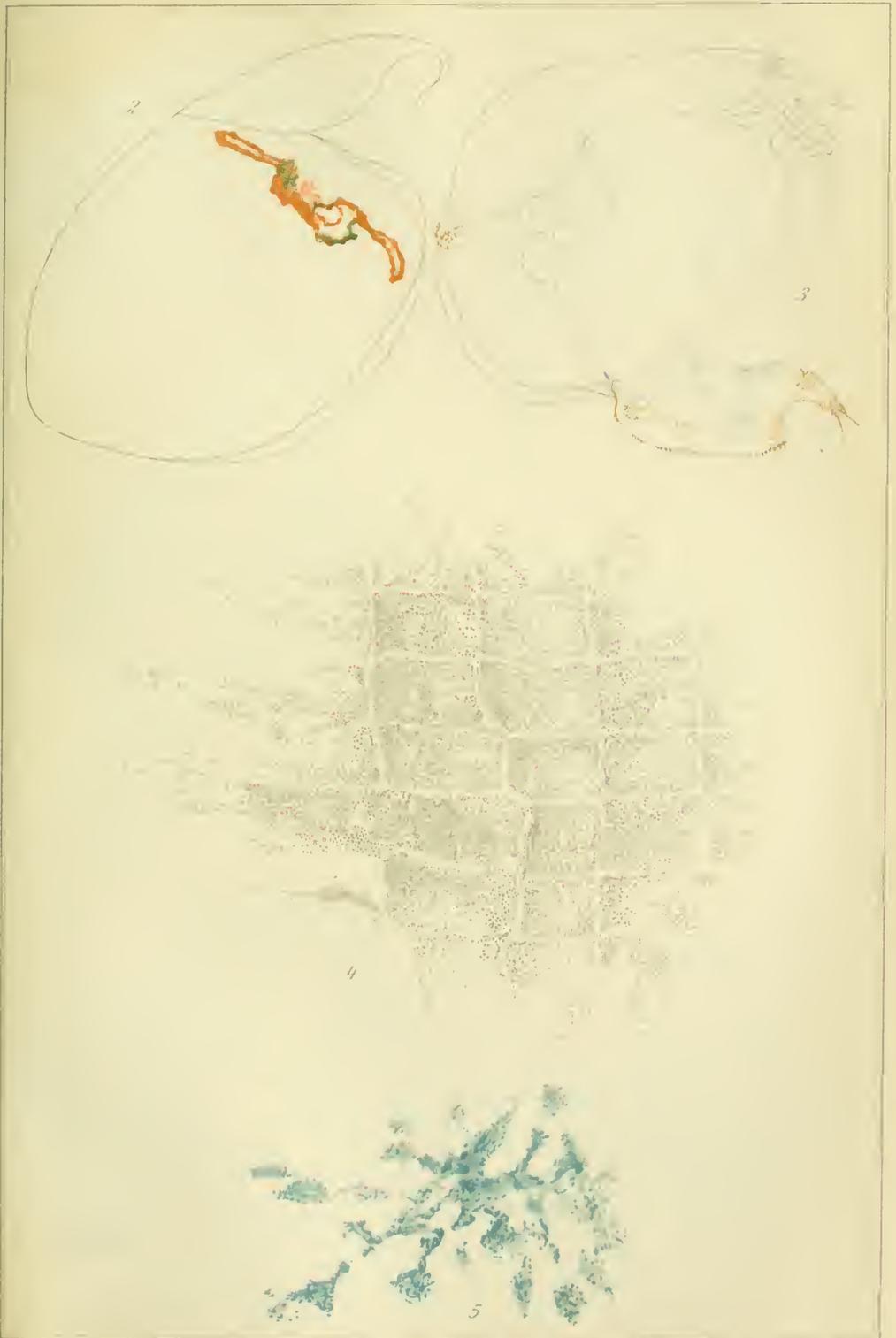
- Claus, C., 1876: Zur Kenntnis der Organisation und des feineren Baues der Daphniden und verwandter Cladoceren, in Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie, Band 27.
- Cunnington, W. A., 1903: Studien an einer Daphnide *Simocephalus*, in der Jenaischen Zeitschr. für Naturwissenschaften. Band 37.
- Fritsch, A., 1895: Über Schmuckfarben einiger Süßwasser-Crustaceen, in Bull. Internation. Acad. Fr. Jos. Prag.
- Fritsch, A., 1891: Über Schmuckfarben bei *Holopedium gibberum*, im Zool. Anzeiger Band 14.
- Issakowitsch, 1906: Die geschlechtsbestimmenden Ursachen bei den Daphniden, im Archiv für mikroskopische Anatomie. Band 69.
- Klotzsch, K., 1913: Beiträge zur Kenntnis des feineren Baues der Cladoceren, in Jenaischen der Zeitschr. Band 50.
- Krukenberg, C. Fr., 1886: Vergleichende physiologische Vorträge. Heidelberg.
- Kuttner, O., 1909: Untersuchungen über die Fortpflanzungsverhältnisse und Vererbung bei Cladoceren, in Intern. Revue Hydrobiologie, Leipzig. Band 2.
- Leydig, F., 1860: Zur Naturgeschichte der Daphniden.
- Nagel, 1898: Über flüssige Strahlenfilter, im Biolog. Zentralblatt. Band 18.
- Newbigin, M., 1898: Colour in Nature, London.
- Papanicolau, G., 1910: Über die Bedingungen der sexuellen Differenzierung bei Daphniden, im Biolog. Zentralblatt, Band 30.
- Parker, G. H., 1904: The effect of heat on the colour changes in the skin of *Anolis carolinensis*, in Proc. Amer. Acad. Sc. Vol 40.
- Scheffelt, E., 1908: Die Copepoden u. Cladoceren des südlichen Schwarzwaldes, im Archiv für Hydrobiologie u. Planktonkunde. Band 4.
- Semper, 1880: Natürliche Existenzbedingungen der Tiere. Leipzig.
- Wagler, E., 1913: Faunistische und biologische Studien an freischwimmenden Cladoceren, in Zoologica, Band 23. Leipzig.
- Weismann, A., 1879: Beiträge zur Naturgeschichte der Daphniden.
- Wolff, M., 1904: Studien über Cuticulargenese u. -Struktur und ihre Beziehungen z. Physiologie der Matrix, im Biolog. Zentralblatt, Bd. 24.

Erklärung der Abbildungen.

Mit Ausnahme von Figur 2, 3, 4 und 5 wurden sämtliche Figuren mit Hilfe des Abbéschen Zeichenapparates auf Objektischhöhe entworfen bei einer Tubuslänge von 160 mm.

Bezeichnungen:

A-M,	Antennenmuskel;	Dr-Z,	Drüsenzelle;
Aeu. - Ch,	Aeußeres Chitin;	Fa,	Falte;
Aeu. S-S,	Aeußere Sekretschicht;	Fe,	Fett;
Aeu. - E,	Aeußeres Epithel;	Gr-K,	Großer Kern;
Bl,	Blut;	G-S,	Grenzschicht;
Bl-K,	Blutkörnchen;	H-W,	Hautwulst;
Ch,	Chitin;	H-Z,	Hypodermiszellen;
D,	Darm;	I-Ch,	Inneres Chitin;
Di,	Dilatatoren;	I-E,	Inneres Epithel;
D-R,	Dorsale Rinne;	I. S-S,	Innere Sekretschicht;



Äu Ch P

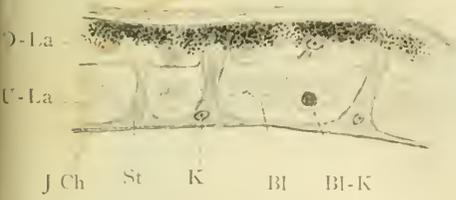


Fig. 1.

Äu S-S

J Ch
J S-S

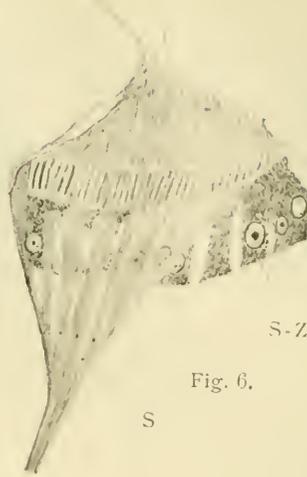


Fig. 6.

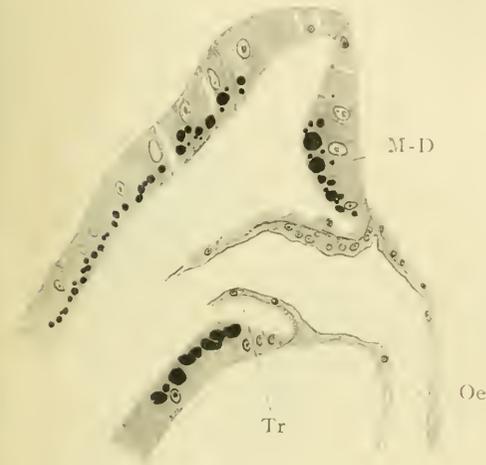


Fig. 7.



Fig. 8.

K
L-M
J-E
Fa
Ch
Äu E

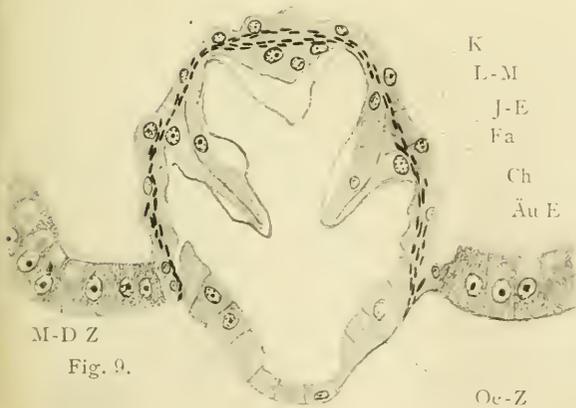


Fig. 9.

D-R
Ch
V-R

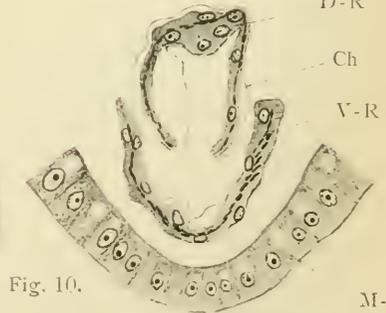


Fig. 10.

M-D Z

vom Berg: Untersuchungen an Cladoceren.

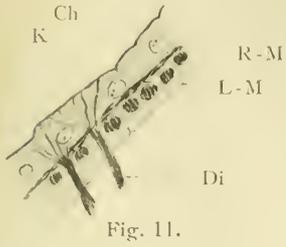


Fig. 11.

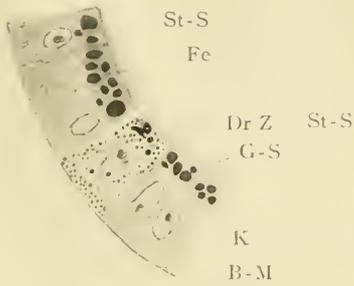


Fig. 12.

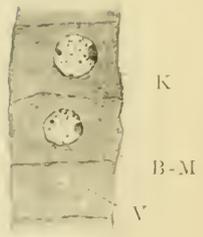


Fig. 14.

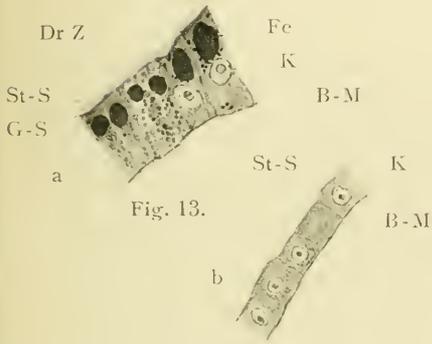


Fig. 13.

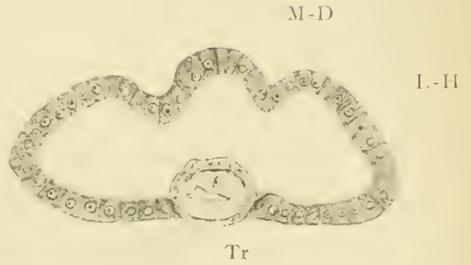


Fig. 15.

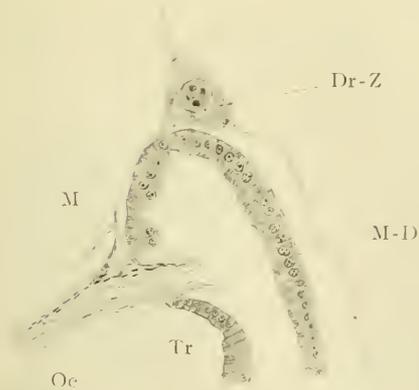


Fig. 16.

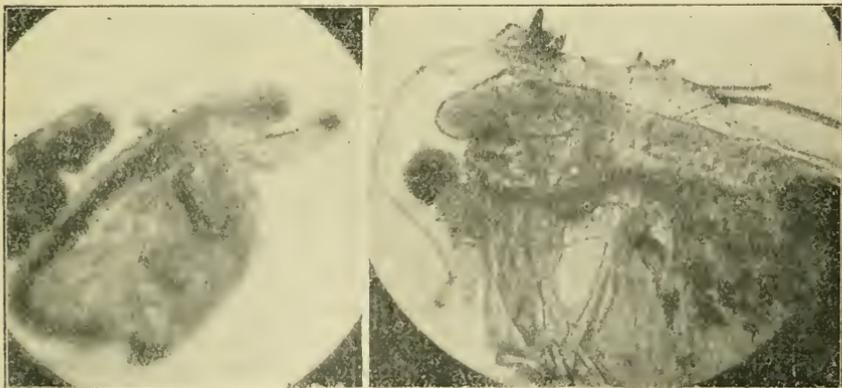


Fig. 17.

vom Berg: Untersuchungen an Cladoceren.

K,	Kern;	R-S,	Rückensinus;
kl-K,	kleiner Kern;	S,	Sehnen;
L-H,	Leberhörnchen;	St,	Stützpfiler;
L-M,	Längsmuskeln;	St-S,	Stäbchensaum;
M-D,	Mitteldarm;	S-Z,	Sekretzellen;
M-D-Z,	Mitteldarmzellen;	Tr,	Trichter;
Oe,	Oesophagus;	U-La,	Untere Lakune
O-L,	obere Lage;	U-L	Untere Lage
O-La,	Obere Lakune;	V,	Vakuole;
P,	Pigment;	V-R,	Ventrale Rinne.
R-M,	Ringmuskeln;		

- Fig. 1. Querschnitt durch die Schale v. *Simocephalus*. Zeiss Ocul. 0, Imm. 1/12.
 Fig. 2. Gefärbte Schalendrüse v. *Simocephalus*. Nach dem Leben gezeichnet.
 Fig. 3. *Eurycerus lamellatus*. Anordnung des Pigmentes. Nach dem Leben gezeichnet.
 Fig. 4. Brauner Pigmentfleck von *Eurycerus*. Nach dem Leben.
 Fig. 5. Blauer Pigmentfleck von *Eurycerus*. Nach dem Leben.
 Fig. 6. Querschnitt durch ein linkes Haftorgan von *Sida*. Zeiss Ocul. 4 Imm. 1/12.
 Fig. 7. Medianschnitt durch den Vorderdarm und Mitteldarm von *Sida*. Leitz Ocul. 0, Obj. 6.
 Fig. 8. Querschnitt durch den Mitteldarm und Trichter. Leitz Ocul. 3. Obj. AA.
 Fig. 9. Querschnitt durch den Trichter. Leitz Ocul. 5. Obj. 6.
 Fig. 10. Querschnitt durch den Trichter weiter kaudalwärts. Leitz Ocul. 5. Obj. 6.
 Fig. 11. Querschnitt durch die Wand des Ösophagus von *Sida*. Zeiss Ocul. 0, Imm. 1/12.
 Fig. 12. Querschnitt durch den Mitteldarm von *Sida*. Zeiss Ocul. 0, Imm. 1/12.
 Fig. 13. Längsschnitt durch das Mitteldarmepithel von *Sida*. a) Im vorderen Teil, b im hinteren Teil des Darmes. Zeiss. Ocul. 0. Imm. 1/12.
 Fig. 14. Mitteldarmepithel von *Polyphemus*. Leitz Ocul. 4, Imm. 1,5.
 Fig. 15. Querschnitt durch den Vorderdarm und Mitteldarm von *Polyphemus*. Zeiss Ocul. 2. Leitz Obj. 6.
 Fig. 16. Sagittalschnitt durch den Vorderdarm und Mitteldarm von *Polyphemus*. Zeiss Ocul. 2. Leitz Obj. DD.
 Fig. 17. Querschnitt durch die große Drüsenzelle in Nacken von *Polyphemus*. Zeiss Ocul. 2. Leitz Obj. 6.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Naturgeschichte](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [80A_12](#)

Autor(en)/Author(s): Berg Mia von

Artikel/Article: [Morphologische und physiologische Untersuchungen an Cladoceren über Pigment, Haftorgane und Darmkanal. 1-33](#)