

Über die Bewegung und das Bewegungsorgan des *Cyclostoma elegans* und der einheimischen Schnecken überhaupt.

Von

Dr. Heinrich Simroth in Leipzig.

Mit Tafel I und 9 Holzschnitten.

Citirte Schriften.

- I. BREHM, Thierleben. Band X.
- II. CLAPARÈDE, Beitrag zur Anatomie des *Cyclostoma elegans*. Arch. f. Anat. und Phys. 1858. p. 1—34.
- III. CLAU, Grundzüge der Zoologie. II. Aufl.
- IV. GEGENBAUR, Grundzüge der vergl. Anatomie. II. Aufl.
- V. VON IHERING, Vergl. Anatomie und Phylogenie der Mollusken.
- VI. ——— Beiträge zur Kenntniss des Nervensystems der Amphineuren und Arthrocochliden. Morph. Jahrb. III. p. 155—178.
- VII. LEYDIG, Die Hautdecke und Schale der Gastropoden, nebst einer Übersicht der einheimischen Limacinen. Archiv f. Naturgesch. XLII. 1876. p. 209 bis 292.
- VIII. MOQUIN-TANDON, Les Mollusques terrestres et fluviatiles de France.
- IX. RAUBER, Über das System der spinalen Ganglien. Sitzungsber. der naturf. Ges. zu Leipzig. 1880. p. 15.
- X. ROSMAESSLER, Iconographie der Land- und Süßwassermollusken Europas. I. V. und VI.
- XI. SIMROTH, Über die Sinneswerkzeuge unserer einheimischen Weichthiere. Diese Zeitschr. XXVI. p. 227—349.
- XII. ——— Die Thätigkeit der willkürlichen Muskulatur unserer Landschnecken. Diese Zeitschr. Bd. XXX. Suppl. p. 166—224.
- XIII. ——— Die Bewegung unserer Landschnecken, hauptsächlich erörtert an der Sohle des *Limax cinereoniger*. Diese Zeitschr. Bd. XXXII. p. 284—322.
- XIV. ——— Das Fußnervensystem der *Paludina vivipara*. Diese Zeitschr. Bd. XXXV. p. 141—150.
- XV. ——— Über die Bewegung der Weichthiere. Zeitschr. f. d. ges. Naturw. 1880. p. 500—503.
- XVI. SOCHACZEWER, Das Riechorgan der Landpulmonaten. Diese Zeitschr. Bd. XXXV. p. 30—46.

Erster Theil.

Bewegung und Bewegungsorgan des *Cyclostoma*.

Wer dem Kriechen der Schnecken Interesse und Aufmerksamkeit zuwendet, für den muss das *Cyclostoma elegans* eine besondere Anziehungskraft haben, denn die Beobachter weisen der Art seiner Bewegung eine völlige Sonderstellung unter den Lokomotionsformen der Gastropoden an. Der Bedeutung des Thieres entsprach meine dankbare Freude, als Herr Dr. BRAUN gegen Ende des vorigen Jahres die große Güte hatte, auf eine Aufforderung meinerseits in einem früheren Aufsatz (XIV) hin mir sieben istrische Exemplare lebend aus Dorpat zu übersenden. Nach einigen Tagen erwachten zwei im warmen Zimmer bei Zugabe genügender Feuchtigkeit aus dem Winterschlaf, aber nur eine ließ sich bewegen, drei bis vier Stunden lang in einem Glase ziemlich eifrig zu kriechen; seit der Zeit wagte sich keine einzige wieder aus dem Gehäuse heraus, entsprechend dem von den verschiedenen Beobachtern erwähnten äußerst scheuen Wesen dieser Art. Doch genügte, hoffe ich, die Beobachtung der einen Schnecke, um die Einsicht in die Mechanik ihrer Bewegung einigermaßen zu fördern.

Die Form der Schale und des Thieres ist zu allgemein bekannt, um einer neuen Beschreibung zu bedürfen; doch möchte eine Korrektur hier am Platze sein. Nach ROSSMAESSLER'S Darstellung (X. I. p. 89 ff.) »verfährt das *Cyclostoma* beim Schließen des Gehäuses mit dem Deckel, der beim Gehen hinten auf dem Fuße liegt, wie andere Deckelschnecken, z. B. *Paludina*, *Valvata* und *Neritina*, d. h. es bricht die Sohle unten in die Quere zusammen, so dass die beiden Sohlenhälften auf einander zu liegen kommen, und zieht sich dann zurück, wobei nothwendig der Deckel in die Mündung passt«. Dieses Zusammenklappen der Sohle, so dass die hintere Hälfte die vordere berührt, habe ich unter vier Schnecken, die ich öffnete, nur bei einer, die besonders erschlaft war, gefunden, und auch da nur unvollständig. Die Tödtung erfolgte in kaum alkoholischem Wasser, nachdem die oberste Schalenwindung abgebrochen war, um die Lage im Gehäuse nicht zu alteriren. Da war denn die Sohle keineswegs gebrochen, sondern verlief ganz gerade vom Deckel unter den Rüssel, wie in Fig. 4. Die Unterseite zeigt Fig. 3. In der Mitte erscheint die beide Hälften trennende Linie, in jeder Hälfte treten eine Reihe durchscheinende Blasen hervor, links und rechts annähernd symmetrisch, hinten die größten, nach vorn immer kleinere. Die mäßige Kontraktion der Fühler in Fig. 4 widerspricht der Annahme eines Muskelkrampfes, die gerade Haltung und die blasige Auftreibung kommen vielmehr durch

einen normalen Tenor der Muskeln zu Stande, und das Kollabiren der Sohle bei völliger Erschlaffung aller Spannung zählt schon zu den Leichenerscheinungen, wie es denn in einem Falle erst nach einigen Tagen sich einstellte. Die unbedeutende Abweichung in der Haltung der Sohle würde hier kaum Erwähnung verdienen, wenn sie nicht mit einem besonderen, für die Lokomotion wichtigen Blutreichthume zusammenhinge. Und so gehe ich zu der letzteren über.

I. Die Bewegung.

Mir erregte die eigenthümliche Art der Bewegung des *Cyclostoma elegans* ebenso Staunen und Freude, wie ROSSMAESSLER'n, als ich das erste Mal sie gewahren durfte. Die Furche, welche die Sohle der Länge nach schneidet, das abwechselnde Vorsetzen und Fixiren der Hälften, die Beihilfe des saugenden Rüssels scheint nur dem Genus *Cyclostoma* im engeren Sinne eigen, und nicht jenen Arten, die man auch unter dem Namen *Pomatias* abgetrennt hat. Wenigstens bezweifelt bei ihnen ROSSMAESSLER die Sohlenhalbirung (X, V und VI, p. 50), und MOQUIN-TANDON giebt sie von keinem dahin gehörenden Thiere an (VIII, II, p. 499, 504, 503). So wäre also nur noch *Cyclostoma sulcatum* aus der europäischen Fauna ein ähnliches Wunderthier (nach ROSSMAESSLER's Ausdruck), aber es wird sich der Beobachtung mehr verschließen, denn »il est ordinairement dans l'obscurité. Le Cyclostome élégant aime au contraire le soleil« (VIII, II, p. 495), welches letztere ROSSMAESSLER bestätigt.

FISCHER, den ich früher citirte (XII, p. 223), schildert die Bewegung etwas schematisch: »hier heftet sich der Mund fest, darauf wird die rechte, nachher die linke Sohlenhälfte losgelöst, nach vorn geschoben und wieder befestigt, worauf der dreifache Rhythmus sich wiederholt«. Er fühlt sich dadurch bewogen, diese Schnecken allen übrigen, die er als glisseurs bezeichnet, als arpenteurs gegenüberzustellen, also den Gleitschnecken die Schreitschnecken (*Journal de Conchyliologie*. Paris 1857). ROSSMAESSLER, dessen Darstellung in BREHM's Thierleben, Bd. X von O. SCHMIDT (I, p. 254), übergegangen ist, hat bereits die regelmäßige Betheiligung des Rüssels gelegnet, denn er schreibt: »Was die Thätigkeit des Rüssels betrifft, so ist nicht zu leugnen, dass das Thier beim Gehen sehr häufig mit demselben auf der Fläche, auf der es hinkriecht, sich festsaugt und dadurch das Gehen erleichtert, allein wesentlich scheint diese seine Funktion dabei nicht zu sein, da ich auch oft Schritte bloß mit Hilfe der beiden Wülste thun sah.«

Aus diesen kurzen Referaten und dem Hinweis, dass ROSSMAESSLER's erste Lieferung 1835, FISCHER's Bericht aber erst 1857 erschien, ergibt sich wohl die Aufforderung, die Akten über die Lokomotion des Cyclo-

stoma von Neuem zu öffnen und namentlich zu untersuchen, in wie weit die scharfe Gegenüberstellung desselben gegen alles sonst von den Schnecken Bekannte berechtigt sei, von selbst.

Streckt das Cyclostoma den Fuß, um diesen zuerst abzuhandeln, aus der Schale, so kommen beide Hälften gleichzeitig, und ihre Vorderländer behaupten dieselbe Höhe. Sucht das Thier, an der Unterlage keinen Geschmack findend, mit dem Vorderkörper tastend in der Luft, wo es einen neuen Anhaltspunkt gewinnen möge, so bleibt der hintere Sohlentheil befestigt (am Glase), und die vorderen Theile werden, in welcher Stellung sie sich gerade zu einander befinden, gleichzeitig emporgehoben und losgelöst, gerade wie bei jeder Lungenschnecke, wohl ein Beweis, dass der Antheil, den der Retraktor oder die Muskulatur der seitlichen Körperwand an der Sohlenbewegung, so weit sie nicht die eigentliche Lokomotion betrifft, nimmt, sich in der Funktion von dem Retraktor anderer Schnecken nicht unterscheidet.

Soll, wenn beide Sohlenhälften dem Glase anliegen, ein Schritt gethan werden, so wird die eine Hälfte unter Verschmälerung von der Mitte aus gelöst, aber nicht immer ganz oder doch nicht immer die vorderen und hinteren Theile gleichzeitig, sondern die hinteren lösen sich zuerst, dann die mittleren; und es geschieht, dass die Sohle hinten schon wieder festliegt, ehe sie ganz vorn gelöst ist. An jedem losgelösten Theilchen tritt — und diesen Kernpunkt scheinen alle früheren Beobachter übersehen zu haben, — ein deutliches Wellenspiel auf. Die Wellen sind außerordentlich dicht und zart, eine losgelöste Hälfte erscheint über und über fein gekräuselt. Sie sind nicht in regelrechte Reihen geordnet; manchmal nur bilden sie, durch Zufall, eine schräge Reihe, die von einem Punkte der Mitte nach einem vorderen Punkte des Außenrandes verläuft. Aber sie ziehen stets, wie bei allen Schnecken, von hinten nach vorn, nie umgekehrt. Wer freilich das Wellenspiel bloß an den Pulmonaten s. s. studirt und die deutlichen Querwellen über die ganze Sohlenbreite im Sinne hat, wird sich am Cyclostoma schwer orientiren. Dessen Wellen gleichen denen einer an der Oberfläche schwimmenden oder kriechenden Limnaea (s. u.), und die Welle einer Helix verhält sich zu denen der Limnaea oder des Cyclostoma, wie eine Fluthwelle, die kontinuierlich über den Ocean fortschreitet, zu dem Wogen eines Getreidefeldes, wo man zwar auch das Fortschreiten, der Windrichtung gemäß, erkennt, wo aber keineswegs eine regelmäßige Ausrichtung der Wellen; senkrecht zur Windrichtung, Statt hat. Die Wellen des Cyclostoma hören noch nicht immer gleich auf, wenn die gelöste Sohle sich wieder festsetzt; denn ehe das vollständig geschehen ist, erkennt man sie noch am seitlichen Rande einer Stelle, in deren aufliegendem Theile bis zur Mittellinie man nichts

bemerkt. Aber auch da müssen sie vorhanden sein, denn manchmal sieht man noch eine Sohlenhälfte ein wenig gleiten, die vollkommen festliegt, ohne dass eine Spur des inneren Wellenspieles außen sichtbar wäre. Die Erscheinung ist genau dieselbe, wie bei einer *Limnaea*, bei der man das Wellenspiel deutlich beobachtet, so lange sie an der Oberfläche schwimmt, während es verschwindet, sobald sie am Glase kriecht, obgleich doch in beiden Lagen die Bewegung gleich fördernd sein kann, wie man denn auch bei einer kriechenden *Paludina* keine Spur des Wellenspiels wahrnimmt. Der Grund ist der Mangel an geregelter Ordnung der Gerinnung in den einzelnen Fasern zu deutlichen Querreihen, deren die Landpulmonaten sich erfreuen. Geronnenes und flüssiges Eiweiß schiebt sich in zu engem Gemisch durch einander, als dass wirs durch das Epithel hindurch erkennen könnten, so lange nicht die Gerinnungsexpansionen zu freien, geordneten Erhabenheiten umschriebene Hautstellen emportreiben.

Das Nachziehen der Sohlenhälfte, ihre Verkürzung von hinten her geschieht zweifelsohne durch die Retraktorfasern in der hinteren Leibeswand, im sogenannten Schwanz.

Das Festlegen der freien, verschmälerten Sohlenhälfte erfolgt mit großer Willkür nach Zeit und Ort. Jede beliebige Partie kann zuerst auftreten, eine mittlere, eine seitliche, eine vordere, eine hintere, eine vordere und hintere gleichzeitig. Ja es können sich während dieses Vorganges beliebige Theile wieder lösen und dann erst endgiltig befestigen. Liegt die Hälfte an, wobei sie noch ein wenig gleiten mag, so können, genau wie bei *Helix*, einzelne Luftbläschen darunter fixirt bleiben und einen bestimmten Trennungsraum zwischen Glas und Haut bilden. Der Schluss der Sohlenbefestigung, der unzweifelhaft eintritt, sobald die andere Hälfte ihr Spiel beginnt, ist jedes Mal ein stärkeres Ansaugen, verbunden mit einer Verbreiterung der Hälfte, welche von vorn nach hinten schreitet und stets an ersterem Pole am bedeutendsten ist (vgl. Fig. 4). Auch in der fixirten Hälfte ruht noch nicht Alles, sondern unbestimmte hellere und dunklere Wellen oder Wolken, die aber mit der Kräuselung der freien Sohle nichts zu thun haben, schon weil sie viel voluminöser sind, wogen hin und her, oder auf und ab, und führen stets zu dem Ziel, dass der mediale Theil etwas dunkler schattirt wird. Sie scheinen durchaus nur auf lakunären Blutwogen zu beruhen, und die Verdunkelung erfolgt durch stärkere Füllung und deutlicheres Durchschimmern des pigmentirten Parenchyms.

Jetzt mag die andere Hälfte das gleiche Spiel ausführen.

Wenn der ganze Fuß ruht, so treten die Runzeln, die das todte Thier zeigt (Fig. 3 und 4), an den Rändern und der Mitte schwach hervor.

Will die Schnecke die Wegrichtung ändern, wie in Fig. 2, so unter-

scheidet sich der Modus schwerlich von dem der Pulmonaten, und die kriechende Hälfte wird durch die allgemeine Hautmuskulatur zur Seite gezogen.

Der Rüssel kann schon deshalb nicht als unerlässlich für die Lokomotion angesehen werden, weil Schnecken, die fein vertheilte Nahrung aufnehmen, während des Kriechens fressen, wie denn Limnaeen, Planorben und Paludinen unter gleichmäßiger Fortbewegung die grünen Algen der Aquariumwand abweiden. Sie lecken, indem sie den Kopf zuerst möglichst weit nach links etwa biegen und dann bis zum gleichen Ausschlage nach rechts, worauf die umgekehrte Bewegung eintritt; es entsteht ein regelmäßiges Hin- und Herpendeln, wobei in ganz gleichem Rhythmus die Radula vorgestreckt und eingezogen wird. Und da das Thier dabei ununterbrochen vorwärts gleitet, so resultirt ein zierliches Zickzackband in dem Algenanflug, und dies gestattet es bei einiger Übung, die frühere Anwesenheit fast jeder Art aus der Weidefährte zu erkennen. Ähnlich sieht man bei einem kriechenden Cyclostoma den Rüssel auf der Unterlage, allerdings nur gradeaus, hingleiten und dabei die Zunge unausgesetzt aus- und einziehen.

Anders, wenn der Rüssel, wie es sehr häufig, aber nicht immer, geschieht, zur Lokomotion verwandt wird. Dann wird er festgesaugt. Das Saugen erfolgt durch die Wirkung des Retraktors, also der Längsmuskulatur in der Wand, welche, wie Fig. 5 und 6 äußerlich zeigen, von der Mitte der Scheibe radiär ausstrahlt. Dass die saugende Kraft keine andere sein kann, beweist der Schalenhub, der fast jedes Mal mit dem Ansaugen verbunden ist. Die Schale sinkt dann langsam zurück, um beim nächsten Ansaugen wieder gehoben zu werden. Die Streckung und das Vorwärtsgleiten des Rüssels ist schwerlich einem Blutzufuss gut zu schreiben, denn man bemerkt keinerlei Schwellung, sondern es geschieht durch die Kontraktion der Ringmuskulatur, wie bei einem Blutegel.

Um noch einige Beobachtungen über die Geschwindigkeit anzuführen, so kroch das Thier nach einander in je einer Minute:

- I. schräg aufwärts 0,4 cm (Versuchsdauer 10 Minuten).
- II. aufwärts 0,05 cm (Versuchsdauer 2 Minuten).
- III. seitlich 0,66 cm (Versuchsdauer 6 Minuten).
- IV. aufwärts 0,7 cm (Versuchsdauer 3 Minuten).

Es ergibt sich also als Maximalgeschwindigkeit in der Minute der geringe Werth von 0,7 cm. Beim ersten und letzten Versuche wurden die Schritte gezählt, worunter je ein Wechsel der Sohlenhälften zu verstehen ist; im ersten kamen auf die Minute 4, im letzten 7 Schritte, so dass also die Entfernung, um welche ein Schritt das Thier fördert, gleichmäßig 4 mm beträgt. ROSSMAESSLER giebt (X, I, p. 90) für den Schritt »etwa eine Linie«

an, was entweder auf eine allgemeine, ungenaue Schätzung seinerseits, oder auf größere Agilität von Seiten seiner Thiere hinausläuft.

Soll aus Vorstehendem die Lokomotion in die wichtigsten wirksamen Faktoren zerlegt werden, so dürften es folgende vier sein:

1) Verlängerung der einen Sohlenhälfte durch lokomotorische Wellen, die, ohne sich zu regelmäßigen Querbändern zu vereinen, von hinten nach vorn ziehen wie bei allen von mir untersuchten Schnecken;

2) Aufsetzen der Sohle mit Verbreiterung, jedenfalls durch Blutfluss, wie denn die starke Runzelung der todten Sohle auf viele Lakunen hinweist. Die Verbreiterung, erzeugt durch erhöhten Druck, steigert mit der Kontaktfläche die Adhäsion.

3) Nachziehen des hinteren Körperendes durch den Retraktor, zugleich mit Loslösung der Hälfte von der Mitte aus.

4) Mitwirkung des Rüssels, der durch Kontraktion seiner Ringmuskeln gestreckt und festgesetzt und durch die Zusammenziehung der Längsmuskulatur oder des Retraktors festgesaugt wird. Letztere Thätigkeit hebt zugleich die Schale empor.

Der wichtigste Faktor bleibt immer der erste, da er das *Cyclostoma* den allgemeinen Gesetzen, welche die Schneckenlokomotion beherrschen, unterstellt. Nicht weniger springt die völlige Freiheit im Gebrauche der übrigen hervor, wie denn bloß etwa das Nachziehen des Hinterendes und der regelmäßige Wechsel beider Sohlenhälften konstant erscheinen. Dass letzterer aus der Sohlenhalbirung unmittelbar folgt, braucht kaum gesagt zu werden. Von weiterer Bedeutung scheint der Blutgehalt der Sohle zu sein, wenn auch das Spiel des Blutes ein ziemlich verschiedenes sein kann.

Da nun das Wellenspiel als der eigentliche Motor, der das Thier vorn verlängert, sowohl an der freien wie an der festliegenden Sohle geschehen kann, und da der Retraktor wie bei allen andern Schnecken die Verkürzung von hinten her übernimmt, so ist die principielle Übereinstimmung mit den übrigen Gastropoden gefunden; alles Übrige, die Loslösung, der überwiegende Einfluss des Blutflusses und das unterstützende Eingreifen des Rüssels, ist Beiwerk, welches allein aus den besonderen Lebensverhältnissen des *Cyclostoma*, die es vor den Verwandten, den Prosobranchiern, voraus hat, erklärt werden darf. Diese veränderten Umstände gipfeln darin, dass ein Wasserbewohner zu einem Landthiere geworden ist. Die Schwierigkeiten, die dadurch für die Lokomotion erwachsen, können nur im Wechsel des Mediums und in dem schwerfälligen Baue des Thieres mit gewichtiger Prosobranchierschale gefunden werden. Im Wasser wird von dem Thiere ein so großer Theil getragen, dass nur ein verhältnismäßig geringer Procentsatz seiner Masse wirklich bewegt zu werden braucht, in der Luft ist die gesammte Körperlast fortzubewegen.

(Der Vortheil, den die Widerstandsverminderung in der Luft bietet, kommt bei der Langsamkeit des Schrittes nicht in Betracht.) Eine so große Masse durch vordere Sohlenverlängerung fortzuschaffen, reicht das schwache und unregelmäßige Wellenspiel eben hin; aber es genügt nicht, um zugleich beim Gleiten auf einer rauhen Fläche die bedeutende Reibung zu überwinden (während dies an glatter Unterlage, am Glase, zeitweilig wohl geschehen kann); darum wird die Sohle, so weit sie lokomotorisch thätig ist, gelöst, und das Wellenspiel vollzieht sich in der Luft in völliger Freiheit. Das Thier hebt also sein Bein, seine Wulst, seine Sohlenhälfte nicht, wie man's bisher fasste, um einen Schritt zu machen, sondern allein, um die Berührung mit dem Boden aufzuheben, daher auch bloß partielle Lösung vorkommt; und wenn beim Niedersetzen die Sohlenhälfte ein Stückchen weiter vorn den Boden berührt, so hat das seinen Grund in der Verlängerung durch lokomotorische Wellen vorn und in der Verkürzung durch den Retraktor hinten. Diese Loslösung hat zur nothwendigen Voraussetzung eine Theilung der Sohle der Länge nach. Um der anhaftenden Sohlenhälfte die nöthige Ausdehnung zu geben und eine hinreichende Adhäsionsfläche herzustellen, wird sie durch starken Blutzufluss verbreitert. Endlich kommt, durch selbständige Accommodation entstanden und aus den Verhältnissen der Sohle nicht abzuleiten, die gelegentliche Beihilfe des saugenden Rüssels hinzu.

Bei den Pulmonaten ist dieselbe Schwierigkeit, die ihnen der Übergang in die Luft setzte, auf ganz anderem Wege überwunden, den ich früher schon beschrieb und unten präciser formuliren werde.

II. Das lokomotorische Nervensystem.

Hierzu gehören die Hirnnerven, so weit sie in die Schnauze gehen und möglicherweise motorisch sind, namentlich und vor Allem aber die Pedalganglien mit ihren Nerven. Von diesen sind mir hauptsächlich zwei Darstellungen bekannt, die leider beide als unzulänglich bezeichnet werden müssen, die ältere von CLAPARÈDE (II), die neuere von v. IHERING (V, p. 88). CLAPARÈDE (p. 6, Fig. 7) zeichnet richtig sechs Nerven, die am Hinterende aus den Fußganglien austreten, lässt aber alle vorderen weg; von IHERING, wohl die Anatomie der verwandten Paludina im Auge, fasst die hinteren in einen einzigen zusammen (Taf. VII, Fig. 30), fügt dafür aber drei seitliche hinzu, noch einen eigenthümlichen vorderen übersehend. Beide Forscher haben außerdem durch das Neurilemm sich verführen lassen, dessen Umrisse für die der Ganglien zu setzen, was für die phylogenetischen Schlüsse von IHERING's vielleicht verhängnisvoll geworden ist. Es wird das beste sein, die Beschreibung von Neuem zu beginnen.

Die Pedalganglien (Fig. 11 *gp*, Fig. 7) stecken in einem lockeren,

hinter dichten, bindegewebigen Neurilemm, nicht ohne einzelne Muskelfasern, das von einer Menge länglicher, körniger, grau-, gelb-, schwarzbrauner Farbzellen durchsetzt wird. Es füllt den Raum zwischen den Ganglien vor und hinter der Kommissur (Fig. 7) bis zur geraden vorderen und hinteren Verbindungslinie vollkommen aus und verdeckt leicht durch seine Masse die hinteren inneren Konturen der Ganglien mit den zwischenliegenden Theilen.

Mit den oberen Schlundknoten stehen sie, wie durch von IHERING bekannt, in doppelter Verbindung, durch die Cerebropedal- (Fig. 7 I) und die merkwürdigerweise hier viel stärkere Visceropedalkommissur (II). Unter einander tauschen sie zwei Faserzüge aus, die Pedalkommissur (III), die bisher viel zu breit oder vielmehr gar nicht angegeben wurde, da die Ganglien nach den früheren Darstellungen sich in breiter Fläche berührten, und durch eine zarte hintere, bisher übersehene Kommissur (IV). Ich erkannte sie in einem Präparate, wo sie von Bindegewebe überdeckt war, mit Mühe als nervenlos, auch als etwas kürzer als in Fig. 7; in dem gezeichneten gingen einerseits zwei ganz zarte Nerven nach hinten ab, andererseits war nur einer wahrzunehmen; es ist möglich, dass die Entfernung des Bindegewebes den Genossen wegriss, doch hat auch die kleine Unregelmäßigkeit nach den allgemeinen Befunden an den feinsten Nerven der Weichthiere, besonders den von Kommissuren ausgehenden (vgl. XIV, Holzschnitt), kaum etwas Auffallendes. In einem Präparate glaubte ich noch eine kürzere feinere Kommissur zu sehen zwischen III und IV, parallel zu IV; doch war es ein Präparat mit Bindegewebe, daher Täuschung nicht ausgeschlossen. Sie existirt nach den sonstigen Befunden wahrscheinlich nicht.

Aus jedem Ganglion kommen 9, oder wenn man will, 10 Nerven:

1) Ein Nerv, der zwar aus dem unteren Ende der Visceropedalkommissur entspringt, sicher aber seine Wurzeln aus den Pedalganglien herleitet. Er zieht seitlich in den vordersten Sohlentheil und giebt bald einzelne Nervenfädchen ab.

2 und 3) Die beiden nächsten Nerven, die auch als drei auftreten oder erscheinen können, entsprechen den drei kleinen Nerven, die v. IHERING seitlich zeichnet (l. c.). Sie entspringen gerade unter den Ganglien mit einer kurzen, dicken, wie es scheint, gemeinsamen Wurzel, und man sieht sie, wenn man die Ganglien von vorn zurückschlägt; denn sie ziehen Anfangs parallel senkrecht nach unten, zur Seite des Fußdrüsensackes, und biegen dann seitlich nach außen. Ihre Verzweigung erfolgt in verschiedenen Exemplaren nicht ganz gleich, und ich habe sie links nach einem anderen Thiere gezeichnet als rechts.

Die sechs übrigen Nerven (4—9) können nach ihrer Richtung und

Verbreitung zusammengefasst werden; sie strahlen im Thier regelmäßig in die Sohle aus einander, so dass die zugehörigen rechts und links, je mehr sie nach hinten liegen, um so weniger divergiren. Eigentlich wäre 7 als hinterster Nerv zu zeichnen, da er das Ende der Ganglien bildet; die anderen entspringen sämmtlich vor ihm, 4 mehr isolirt seitlich, 5, 6, 8 und 9 aus der Unterfläche. Überhaupt entspringt kein Nerv von der Oberseite, 4 und 7, der vorderste und der hinterste, liegen mit ihren Ursprüngen in der Ebene der oben abgeplatteten Ganglien, 4 entspringt ein klein wenig tiefer am Rande, die anderen unten. Es ist möglich, dass ich zwischen den hinteren Nerven noch einen feinen übersehen habe, den ich manchmal zu erkennen glaubte; doch schien mir die Sicherheit seiner Existenz oder Nichtexistenz die Mühe genauer Nachforschung oder das Opfer eines neuen Thieres nicht zu lohnen. Die Stärke der verschiedenen Nerven ergiebt sich aus der Figur.

Das Verbreitungsgebiet der Fußnerven folgt aus der Anfangsrichtung von selbst; es ist jedenfalls, bei aller Verschiedenheit der Ursprünge, ein ganz ähnliches, wie ich es von *Paludina* zeichnete, von den Kommissuren abgesehen, also rings in der Sohle, mehr nach dem Rande zu. Ich habe bei der dunkleren Färbung des Sohlenparenchyms die Nerven nicht weit in dieses hinein zu verfolgen vermocht, doch ist aus dem Mangel der gangliösen Einlagerungen zu folgern (s. u.), dass ein sympathisches Netz durch Anastomosen so wenig gebildet wird, als bei der Sumpfschnecke. Andererseits glaube ich behaupten zu dürfen, dass die Kommissuren, welche bei der letzten die vorderen und hinteren peripherischen Nerven beider Seiten verbinden, hier fehlen. Denn erstens sind die Haut und die Muskulatur des Gewölbes in der die Sohle halbirenden Furche, von oben präparirt, so dünn, dass man leicht von Anfang bis zu Ende kontrolliren kann, ob Nerven herüberwechseln, wovon ich nichts sah; zweitens hätten diese Kommissuren einen auffallenden Umweg und Bogen in die Höhe zu beschreiben, um aus einer Hälfte in die andere überspringen, und endlich drittens lässt die funktionelle Trennung dieser Hälften eine nervöse Verknüpfung nicht eben erwarten.

Histologisch unterscheiden sich die Nerven ganz außerordentlich von denen der *Paludina*; denn während dort die Pedalganglien gar nicht von den beiden zellenreichen Hauptsträngen sich absetzen, während ebenso die peripherischen Nerven und ihre Verzweigungen fast an allen Stellen kleine Knoten zeigen, so wüsste ich kaum ein besseres Beispiel von Sonderung der Zellen und Fasern, als eben das Fußnervensystem des *Cyclostoma*. Die Ganglien sind ganz scharf umschrieben und die Nerven so zellenrein wie irgendwo bei einer Schnecke. Ich habe nur in einem Falle ein Paar vereinzelt Zellen an den Nerven bemerkt, die in Fig. 7, 2

und 3 rechts eingetragen sind; zwei Zellen legen sich glatt dem Nerven an, die dritte aber, in 2 zunächst dem Ganglion, offenbar eine der gewöhnlichen unipolaren Ganglienzellen, die bei Schnecken so häufig sind, sitzt mit dem einen Pole dem Nerven auf, und der andere entsendet eine starke Faser, die sich bald gabelt (natürlich bei stärkerer Vergrößerung untersucht). Fasern, vom Nerven abtretend, wurden in dem sehr klaren Bild überhaupt nicht wahrgenommen; und so lässt sich hier als Gelegenheitsfrucht die Thatsache gewinnen, dass eine Ganglienzelle, die nur einerseits einen Hauptnerven berührt, andererseits ganz allein und auf eigne Hand einen Nerven bildet und ihr besonderes Verbreitungsgebiet hat.

Der Schnauzennerven kurz zu gedenken, so hat sie von IHERING richtig dargestellt, der Hauptsache nach. Er verzeichnet (V, p. 87) »zwei starke nach vorn verlaufende Nerven, welche sich in die Lippen und Schnauze vertheilen«. Man könnte freilich auch fünf angeben, einen feinen, der von unten in den Pharynx, etwa in der Mitte seiner Länge eintritt (Geschmacksnerv?), und vier starke, deren Verbreitung man sich am einfachsten klar macht, wenn man den Umkreis der Schnauze oder des Saugnapfes (Fig. 5) in acht Bogen theilt und nach jedem Theilpunkte einen Nerven ziehen lässt, von wo er sich in die Schnauze verliert. Die mikroskopische Untersuchung lehrt indess, dass der Ursprung aus dem Hirn kein konstanter ist, dass die Trennung der Stämme früher oder später eintreten kann. Ja ich habe einen Fall gesehen, wo auf der einen Seite ein Nerv mit zwei Wurzeln entsprang, die bald zu einem einzigen Nerven verschmolzen, während sie auf der anderen Seite ganz getrennt blieben. Da ich nicht weiß, wie viel von den Fasern dieser Nerven motorisch sind, werde ich sie nicht weiter berücksichtigen¹.

Wer in der Anlage des pedalen Nervensystems des *Cyclostoma* einen Ausdruck der bilateralen Sohle wiederzufinden erwartete, würde denselben Fehler begehen, als der, welcher den Grund für das gelegentliche Zurückziehen des linken Fühlers einer *Helix* bei ausgestrecktem rechten in der Ausbildung der Fühlernerven suchen wollte. Höchstens kann der Mangel peripherer Verknüpfung, die bei *Paludina* zwischen dem ersten und dem letzten Nervenpaare, bei den Landpulmonaten zwischen allen Nervenästen der linken und rechten Sohlenhälfte Statt hat, als ein Zeichen völliger Trennung der Fußhälften gelten, und das muss es allerdings.

Wichtiger fast ist die Ausprägung unseres Fußnervenapparates zur Entscheidung der phylogenetischen Fragen, die ich gelegentlich der Palu-

¹ Diese Frage dürfte zu einer besonderen Untersuchung der Schnauzennerven ermuntern, denn entweder liegt im Saugnapf ein sehr feines Sinnesorgan vor, was bei der Funktion nicht wahrscheinlich, oder man hätte bei dem großen Nervenreichtum Aussicht, das Verhältnis der motorischen Nerven zu den Muskeln endlich aufzuklären.

dina aufwarf, da sie uns als Prüfstein für die gegenseitige Verwandtschaft der Chiastoneuren, wie von IHERING sie aufstellt, dienen kann. Hier habe ich zunächst einen Fehler nachzuholen, den ich in der Litteraturberücksichtigung, nicht in der Sache begangen habe. Wenn ich bei der Paludina die beiden Kommissuren zwischen den Pedalnervenstämmen als etwas Neues in der gewiss durch von IHERING gut begründeten Gruppe der Chiastoneuren hinstellte, so hätte ich auf eine andere Abhandlung dieses Autors Bezug nehmen sollen (VI), in welcher von der Fissurella costaria (Fig. 2) und von der eng verwandten Emarginula Huzardi (Fig. 3) dicht hinter den Pedalganglien (kurzen Längsstämmen mit zahlreichen Kommissuren, deren hinterste die stärkste ist und den Bereich der Ganglien abschließt) noch zwei weitere Kommissuren gezeichnet werden. Indess hat das auf die Paludina keinen Bezug, sondern diese Kommissuren kommen nur den Fissurelliden, die sich an Chiton anschließen, zu und sind bei den entfernter stehenden Chiastoneuren entweder verschwunden oder mit den Ganglien verschmolzen, so dass für die Auffassung des Hauptwerkes (V) Alles beim alten bleibt. Bedeutungsvoller vielleicht noch, als die Existenz dieser Kommissuren, ist von IHERING's Entdeckung (VI), dass von den Kommissuren zwischen den Pedalganglien bei Fissurella, wie bei Emarginula Nerven abgehen, ähnlich wie von der Kommissur meiner Fig. 7 oder von der zweiten Paludinenkommissur.

Thatsachen und Schlüsse lassen sich daher jetzt so zusammenfassen:

Bei Chiton sind zwei starke gangliöse Pedalnervenstämmen vorhanden mit zahlreichen Kommissuren durch die ganze Länge der Sohle. Daran schließt von IHERING die Fissurelliden, bei denen die Kommissuren nur noch vorn sich finden, wo sie in die verkürzten Pedalganglien übergeben, dicht dahinter sind noch zwei Kommissuren, die wohl weiter auch dahin eingehen. Bei den übrigen Arthrocochliden sollen die metameren Theile der Pedalnervenstämmen völlig zu zwei soliden, durch eine Kommissur verbundenen Pedalganglien verschmolzen sein.

Dem gegenüber stelle ich das Fußnervensystem von Paludina und Cyclostoma, also von zwei einander nahe stehenden Gattungen, welche annähernd die Endglieder der von den Fissurelliden abgeleiteten Kette bilden sollen.

Bei Paludina sind zwei starke gangliöse Pedalnervenstämmen vorhanden mit zwei oder drei Kommissuren durch die ganze Länge der Sohle. Daran schließt sich Cyclostoma, wo nur noch vorn eine Kommissur (Fig. 7 IV) sich findet (natürlich von der vordersten, eigentlichen Pedalkommissur III abgesehen), welche die zu zwei kompakten Ganglien verkürzten Längsnervenstämmen verbindet.

Man sieht: zwischen Paludina und Cyclostoma genau derselbe Über-

gang wie zwischen Chiton und Fissurella, nur mit dem Unterschiede, dass der Kommissuren zwar weniger sind, dass aber andererseits die Konzentration der gangliösen Masse noch viel entschiedener zur Durchführung kommt, da von den Pedalganglien des *Cyclostoma* nur so gut wie zellenreine Nerven entspringen. Wie soll man diesen Parallelismus deuten? Soll man *Paludina* zu Chiton stellen, und Fissurella, mit *Cyclostoma* vereinigt, davon ableiten? Das verwehrt die sehr charakteristische Kreuzung oder Verschiebung der Visceralkommissuren, die *Paludina* viel enger mit *Cyclostoma* verbindet als mit einer der beiden anderen oder als diese unter sich verbunden sind (der übrigen Anatomie ganz zu geschweigen). Wenn wir innerhalb einer Reihe dasselbe nochmals sich vollziehen sehen, was überhaupt die Bedingung der Reihe, was bei ihrem ersten Gliede bereits abgemacht sein soll, dann kann wohl nur folgen, dass die Reihe falsch aufgebaut, dass die Bedingung falsch gesetzt worden ist. Ist dieses richtig, so haben wir weiter kein Recht, so weit das Fußnervensystem in Frage kommt (und dieses ist hier zur Grundlage gemacht worden), den Ausgangspunkt von Fissurella und Chiton zu nehmen und mit ihnen die Entwicklung an die Amphineuren unter den Würmern anzuknüpfen, da doch die Platycochliden, also eine ganz ähnliche Schneckenreihe, von den Strudelwürmern anheben sollen. Wollte man noch einen letzten Anker versuchen, so böte sich vielleicht die Existenz von Kommissuren zwischen den gangliösen Pedalnervestämmen oder den kompakten Pedalganglien überhaupt, freilich in einer numerischen Schwankung von 4 bis 30. Doch ist wohl ein Zweifel erlaubt, ob Jemand auf so schwankender Grundlage das wichtigste System aufbauen wollte. Ja noch mehr. Die Kommissur IV erinnert sehr an die Parapedalkommissur, welche von IHERING von zahlreichen Ichnopoden, also Platycochliden abbildet. Und wenn er von dieser Parapedalkommissur, die Nerven entsendet, die Subcerebralkommissur trennt, die keine ausschickt, — und wenn dieser Unterschied bei der Schwierigkeit, an diesen zarten Bändern in jedem Falle die Nerven zu finden, und bei der gelegentlichen nachträglichen Entdeckung derartiger Nerven (wie solche von IHERING selbst bei der Fissurella nachträglich beschrieb) hinfällig werden dürfte, so finden sich unter den Ichnopoden die meisten mit derselben Kommissur, wie das *Cyclostoma*. Und hat man auch daraus nicht gleich die engste Verwandtschaft abzuleiten, so ist's doch ein Fingerzeig, wie wenig im Allgemeinen auf die Existenz solcher Kommissuren morphologischer Werth zu legen, und wie man noch nicht jede einheitliche Auffassung der Klasse der Gastropoden fallen zu lassen gezwungen zu sein braucht¹.

¹ Bei Thoresschluss lese ich die vorläufige Mittheilung, welche Graf B. HALLER

III. Drüsen und Epithel.

Wer an einer erschlafften Cyclostoma-Leiche die Sohlenhälften aus einander biegt und überrascht das tiefe Gewölbe, wie man eigentlich statt Furche sagen sollte, betrachtet (Fig. 6), dem fallen am Grunde zwei milchweiße Streifen auf, die sehr deutlich aus der schwarzgrauen Wandfläche sich abheben (*d*). Sie sind vorn am stärksten und keilen sich hinten aus, so dass sie bereits ein Stück vor dem Sohlenende sich völlig verlaufen haben. Je einer gehört zu einer Furchenhälfte, beide werden nahe dem Vorderende durch ein Querjoch von gleicher Farbe verbunden, das sich durch das Gewölbe herüber spannt. Zunächst glaubt man es wohl mit zwei sehnigen Streifen zu thun zu haben, bestimmt, jeder Sohlenhälfte eine Fixationslinie zu geben und beide zusammenzuhalten. Schwankend wird man durch die Wahrnehmung, dass bei anderen Exemplaren das Querjoch fehlen kann; und die mikroskopische Prüfung beweist, dass die Streifen nicht anders zu Stande kommen, als durch eine massenhafte Anhäufung von Schleimdrüsen. Will man sie einzeln zu Gesicht bekommen, so kann man nur die letzten verschwindenden Enden der Streifen untersuchen (Fig. 8), denn vorn stehen sie so gedrängt, dass bei der Dicke des Schleimes eine Unterscheidung des Détails sehr bald zur Unmöglichkeit wird. Sie drehen von links und rechts ihre Ausführungsgänge einander zu, da ihre Achse des Körpers Querachse entspricht. Vereinzelt stehen sie dann noch in dem Raume zwischen beiden Streifen, im Furchengewölbe, wo sie sich gelegentlich häufen, um das erwähnte Querjoch zu bilden. Die Gestalt der Drüsen (Fig. 9) ist die, welche LEYDIG (VII) als Retortenform bezeichnet. Ihr Inhalt, der nach dem Winterschlaf sehr dick und fest erscheint, besteht aus einer grau-gelben grobkörnigen Masse ohne kohlen-sauren Kalk, da Essigsäure kein Gas entwickelt. An einigen war eine Tunica propria zu bemerken, einen verschmälerten Ausführungsgang bildend. Da man derartige milchweiße Punkte auch sonst auf dem Rücken des Thieres nach Entfernung des Epithels schon mit bloßem Auge hier und da zerstreut wahrnimmt, so kann kaum ein Zweifel bestehen, dass wir's mit der allgemeinen Kategorie der Schleimdrüsen zu thun haben, und wenn ich bei der Verdickung des Schleimes nicht im Stande war, ihre Histologie aufzuklären, so darf ich mich doch wohl LEYDIG anschließen, der diese Schleimdrüsen (VII, p. 224) für einzellig erklärt.

im Zool. Anzeiger IV. p. 92 ff. über Chiton, Patella, Haliotis, Fissurella, Turbo und Trochus veröffentlicht. Es scheint mir theils verfrüht, vor der ausführlichen Publikation darauf einzugehen, theils auch nicht unumgänglich nothwendig, da das Endresultat mit dem meinen übereinstimmt. Die sehr veränderte Darstellung, welche das Fußnervensystem jener Thiere erfährt, muss künftig aus der verheißenen Abhandlung entnommen werden.

Weit merkwürdiger als diese nur durch ihre Lage und Anordnung auffälligen Schleimdrüsen ist die eigentliche Fußdrüse (Fig. 40), in der man zuerst vielmehr die Drüse eines Arthropoden, etwa die Giftdrüse einer Ameise vor sich zu haben glaubt, als ein Gastropodengebilde. Ich glaubte schon, der Entdecker dieser hübschen Einrichtung zu sein, doch sehe ich, dass ich CLAPARÈDE die Ehre lassen muss. Da seine Beschreibung nicht in CLAUS' Zoologie (III) übergegangen, und da sie von GEGENBAUR mit zwei Zeilen zweifelhaft und nebenbei erwähnt wird (IV, p. 562), was wohl in der oberflächlichen Behandlung ohne Abbildung der Drüse seinen Grund hat, so mag hier der wichtige Passus aus des Entdeckers Beschreibung nochmals Platz finden (II, p. 26).

»Es ist endlich noch ein anderer Sekretions- oder wahrscheinlicher Exkretionsapparat bei *Cyclostoma* vorhanden, muthmaßlich von gleicher Bedeutung, wie der, welchen DELLE CHIAJE und KLEEGER am Fuß verschiedener Pulmonaten kennen lehrten. Bekanntlich besteht dieses Organ bei den Limacinen aus einem geraden Kanal, an dessen Seite zahlreiche Drüsenbälge liegen und welcher unterhalb des Mundes nach außen mündet. Bei *Cyclostoma* ist die Beschaffenheit desselben eine andere: dicht unter der Haut, zwischen dem Munde und dem Fuße, befindet sich ein ovaler breiter Sack, der mit einem weißen Sekret erfüllt ist, so dass dessen Farbe durch die Haut selbst durchschimmert. Von diesem Sack gehen zwei lange Schläuche aus, die sich vielfach winden und einen dichten Knäuel um die unteren Schlundganglien und die Gehörbläschen bilden. Die Ganglien sind sogar von diesen Schläuchen so umwunden, dass es eine Unmöglichkeit ist, den Knäuel ohne Zerreißung aus einander zu wickeln und deshalb hat es große Schwierigkeit, die Gehörorgane in ihrem Zusammenhange mit dem Nervensystem rein zu präpariren. Es konnte natürlich die Länge der Schläuche nicht geschätzt werden, da ihr Verlauf so verwickelt ist und wir vermochten leider nicht einmal mit Gewissheit zu ermitteln, ob sie blind endigen, wie dies wahrscheinlich ist. Jeder Schlauch hat eine gleichmäßige Breite von 0,40 mm, da jedoch die Wandungen ziemlich dick sind, so ist das Lumen nur 0,068 mm breit. Diese Schläuche sind mit einem Epithel ausgekleidet, dessen Zellen die Absonderung des Drüsensekretes übernehmen. Wenn sie einmal mit letzterem erfüllt sind, so werden sie ins Lumen des Schlauches abgestoßen und bis in den unteren Sack fortgeführt. Dieser ist also voll Zellen, deren Beschaffenheit mit derjenigen der Epithelzellen des Schlauches übereinstimmen. Es sind dieselben 0,007 bis 0,048 mm breit und gewöhnlich so mit dem Sekret erfüllt, dass der Kern nicht wahrgenommen wird (Fig. 44 a). Hier und da kommen jedoch weniger strotzend erfüllte Zellen vor (Fig. 44 c), die einen ovalen Kern von 0,003 bis 0,006 mm

Durchmesser zeigen. Das Sekret (Fig. 14 b), welches aus blassen runden 0,002 bis 0,005 mm großen Körnern besteht, befindet sich sowohl ganz frei im Sacke, wie in den Zellen selbst eingeschlossen. Es kommen auch im Inhalt des Sackes vereinzelt 0,006 bis 0,026 mm — also ziemlich wie die gewöhnlichen Drüsenzellen — breite Zellen vor (Fig. 14 d), die einen ganz anderen Zellinhalt einschließen. Derselbe besteht aus sehr kleinen, unmessbaren Körnchen, die beständig in lebhafter Molekularbewegung begriffen sind. Möglicherweise werden diese Körnchen durch eine bloße Zersetzung oder sonstige Umwandlung des gewöhnlichen Zellinhaltes erzeugt. — Ohne Zweifel wird dieses Sekret beim Gehen vor dem Fuße entleert und dient dazu, die Bahn schlüpfrig zu machen. «

Hierzu einige Erweiterungen. Der weiße Sack, der in einem Falle 4 mm maß, hat seine Lage unter den Pedalganglien, so dass man ihn von oben ein wenig vorn hervorragen sieht (Fig. 14). Seine Ausmündung liegt an der Grenze von Rüssel und Fußsohle, vor deren Furche, wo er durchschimmert (Fig. 6 c). Die beiden Schläuche kann man ganz gut präpariren, wenn auch nicht zum Messen entwickeln, da sie leicht zerreißen. Sie treten nicht auf die Oberseite der Ganglien, daher man diese nur vorsichtig zurückzuschlagen, den Sack an der Mündung loszuschneiden und mit den Schläuchen herauszunehmen hat (Fig. 10). Die Schläuche münden nahe dem Vorderende von unten her in den Sack ein, ähnlich wie die Harnleiter in die Blase eines Säugers. Nach hinten werden sie immer dünner und zarter und geben zuletzt je drei Seitensprosse ab, so dass jede dieser tubulösen, zarten Drüsen mit vier Blindschläuchen endigt. Was sofort ins Auge fällt, ist der Unterschied in der Färbung des Sackes und der Schläuche, jener erscheint milchweiß, diese braun- oder graugelblich. Der Sack, den ich immer leer fand, verdankt seine Farbe — und das hat CLAPARÈDE ganz übersehen — der Struktur seiner Wand. Denn diese besteht in der ganzen Fläche aus einer zarten Tunica propria mit denselben oder ganz ähnlichen Schleimdrüsen, wie ich sie aus der Furche beschrieb, wohl mit Epithelzellen dazwischen. An den Schläuchen erkannte ich ebenfalls eine Tunica propria, aber kein Lumen, sie waren durch und durch mit einer gleichmäßigen oder fein granulösen Masse gefüllt, wahrscheinlich in Folge langen Nichtgebrauchs, daher hier CLAPARÈDE's Schilderung eintreten muss. Wir haben es hier also mit einem doppelten Sekret zu thun. Der Sack liefert einen Schleim, wie die Drüsen der Furche und der Haut; aber dieser genügte nicht als Schmier- oder Klebmittel bei der so sehr erschwerten Bewegung in der Luft, darum traten die Schläuche mit ihrem besonderen Produkte hinzu.

Die Entleerung des Sackes kann nicht durch ihn selbst geschehen,

denn seine Wandung entbehrt, wie die der Schläuche, der Muskelfasern, einige wenige, die an der Mündung von der Haut aus herübertreten, ausgenommen. Sie erfolgt aber viel besser durch die Decke von Quermuskeln, die ihn von den Fußganglien trennt (Fig. 11), viel besser, weil dadurch der Rhythmus der Entleerung mit dem Rhythmus der Bewegung, also die Spende mit dem Bedürfnis zusammenfällt (s. u. IV).

Über die Bedeutung des Sekretes, oder doch über seine örtliche Verwendung, können Zweifel entstehen. CLAPARÈDE hat schwerlich Recht, wenn er die Aufgabe in dem Schlüpfrigmachen der Bahn sucht. Wahrscheinlich dient es theils als Schmier-, theils als Klebmittel (s. u.), und als letzteres kommt es vermuthlich nicht bloß der Sohle zu Gute, sondern auch der Saugscheibe des Rüssels. So genau der Rüssel beschrieben ist (MOQUIN-TANDON unterscheidet an ihm bis zur Ansatzstelle der Fühler 13 ringförmige Runzeln), so wenig ist seine erneute Betrachtung überflüssig. Seine vordere Saugscheibe, durch eine Hauptlinie in zwei seitliche Hälften, durch sie und eine Querlinie in vier Quadranten geschieden, in der Ruhe noch mit regelmäßigen strahligen Faltungen (Fig. 5 und 6), hat keinen rings fortlaufenden Kontur, sondern dieser ist unten in der Mitte unterbrochen, da hier eine Rinne herantritt. Denn die Haut des Rüssels, oben sehr dick und am Boden bedeutend verdünnt, bildet an letzterer Stelle, indem sie sich nach innen faltet, eine deutliche Rinne, die, in der unteren oder vorderen Hälfte mit scharfen Rändern, oben oder hinten sich allmählich verflachend, bis in die Nähe der Fußdrüsenmündung hinanreicht. Es kann sicher angenommen werden, dass die Rinne einer Herableitung des Sekretes auf die Fläche der Saugscheibe dient, wie dieses, einmal unten angelangt, durch die radiären Furchen der Scheibe sich leicht auf ihr ausbreiten muss; auch fand ich am unteren Rinnenende, in der Übergangsstelle auf die Scheibe, einen weißlichen Fleck, den ich zuerst für Schleimdrüsen hielt. Da aber solche mit dem Mikroskop nicht zu entdecken waren, so war der Überzug als Schleim selbst zu deuten und von der Fußdrüse abzuleiten. Andererseits ist keinesfalls eine Verbreitung des Sekretes auf die Sohle ausgeschlossen; im Gegentheil muss es, einmal ergossen, einfach über deren vorderen Rand herabfließen, und zwar kommt es, da eine Entleerung jedes Mal gleichzeitig mit der Loslösung der einen Sohlenhälfte erfolgt, stets der anderen, sich verbreiternden, festgesaugten Hälfte zu Gute, deren Adhäsion es unterstützt.

Ich habe es leider an meinem spärlichen Materiale unterlassen, in der Rüsselrinne (wie an der Sohle) nach Wimperepithel, dessen Existenz nicht unwahrscheinlich ist, zu suchen. CLAPARÈDE leugnet das Vorkommen von Cilien für die ganze Haut. Was ich sonst von Epithel geprüft

habe, ist wenig, doch nicht ohne alles Interesse. Für das freie Auge schon erscheint die Fläche der Sohle glatter, gleichmäßiger, etwas heller als die übrige Haut, von der sie sich scharf absetzt. Das Gleiche gilt von der Saugscheibe, welche eben so bestimmt gegen die Cylinderwand des Rüssels abgegrenzt ist (Fig. 4—6). An Thieren, die man in lauwarmem, schwach alkoholischen Wasser längere Zeit stehen ließ, kann man das Epithel, namentlich das der Sohle und der Saugscheibe, in einer kontinuierlichen Membran abziehen. Das Epithel der übrigen Haut, etwa vom Rücken, lässt sich auch in kleinen Fetzen abnehmen und zeigt sich dann unter dem Mikroskope äußerst complicirt aus allen jenen Theilen, die von der Gastropodenepidermis beschrieben sind. Ohne sie zu analysiren, bemerkt man gleich verschiedene Zellen mit Auffransungen oder Zellfüßen, sehr reichliches Pigment, wie denn die Haut mit Epithel dunkel braungelb, ohne dieses fast sammetschwarz aussieht, und wahrscheinlich Sinneszellen, dazu Drüsenmündungen. Anders das Epithel der Sohle. An einer dünnen Cuticula hangen kurzcyllindrische Zellen von polygonalem Querschnitt sehr regelmäßig, Farbstoff und Drüsen fehlen, in jeder Zelle sind Kerne und Kernkörperchen sichtbar. Ähnlich in dem Überzuge der Schnauze. Die Cuticula verdickt sich hier etwas nach der Mundöffnung zu; an ihr hangen ebenfalls nur ungefärbte, etwas längere Cylinderzellen, nicht ohne Füße. Ich habe nicht untersucht, in wie weit bei der trennenden Operation Sinneszellen auf der Cutis zurückbleiben. In jedem Falle gleichen sich Saugscheibe und Sohle in der Cuticula und einem gleichmäßigen, farblosen Epithel, gegenüber einem großen Reichtum des epithelialen Apparates in der übrigen Körperbedeckung.

Es haben also die Flächen, welche bei der Lokomotion die Unterlage zu berühren bestimmt sind, eine besondere Umbildung ihres epithelialen und cuticularen Überzugs erfahren, die sie resistenter macht. Sie werden ferner durch zwei gemischte Schleimarten befeuchtet, die eine verschiedene Bedeutung zu haben scheinen. Der Schleim der weißen Drüsen dürfte als Schmiermittel dienen; und so groß scheint die Schwierigkeit zu sein, welche die Reibung dem Gleiten der Flächen bereitet, dass selbst die Wände der Furche, also Theile des Thieres, die sich gegen einander verschieben, sorgfältig geschmiert werden müssen. Das Sekret der tubulösen Drüsen macht schon durch sein Aussehen den Eindruck eines zäheren Klebstoffes und wird vermuthlich die Adhäsion des angesaugten Rüssels wie die der befestigten Sohlenhälfte, der es jedes Mal besonders zu Gute kommt, steigern. So wird, denke ich, die Anstrengung in der Drüsenentwicklung, um die Berührungshindernisse zu überwinden oder die Adhäsion zu erhöhen, eine Stütze mehr für die Ansicht, welche, bei der Zunahme der Schwierigkeit durch rauhere Berührungs-

flächen, die hauptsächlichste Gleitbewegung, die lokomotorischen Wellen, durch abwechselndes Loslösen der Sohlenhälften dem Kontakte zeitweilig ganz entziehen und die Eigenart des *Cyclostomafußes* hauptsächlich auf diesen Punkt zurückführen will.

IV. Muskulatur und Blut.

In schwach alkoholischem Wasser getödtete Thiere haben beim Öffnen meist noch einigen Starrkrampf, einen Kontraktionszustand in den Muskeln, der die zarteren unter ihnen besser erkennen lehrt, als wenn völlige Erschlaffung sie gedehnt und abgeblasst hat. Sie erscheinen dann nach MOQUIN-TANDON'S Ausdruck perlmutterartig und fallen leicht in die Augen. So vor Allem gleich beim Zertrennen der hinteren Körperwand in der oberen Mittellinie (der Schwanzdecke), wo eine sehr kräftige Längsmuskulatur als besondere Verdickung der Körperwand sich bemerklich macht (Fig. 44 a). Sie hat ja den Deckel zu schließen und zu halten und beim Kriechen mit ihren unteren Abschnitten das Sohlenende nachzuziehen. Nirgends erscheint daher die Hautmuskulatur so dick, fest und perlmutterartig, schon für das freie Auge als Muskel, wie hier. Sodann fallen im Innern einige Quermuskeln auf, ebenfalls geschlossen und perlmutterartig glänzend, namentlich ein kräftiger Querbalken, unmittelbar über den Fußganglien durch die Bauchhöhle gespannt, ein etwas schwächerer hinter und unter ihm, ein anderer vor ihm über und vor der Fußdrüse.

Unter dem kräftigen Quermuskel tritt jederseits, aus der Leibeswand entspringend, ein zartes, vorn sich verbreiterndes Längsmuskelband hervor (Fig. 44 b), das im unteren Halbkreis des Pharynx sein vorderes Ende findet. Man könnte über die Funktion schwanken. Denn die Bänder können eben sowohl dazu dienen, bei dem Aufsetzen der Saugscheibe als ein mittlerer Stempel zu ziehen und das eigentliche Saugen zu bewirken, als sie nach dem Ansaugen den Rüssel von der Unterlage lösen, und beim Rückzug des Thieres ins Haus möglichst verkürzen mögen. Der bei fast jeder Saugbewegung erfolgende Schalenhub (s. oben I) beweist, dass dazu die Längsmuskulatur der oberen Rüsselhaut verwandt wird, daher unseren Muskeln umgekehrt das Lösen und Zurückziehen des Rüssels zufallen mag, wofür auch die Trichterform einer eingezogenen Schnauze spricht (Fig. 6).

Zwei kleinere freie Längsmuskeln sind noch zu verzeichnen (Fig. 44 c). Sie haben denselben vorderen Insertionspunkt wie die Rüsselretraktoren, im unteren Halbkreis der Berührungslinie von Pharynx und Haut; ihr anderes Ende aber setzt an der hinteren unteren Schlundkopfbegrenzung ein; und sie werden nichts Anderes leisten, als das gleichmäßige Vorstoßen der Radula beim Lecken.

Die starken Quermuskelbalken ändern ihr Ansehen völlig, wenn man einem erschlafte Thiere in die Leibeshöhle Wasser injicirt. Zu dem Zwecke wird die Schale und der Eingeweidetasche abgetrennt und die Kanüle neben dem Darm in den Leib eingebunden, so dass die Schlinge den oberen Theil des Thieres unter dem Mantel rings umfasst. Dann muss das Wasser denselben Weg nehmen, auf dem das Blut das Heraus-treten der Sohle aus dem Hause bewirkt¹. Luftblasen, die durch Zufall mit hinein kommen, zeigen sehr schön den Verlauf; man sieht sie von außen, wenn man die nun völlig geschwellten Sohlenhälften aus einander biegt, deutlich durch die Haut der Furche schimmern; sie wandern in der Sohle von vorn nach hinten, nicht in regelmäßigen Bahnen zusammenhängend, sondern in lakunären Spalten rechts und links verschieden, bald in einem engen Passe sich gabelnd, bald eine weitere Lücke füllend. Der Rüssel wird bei diesem Versuche nicht wesentlich geschwellt, weshalb man wohl annehmen darf, dass er zwar aus der Schale durch Blutzufuhr gefördert, aber zu lokomotorischem Gebrauche durch seine Ringmuskulatur gestreckt wird, wie ich's bereits oben (I) angab. Öffnet man das Thier nach dieser Behandlung, so ist der feste Querbalken über den Pedalganglien zu einem breiten, durchscheinenden Bande geworden (Fig. 44, 1), das sich von hinten und oben nach unten und vorn quer durch die Breite der Leibeshöhle zieht. Der Balken dahinter und darunter ist zu einem ähnlichen Muskelband, einem Zwerchfell ähnlich, ausgebreitet (Fig. 44, 2). Nimmt man 1 und 2 weg und präparirt den Boden der Bauchhöhle frei, so wird derselbe wiederum durch eine kontinuierliche Schicht feiner Muskelfasern gebildet, welche bis hinten in die Haut reichen, und zwischen denen seitlich die sich zerstreuen Retraktorbündel der Körperwand in die Sohle hinabziehen. Entfernt man von diesem Muskelboden, unter den man die Pincette ganz wohl schieben kann, einen Theil, wie es an der Schicht Fig. 44, 3 hinten geschehen ist, so stößt man dicht darunter abermals auf eine ähnliche, zu ihr parallele Querschicht (Fig. 44, 4), die sich wieder für sich abheben lässt; dann erst hat man die dünne Haut des Furchengewölbes vor sich. Als Fortsetzung der beiden untersten Schichten (oder einer?) spannt sich eine schon erwähnte

¹ Gegen die Identität der Wasserbahn bei diesem Einspritzungsversuche mit dem normalen Blutlauf, der Kopf und Sohle einer Schnecke schwellt, scheint ein Einwurf möglich. Man könnte, z. B. bei einer Helix, an die vordere Acarta denken, welche durch den unteren Theil des Schlundringes tritt und sich in den Kopf, die Fühler und besonders in die Sohle verzweigt. Indess erfolgt das Herausquellen des Leibes aus der Schale viel zu heftig, als dass es durch den geringen Blutstrom vom Herzen her bewirkt werden könnte. Man hat vielmehr die Ringmuskulatur der Haut und den Druck auf die Blutmenge der Leibeshöhle als allein genügende treibende Kraft anzusehen.

Quermuskeldecke zwischen den Pedalganglien und dem Fußdrüsensack aus, vorn noch ein Stück weit auf dem Rüsselboden verfolgbar (dieselbe Figur zwischen den Längsmuskeln *b*). Auch unter diese Schicht kann man von vorn einen Pincettenast einschieben, ohne Gewebszerreißung.

Warum sind nun, so ist zu fragen, die gespannten straffen Quermuskelbalken nach oder bei der Injektion zu breiten Bändern oder Flächen erweitert? Offenbar, weil das von vorn in die Sohle gepresste Wasser, hinten wieder rückläufig, in den Körper oder die Bauchhöhle emporsteigen wollte, dabei auf die Septen traf und sie durch Druck ausbreitete. Daraus folgt, glaube ich, dass auch die beiden vorderen Bänder oder Balken (Fig. 11, 1 und 2), wie es wohl nach der Analogie mit 3 und 4 zu erwarten, bis an die hin-

tere Körperwand reichen, was nach der Art der Behandlung und aus Mangel an weiterem Material nicht ad oculos demonstrirt wurde. Die Bauchhöhle wird also durch die vier Quer-

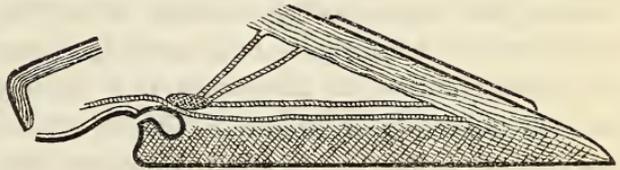


Fig. I.
Schematischer Längsschnitt durch das *Cyclostoma*, dicht neben der Mitte. Er durchschneidet den Fußdrüsensack und darüber ein Pedalganglion.

muskelplatten als Septen gewissermaßen in vier Kammern zerlegt, wie es der Holzschnitt schematisch ausdrückt, die obersten drei zwischen je zwei Septen, die unterste zwischen der vierten Platte und der Sohle. Der Injektionsversuch und die Anatomie erklären meiner Meinung nach die Bestimmung vollkommen: Wenn die Sohle von vorn und oben her mit Blut gefüllt ist (wie es scheint, durch die Spalte zu beiden Seiten der Fußdrüse, vom Rüsselboden her), und es wird beim Kriechen die eine Sohlenhälfte durch die Retraktorfasern der Wand vom Boden gelöst (s. o), zugleich mit einer Verschmälerung, die wohl schon mit auf Kosten der untersten Quermuskelschichten zu setzen ist, so muss das Blut aus dieser Hälfte mechanisch herausgedrückt werden und nach vorn oder in die Leibeshöhle zu entweichen suchen. An dem Abfluss nach vorn wird es gehindert durch das vorderste Septum, das gerade über den Ganglien einen starken Querbalken bildet. So entweicht es in die Leibeshöhle hinter diesem Septum. Und indem nun die übrigen Septen in der Reihenfolge, in der sie numerirt wurden, sich kontrahiren, verengern sie die Leibeshöhle und treiben das Blut in die nicht kontrahirte, anliegende Sohlenhälfte, welche dadurch (s. o.) von vorn her verbreitert wird und an Adhäsionsfläche gewinnt. Dann wiederholt sich dasselbe Spiel mit der anderen Sohlenhälfte, oder die Septen vertheilen, wenn der Fuß

ruhen will und keine Hälfte kontrahirt, das Blut gleichmäßig in beide Hälften.

Es bedarf kaum eines Wortes, um die oben erwähnte Regelung in der Fußdrüsenentleerung durch die abwechselnden Kontraktionen der Sohlenhälften zu erörtern. Durch das Heranpressen der erhobenen Sohle gegen die Mitte muss jedes Mal ein Druck auf den Sack ausgeübt werden, der einen Schleimausfluss veranlasst.

Übrigens sind die Septen nicht etwas ganz vereinzelt Dastehendes, wenigstens habe ich u. a. eine Quermuskelschicht als Leibeshöhlenboden von mehreren Lungenschnecken beschrieben.

Die Muskulatur des Rüssels ist, wie öfters erwähnt, an der Decke viel stärker, als am Boden. In den von der Scheibe entfernteren, oberen Theilen sieht man ziemlich deutlich dichte Ringfaserschichten, die von Längsbündeln bald über-, bald unterlagert werden. Weiterhin gegen die Scheibe laufen die Längsmuskeln in divergirende Schrägfasern aus, die sich unter immer flacheren Winkeln kreuzen, so dass es hier kaum gelingen wird, eine eigene Ringmuskulatur nachzuweisen.

Somit ist es nicht eben schwer, in die Mechanik aller der Theile des Lokomotionsorgans des Cyclostoma, welche seine Sonderstellung ausmachen und von jeher in die Augen fielen, einen leidlichen Einblick zu gewinnen. Wie aber die eigentlich bewegende Kraft, das Wellenspiel, von den früheren Beobachtern als der am wenigsten hervortretende Faktor übersehen wurde, so ist wenig Hoffnung, aus der Sohlenanatomie und zweckentsprechenden Experimenten die feinen Vorgänge, die diese ungeordneten schwachen Wellen hervorrufen, aufzuklären. Man kann gewiss annehmen, aus Kontraktionsbildern, wie Fig. 3, dass die senkrecht herabsteigenden Retraktorfasern in ziemlich regelmäßigen Querlinien sich in der Sohlenfläche inseriren. Aber eine erschlaffte Sohle, wie sie für die Präparation mit der Lupe allein tauglich, ist so gleichmäßig dicht schwammig verfilzt, dass man nicht einmal diese Bündel herausbekommt. Noch viel weniger erreicht man die Aufhellung der lokomotorischen Fasern. Die ganz durchsichtige Haut aus dem Sohlengewölbe unter der vierten Quermuskelschicht besteht noch aus einem dichten Gewirre hauptsächlich sich kreuzender Schrägfasern. Hält man sich an die Blasen von Fig. 3, so ergeht es einem ähnlich. Eine solche Blase ist oft so durchscheinend, dass sie dem schräg blickenden Auge deutlich die Konturen z. B. des Deckels durch sie hindurch zeigt und nur aus der feinsten Haut zu bestehen scheint. Zieht man aber das Epithel ab, wie ich es oben angab, und schneidet nun mit der Schere das kleinste Partikelchen heraus, so bekommt man wieder das engste Muskelgewirre, von dem ich, trotz allerlei Andeutungen, nichts Bestimmtes auszusagen wage. Ich glaube nicht,

dass je Jemand den Versuch unternommen wird, diese Fasern zu experimentellem Studium zu sondern. Man wird zu diesem Zweck immer wieder an die Limacinen gewiesen sein, welche in dieser Hinsicht die größte Arbeitstheilung zeigen und sicherlich noch mit Erfolg zu behandeln sind. Nichtsdestoweniger dürfte sich durch Analogieschlüsse beweisen lassen (s. u.), dass auch das Wellenspiel des *Cyclostoma* auf denselben Ursachen beruht, wie das der Pulmonaten, d. h. auf der Extension von Längsmuskelfasern. Vielleicht kann man aus der leichten Lösbarkeit des Sohlenepithels gegenüber einem festen Anhaften bei den Pulmonaten folgern, dass die Längsfasern ganz gestreckt verlaufen, ohne ins Epithel umzubiegen, ein Modus, welcher der Verlängerung der frei gehaltenen Sohle und dem fehlenden Bedürfnis eines Adhäsionsdruckes auf die Unterlage, der hier an der fixirten Hälfte bereits durch Blutzufuss und Klebstoff erzeugt wird, sehr wohl entspricht.

V. Rekapitulation.

Was man bisher für das bewegende Princip des *Cyclostoma* gehalten hat, worauf man die Sonderstellung seines lokomotorischen Apparates allen anderen Gastropoden gegenüber gründete, ist nur aus einer sekundären Anpassung hervorgegangen, erzeugt durch den Übergang des Wasserprosobranchiers in das Medium der Luft. Die treibende Kraft ist auch hier ein von hinten nach vorn über die Sohle ziehendes, diese verlängern des Wellenspiel. Da dieses bei der an und für sich sehr geringen lokomotorischen Leistung der Vorderkiemer nicht genügt, um die nicht mehr vom Wasser getragene Körperlast über die rauheren Flächen der Gegenstände in der Luft fortzubewegen, so wird die Reibung aufgehoben, indem sich das Spiel je nach Bedürfnis frei in der Luft vollzieht. Zu dem Zwecke muss die Sohle durch eine Längsfurche halbirt werden. Nun wird die eine Hälfte durch den Hautretractor gelöst, während zugleich die andere durch Blut, das theils durch die halbseitige Retraktorkontraktion, theils durch die Wirkung einer Anzahl von Quermuskelsepten der Leibeshöhle hineingepresst wird, anschwillt und eine größere Adhäsionsfläche gewinnt. Gelegentlich hilft der Rüssel mit, der sich mit seiner vorderen Saugscheibe durch die Kraft seiner Längsmuskulatur, die zugleich die Schale, also die Hauptkörperlast, nachzieht, befestigt.

Welches Hindernis die Reibung der auf jeden Fall schwer und eigenartig zu bewirkenden lokomotorischen Verlängerung in den Weg legt, das beweist die reichliche Ausbildung von Schmierdrüsen an den Flächen, welche einer Reibung, sei es auch nur an Theilen des eigenen Körpers, ausgesetzt sind. So liegen zwei dichte Reihen von Schleimdrüsen in der Furche. Die Fußdrüse aber, die sonst von Prosobranchiern überhaupt

nicht bekannt ist, liefert aus einem vorderen Sack, dessen Wandung dicht mit Schleimdrüsen besetzt ist, und zwei sich daran schließenden langen tubulösen Drüsen mit je vier Blindschläuchen ein doppeltes Sekret, das nicht nur über den vorderen Sohlenrand sich ergießt, sondern durch eine besondere Rinne am Rüsselboden auch auf die Saugscheibe abfließt, und das nach seinem Hauptantheil, dem aus den Schläuchen, die Adhäsion befestigter Flächen an der Unterlage erhöht.

Eine besondere Epithelumbildung mit Cuticula und gleichmäßigen Cylinderzellen charakterisirt ebenso die untere Sohlenfläche, wie die Haut der Saugscheibe.

Das Fußnervensystem weist, namentlich der Paludina gegenüber, eine hohe Koncentration seiner Zellen in den beiden Pedalganglien auf, von denen je neun bis zehn zellenreine Nerven in die Sohle ausstrahlen. Peripherische Kommissuren fehlen, wohl aber sind die Ganglien durch eine zweite Kommissur verbunden, welche zusammen mit denen der Paludina die Chiastoneurenreihe, so weit sie auf Grund der Pedalnerven-anatomie durch Haliotis und Chiton aus den Amphineuren abgeleitet wird, hinfällig macht. Höchstens könnte die den genannten Thieren gemeinsame Existenz der Kommissuren überhaupt als eine Andeutung von Metamerenbildung genommen werden.

Zweiter Theil.

Bewegung und Bewegungsorgan der einheimischen Schnecken überhaupt.

In nachfolgenden Blättern soll versucht werden, die Besonderheit der Bewegung mit der Verschiedenheit der Einrichtungen an den wichtigsten einheimischen Schneckengruppen zu schildern und schließlich ein einheitliches Bild des wechselnden Modus und der Leistungsabstufungen zu entwerfen. Die Landpulmonaten, beschalte wie nackte, die Süßwasserlungenschnecken oder Branchiopneusten von IHERING's, die Vorderkiemer und im Anschluss an sie das Cyclostoma sollen vertreten sein. Es heißt wohl nicht zu viel von der Nachsicht des Lesers erbitten, wenn man ihn von dem Verlangen einer genauen Artbestimmung Abstand zu nehmen ersucht; denn die Forderung, bei der Untersuchung möglichst frische Thiere unangetastet zu beobachten oder nach Bedürfnis sogleich zu zerschneiden, verwehrt vielfach die genaue Betrachtung des Gehäuses oder anderer Eigenheiten. Ebenso können manche Punkte, namentlich aus dem Gebiete der Histologie, hier nur zum Zwecke einer Übersichtsgewinnung angedeutet werden, und ihre genauere Kenntnis muss künftiger Arbeit überlassen bleiben.

I. Über die Bewegung der Branchiopneusten und Prosobranchier.

Der Versuch, bei einer großen Paludina oder Limnaea oder einem Planorbis auf dem Wege mikroskopischer Forschung Einblick zu erhalten in die lokomotorische Muskulatur unter dem Sohlenepithel, wird wohl bei den jetzigen Hilfsmitteln noch lange scheitern weniger an der Verworrenheit der Fasern, als an der Undurchdringlichkeit des Pigmentes. Einige gröbere Verhältnisse der Anatomie lassen sich eher angeben. Bei Paludina ist die lokomotorische Sohle eine scharf getrennte, leidlich dünne, lederartige Platte, in welche die Retraktorfasern nicht eindringen. Von denen wurde schon früher angegeben, dass »sie sich nicht, wie bei den Lungenschnecken, bündelweise mit denen der Sohle mischen, sondern ein darüber gelegenes Dach bilden, das sich ziemlich bequem abheben lässt, da es nur rings am Fußrande in festerer Verbindung der Sohle eingefügt ist« (XIV, p. 144). Es ist also hier eine schöne Trennung des Retraktors und des Lokomotors gegeben, nur schade, dass der letztere so geschwärzt ist. Höchstens erkennt man an dünn gezupften Hauttheilen, dass nahe dem Epithel Längsmuskulatur überwiegt. Bei den Branchiopneusten treten die Retraktorbündel überall in die Sohle jedenfalls bis ans Epithel.

Thiere, welche am Glase kriechen, geben ziemlich dieselben Aufschlüsse über die äußeren Sohlenumrisse, wie die Pulmonaten, über die inneren Vorgänge leider keinen. Es fehlt jede Spur dunklerer Querlinien, wie sie an jeder Pulmonatensohle beim Kriechen von hinten nach vorn ziehen; nicht als ob das Epithel oder Pigment für das Auge ganz undurchdringlich wäre, im Gegentheil, manche Limnaeen zeigen eine hellere Sohle, und bei der Paludina sieht man sehr deutlich den mittleren Sinus, den ich abgebildet habe, namentlich in der hinteren Hälfte, wo die lokomotorische Schicht dünner wird, als eine mediale, dunklere Linie durchschimmern (s. den Holzschnitt II). Es bleibt also nur die Möglichkeit, dass die Wellen überhaupt nicht in der Weise existiren, wie bei den Landschnecken. Dass dabei gleichwohl ein Hauptstoß von hinten nach vorn erfolgt, erkennt man bei der kriechenden Paludina am breiteren Vorderrande, denn hier bildet sich quer herüber ein hervorspringender Wulst (s. den Holzschnitt II), der auch am todtten Thiere noch etwas sichtbar bleibt.

Die Sohlenumrisse haben umgekehrt ganz dasselbe Verhalten, wie die der Landschnecken. Die Fußlänge wächst allmählich von hinten nach vorn; bei einer Paludina, die, noch äußerst scheu, das erste Mal im Aquarium zu kriechen wagte, stieg sie in 8 Minuten von 2,1 auf 2,4 cm, also um ein Siebentel des ursprünglichen Maßes.

Den Beweis, dass die Verkürzung am Hinterende durch den allgemeinen Hautretractor geleistet wird, lieferte die zuerst bei den Landschnecken angewandte Methode der Belastung, die zur Arbeitstheilung zwingt. Eine *Limnaea* weidete, ruhig nach aufwärts kriechend, den Kopf hin und her wendend, mit einer viel größeren *Paludina*, die an der Schale saß, belastet, die Algen ab, ohne sich irgend gestört zu zeigen. Nur wurde von Zeit zu Zeit die Schale nachgezogen, wobei der Fuß sich stark verkürzte. Darauf verlängerte sich die Sohle, während die Schale zurück-sank, vorn erheblich. Das Hinterende wurde dann in Pausen, beträchtlich kürzer als die Intervalle des Schalenhubes, nachgezogen. Hier wurde also die Verlängerung und die Verkürzung, die Wirkung der lokomotorischen und der retraktilen Muskulatur, zeitlich zerlegt, aber auffallenderweise die des Retraktors abermals in zwei Sonderfunktionen, eine, welche, bei kurzem Fuße, die Schale hebt, und eine andere, welche, ohne die Schale zu beeinflussen, die Sohle hinten verkürzt. So ergiebt sich noch eine weitere Thätigkeitstrennung des Hautretractors, als bei den Heliciden, da die vorderen Theile, welche die Schale heben, von den hinteren gesondert sich kontrahiren. Die Länge der Sohle schwankte dabei nicht unbedeutend, von 4,3 cm nach möglicher Verkürzung bis 4,8 cm in verlängertem Zustande, d. h. um ein Drittel des ganzen Durchmessers.

Eine Eigenthümlichkeit der Lokomotion, die ich gelegentlich schon erwähnte und die auf einer Zusammenwirkung der lokomotorischen Muskulatur und der vorderen Theile des Retraktors beruht, kommt hauptsächlich der *Paludina* zu. Sie vermag, diese Gabe immer nur unmittelbar

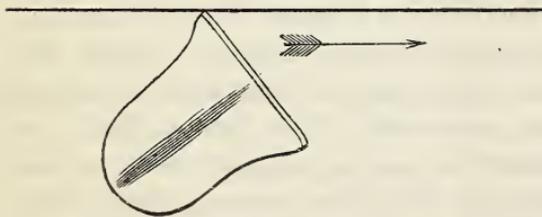


Fig. II.
Sohle einer *Paludina*, in Schrägstellung unter der Wasseroberfläche hinkriechend.

unter dem Wasserspiegel verwendend, in schräger Lage und horizontaler Richtung vorwärts zu kommen, wie ein Pferd, das man in Traversstellung übertretend vorgehen lässt. Und wie dieses eine solche Gangart nicht zur Geschwindigkeit der einfachen

Bewegung geradeaus zu steigern vermag, so bleiben auch bei der Sumpfschnecke die Wegmaße in der Zeiteinheit immer erheblich hinter denen bei direktem Vorwärtsgleiten zurück.

Nach dem, was hier über das Kriechen der Wasserschnecken am Glase gesagt wurde, dürfte man schwerlich hoffen, den Mechanismus, der sie treibt, zu ergründen (— und die Prosobranchier, wenigstens *Paludina*, bilden entschieden den allerungünstigsten Ausgangspunkt für die Untersuchung —), wenn nicht die Branchiopneusten auch die bekannte

Fähigkeit hätten, in umgekehrter Lage, den Fuß nach oben, an der Wasseroberfläche hinzugleiten. »On disait, qu'ils marchent sur la lame d'air en contact avec la surface de l'eau (DUGÈS)« (s. VIII, I, p. 162). Hier wird dem Wellenspiel erlaubt, die Sohlenoberfläche beliebig zu kräuseln. Das Wichtigste von dem dann sich bietenden Schauspielen habe ich oben beim *Cyclostoma* bereits erwähnt (s. dieses I). Wir haben nicht die breiten Bänder, welche bei *Helix* quer die Sohlenbreite überfluthen, sondern eine Menge kleiner, ungeordneter Wellen von geringer Breite und Länge, die aber in nicht weniger regelmäßigem Verlaufe von hinten nach vorn über die Sohle ziehen, sie hier verlängernd und verbreiternd, ganz im Einklange mit dem, was ich von Pulmonaten berichtete (XII und XIII). Was auf den ersten Blick die klare Einsicht trübt, bei weiterer Überlegung aber um so besser das Verständnis unterstützt, sind eine Anzahl kräftiger Längsfurchen, die namentlich vorn und nach der Mitte zu, offenbar als Ausdruck der von der Schale nach unten gezogenen Retraktorbündel, ziemlich tief in die Fläche einschneiden. Sie bleiben nicht immer konstant, sondern rücken, zumal mit ihren Vorderenden, von vorn nach hinten, also scheinbar aller Theorie zum Trotz. Aber wie kann es anders sein, da die Wellen, vor Allem deutlich am seitlichen und vorderen Rande, hauptsächlich nach vorn wirken und hier ununterbrochen anschlagend durch ihre Extension die Fläche erweitern und die Furchen des schwächer bewegten Mitteltheiles schließen? Andererseits zeigt das Vorhandensein dieser Furchen, bei jeglichem Mangel einer queren Faltung, dass die Sohlenverlängerung durch keine andere Muskelkategorie zu Stande kommen kann, als durch Längsfasern. Diesen Schluss hat, bei den Landschnecken wenigstens, bereits DE BLAINVILLE gezogen, nach MOQUIN-TANDON's Citat (VIII, I, p. 160): »Les céphalés terrestres rampent à l'aide de leur pied. Pendant leur progression, il s'opère un mouvement ondulatoire entre la partie postérieure et la partie antérieure de cet organe. Ce genre de reptation ressemble nullement à celui des Reptiles; c'est plutôt un glissement du disque abdominal produit par des ondulations extrêmement fines de tous les petits faisceaux longitudinaux qui composent cet empatement (BLAINVILLE).« Aber der Franzose hat, sei es unabsichtlich oder aus Scheu vor einem scheinbaren Paradoxon, die Konsequenz vermieden, dass eine Verlängerung der Sohle durch Längsfasern nur möglich ist durch Verlängerung dieser Fasern selbst, durch Extension.

Die principielle Übereinstimmung einer schwimmenden *Limnaea* mit einer kriechenden Pulmonate, einer kriechenden *Limnaea* mit einer *Paludina*, einer schwimmenden *Limnaea* mit einer in der Luft sich verlängernden *Cyclostoma*-Sohlenhälfte und einer kriechenden *Limnaea* oder *Paludina* mit einem gleitenden *Cyclostoma* (s. o.) lässt mit Sicher-

heit annehmen, dass die Grundursache bei der Bewegung aller unserer einheimischen Schneckengruppen dieselbe sei.

II. Über das Schwimmen der Branchiopneusten und der Prosobranchier.

Eine große Paludina mit geschlossenem Deckel vom absoluten Gewicht 9,5 Grammes hatte das specifische Gewicht 1,25. Eine 4,6 Grammes schwere Limnaea, welche durch Reizung des Mantels und partielle Luftentleerung zum Untersinken gebracht war, hatte das specifische Gewicht 1,035. Da aber die Limnaea in den meisten Fällen bei gefüllter Athemhöhle nicht sinkt, sondern von selbst an der Oberfläche schwimmt, wie sie sich durch Kompression in die Tiefe versenken kann, so wird man ihr specifisches Gewicht ohne großen Fehler = 1 setzen dürfen, oder es wird doch unerheblich um diesen Werth hinauf- und hinabschwanken. Die Limnaea wird also vom Wasser vollständig getragen, während die Paludina bei der Lokomotion den fünften Theil ihres Gesamtgewichtes zu fördern hat. Da die Limnaea nichts zu leisten braucht als die Verlängerung ihrer Sohle, während bei der Paludina noch eine beträchtliche Masse nach unten zieht, so ist es klar, welchen Vortheil die erstere bei der Lokomotion genießt und dass sie allein zum Schwimmen tauglich.

Gleichwohl bemerkt MOQUIN-TANDON (VIII, I, p. 165): »Les Paludines et les Valvées possèdent aussi la faculté de se soutenir dans l'eau et de nager, mais elles s'en servent rarement, et pour ainsi dire, par exception.« Auch mir ist ein Fall vorgekommen, von einer nach Art der Limnaeen, Planorben und Physen an der Oberfläche des Wassers dahinkriechenden Sumpfschnecke. Eine künstliche, aber völlig lebenskräftige Frühgeburt einer Paludina vivipara, noch nicht ganz ausgefärbt, von 1,5 cm Sohlenlänge kroch, das Gehäuse nach unten, an einer ziemlich dicken Staubschicht, quer über ein größeres Glasgefäß weg. Hier war es offenbar die Adhäsion an der Staubdecke, welche das vom Wasser nicht gehaltene überschüssige Gewicht des kleinen Thieres trug; und auf ähnliche Zufälligkeiten wird MOQUIN-TANDON'S Erzählung von schwimmenden Paludinen und Valvaten gleichfalls zurückzuführen sein (s. die nächste Anmerkung).

Wenn die Branchiopneusten allein von unseren Wasserschnecken die Berechtigung haben, zu schwimmen, so hat man sich nach dem Modus desselben umzusehen. Ältere Beobachter (neuere sind mir nicht bekannt geworden) haben mit MOQUIN-TANDON (VIII, I, p. 164) die Sohlenbiegungen und die Beihilfe des Schwanzes, der Fühler, der Lippenwülste als Ruderapparate in Anspruch genommen: »Pour se diriger dans l'eau, les Gastéropodes se servent habilement des bords plus ou moins dilatés de leur

disque, de leur queue et même de leur chaperon. LISTER fait observer que les tentacules élargis, minces et membraneux de la Limnée stagnale sont, pour ce Mollusque, pendant ses divers mouvements, comme des espèces de nageoires. On pourrait peut-être en dire autant des cornes très allongées des Planorbes et des Physes. « Alle diese Organe, mit Ausnahme der Sohle, sind für die Lokomotion völlig nutzlos und einfach zu streichen, denn einerseits geschieht ihre Bewegung zu ganz anderen Zwecken, die ihrer eigentlichen Natur angemessen sind, andererseits leisten sie nichts zur Beantwortung der Frage: warum schwimmt ein Thier vom specifischen Gewichte des Wassers nie mitten durch die Flüssigkeit, sondern warum kriecht es stets an der Oberfläche, »sur la lame d'air en contact avec la surface de l'eau«? Die wahre Ursache hat MOQUIN-TANDON nicht gefunden, sie liegt in der Beschaffenheit eines Schleimbandes, das vom Fuße abge-sondert wird und wie ein langes Tuch, das am Vorderrande des Thieres sich stetig um dessen Weg verlängert, auf der Oberfläche schwimmt und völlig bewegungslos vom Erzeuger zurückgelassen wird; und dieses Schleimband ist die Lamelle zwischen Wasser und Luft. Man bemerkt es nur bei sehr günstigem Lichtreflex; sonst hätte es den Beobachtern nicht entgehen können. An ihm fällt zuerst auf, dass es, leichter als Wasser, sich mit diesem nicht im geringsten mischt oder imbibirt, und dass es sich, wenn man das hinten liegende, freie Ende in die Höhe hebt, vollständig von der ganzen Fläche der Sohle mit ablöst, dass es also nicht, wie anderer Schleim, an dieser fest haftet, sondern im Augenblicke seiner Sekretion bis zu einer gewissen Festigkeit erstarrt, wie Ähnliches auch von *Helix* zu berichten ist (s. u.). Die Haupteigenthümlichkeit des Schleimes bemerkt man leicht beim Beobachten einer Schnecke, die sich zum Schwimmen anschickt. Obwohl sie ihren Fuß erst zum Theil mit den Rändern in das Niveau des Wassers gebracht und seine Mitte noch trichterförmig eingezogen hat, so fließt doch kein Wasser in den Trichter hinein, oder wenn ja ein geringes Quantum in ihn überströmte, so behält es die Form eines Quecksilbertropfens, der auf einer Glasplatte liegt. Mit anderen Worten: die Kohäsion des Schleimes ist größer als seine Adhäsion zum Wasser, oder Schleim und Wasser stehen im Verhältnis der Abstoßung, der Kapillardepression zu einander.

Hierdurch erklärt sich's also, warum die Thiere immer an der Oberfläche des Wassers, wie an einer festen Schicht, nicht dahin schwimmen, sondern kriechen, gerade wie an einer schwankenden Unterlage, an einem Stück dünnen Tuchs etwa. Hierdurch erklären sich aber noch andere Erscheinungen, auf die ich, noch ohne ihre Ursache zu kennen, gelegentlich eines Vortrages in Nordhausen hinwies (XV, p. 503): »Es ist sonderbar, dass die Thiere nie unter der Oberfläche dahinschwimmen, sondern

dass sie stets an ihr dahinkriechen, als wenn sie fest wäre. In wie weit dieser letzte Eindruck berechtigt ist, erkennt man, wenn die Oberfläche etwa mit Teichlinsen oder ähnlichen Körperchen bedeckt ist. Die Teichlinse (natürlich eine wurzellose), unter welcher das Thier hingleitet, so dass sie von Anfang bis zu Ende mitten über die Sohle einer großen *Limnaea* weggeht, sie unmittelbar berührend, verändert ihre Stellung noch nicht um 1 mm.« Eben so bleibt eine Luftblase, die zufällig am Niveau steht, fest auf ihrem Platze; sie liegt eben, wie die *Lemna*, über dem festen Band, und das Thier unter ihm¹.

Wie groß die Stabilität ist, welche die Abstoßung zwischen dem Wasser und dem Schleimband ergiebt, erkennt man etwa an schwimmenden Planorben. Denkt man sich zwei verschieden große Kugeln im Wasser suspendirt und durch einen elastischen Faden vereinigt, der sich plötzlich, wie ein gespanntes und dann gelöstes Gummiband, zusammenzöge, so müssten sich die beiden Kugeln im umgekehrten Verhältnisse ihrer Masse einander nähern, also die kleine Kugel müsste einen größeren Weg beschreiben als die große. Stellt der Planorbisfuß den kleinen Körper dar und die Schale den großen, wozwischen der *Musculus columellaris* die elastische Verbindung bildet, so müsste durch Muskelkontraktion der Fuß, wie die Schale, sich bewegen, aber der Fuß müsste weiter zur Schale herankommen, als diese in umgekehrter Richtung. In Wirklichkeit steht unter gleichen Verhältnissen der an der Oberfläche hangende Fuß so gut wie völlig fest, und die große Schale wird herangezogen, wie bei einer *Helix* auf dem Lande, offenbar in Folge der Trägheit des Bandes und des Abstoßungsverhältnisses zwischen ihm und dem Wasser.

Dass das Schwimmen mit Hilfe des Schleimbandes ein vollständiges Kriechen oder Gleiten ist, ergiebt sich auch aus der sich gleich bleibenden Geschwindigkeit, mag das Thier an der Oberfläche oder am Glase sich bewegen (s. u.).

III. Über das Schwimmen der Pulmonaten.

Es kann sich hier hauptsächlich um *Succinea* handeln. MOQUIN-TANDON (VIII, I, p. 164) erzählt: »D'après l'observation de FAURE-BIGUET, les Ambrettes, quoique terrestres, peuvent se soutenir quelque temps à la sur-

¹ Das Schleimband von *Limnaea*, das für gewöhnlich unsichtbar, giebt zu mancherlei Täuschungen Anlass. Ohne Zweifel waren es derartige Häute, an denen ich, wie ich bei derselben Gelegenheit erwähnte, einen kleinen Blutegel spazieren sah, oder junge *Cyclas*, wie denn auch O. SCHMIDT (I, p. 369) von diesen Thieren das Schwimmen an der Oberfläche berichtet. Ferner gehören wahrscheinlich hierher die schwimmenden Paludinen und Valvaten MOQUIN-TANDON's. Denn nur in wenigen Fällen erlaubt die Beleuchtung die tragende Schicht des Schleimes zu sehen, und die Bewegungen scheinen an der reinen Wasseroberfläche zu geschehen.

face des marais et nager aussi dans une position renversée.« Ähnliches beschreibt ROSSMAESSLER (X, I, p. 94): »Hinsichtlich der Lebensart machen die Bernstein-schnecken den Übergang von den Land- zu den Wasser-schnecken. Sie leben nur an sehr feuchten Orten, am liebsten an den aus dem Wasser emporragenden Theilen der Wassergewächse, ja meine *Succinea Pfeifferi* habe ich im Wasser selbst am Rande der Teiche schwimmen gesehen, mit nach oben gekehrter Sohle, mit der das Thier, so zu sagen, an der Oberfläche des Wassers kriecht, wie die *Limnaea*.« Der Vergleich passt nur halb.

Von allerlei Landschnecken, die man ins Wasser wirft, sinken wohl die nackten immer unter, wiewohl mir hier die Aufzeichnungen fehlen. *Vitrina diaphana*¹, die ihnen unter den Gehäuseschnecken so nahe steht, sank gleich und suchte durch energisches Kriechen aus dem fremden Medium zu entfliehen. Doch kann ihr spezifisches Gewicht nur wenig über 1 sein, denn bei erstickten Thieren genügen einige wenige anhangende Luftbläschen, um sie schwebend zu erhalten. Wo das größere Gehäuse eine geräumige Athemhöhle hinzufügt, bleiben die Thiere an der Oberfläche, so *Zonites* und von den Schnirkelschnecken *Helix fruticum*, *hortensis*, *arbustorum* und *pomatia*, die ich gerade prüfte. Doch bleibt hier der Leib beliebig unter dem Wasser, und sie führen allein ungeschickte Tastbewegungen aus, ob sie einen festen Gegenstand erhaschen möchten; nicht einmal der Versuch, sich durch wiederholten Gebrauch des Retraktors langsam vorwärts zu bewegen, wird gemacht. Anders *Succinea* mit verhältnismäßig kleiner, wenigstens nur mittelgroßer Schale. Die Hälfte etwa von einer Anzahl, die man ins Wasser wirft, sinkt unter, um an den Glaswänden emporzukriechen, die andere Hälfte schwimmt, die lufthaltige Schale nach oben. Auch hier genügt eine anhaftende Luftblase, ein Thier mit Sicherheit schwebend zu erhalten. Die kriechenden Thiere, die sich im Allgemeinen an der Glaswand unter Wasser schneller bewegen, als in der Luft, weil sie ja dort auf der Flucht sind, zeigen auf der Sohle vier bis fünf echte Querwellen, wie eine *Helix*.

Von den Individuen, welche vermöge ihrer Leichtigkeit, die Schale nach oben, an der Oberfläche hangen, machen zunächst alle den Versuch, den Fuß, der zuerst nach unten sieht, nach oben zu drehen und ins Niveau des Wassers zu bringen. Das gelingt aber nur dem kleineren Theile, weil die Lunge immer wieder nach oben strebt. Ja bevor das Thier in die richtige Lage gekommen ist, darf keine Bewegung oder Erschütterung des Wassers eintreten, da dann das Thier gleich kippt. Bei

¹ Für die freundliche Übersendung der *Vitrina diaphana* schulde ich Herrn BORCHERDING in Vegesack, für die der halbwüchsigen *Leucochroa* oder des *Zonites candidissimus* aus der Nizzaer Gegend Herrn HESSE in Hannover vielen Dank.

völliger Ruhe kippt oft ein Thier aus der richtigen Kriechlage wieder um und macht neue, häufig vergebliche Versuche. Im Allgemeinen darf man behaupten, dass der Einfluss auf die Luft in der Athemhöhle durch Druck bei diesen Thieren gleich Null ist. Vielmehr wird der Fuß, wenn er einmal oben, keineswegs durch die Regulirung der Lunge als einer Schwimmblase gehalten, sondern durch die Kapillardepression zwischen dem Wasser und dem Schleim, der auch hier, wie bei den Branchiopneusten, in ganzer Sohlenbreite entsteht und als feiner Schleier hinter dem kriechenden Thiere auf der Wasseroberfläche zurückbleibt. Ist das Thier in der richtigen Lage, so treten deutlichst die Wellen als scharfe, erhabene, vorn und hinten genau begrenzte Querbänder hervor und gleiten rasch nach vorn, eine nicht unbedeutende Geschwindigkeit erzeugend. Jetzt ist auch keine Gefahr des Umkippens mehr vorhanden, sondern das Kriechen geht mit aller Sicherheit vorwärts, das Schleimband bildet den Schwimmer; seine erste Herstellung allein ist schwierig; so lange sie nicht gelingt, scheidet jeder Gleitversuch.

Wir haben hier also eine Schnecke, welche, der Sohle nach ein echtes Landthier, die Benutzung des Schleimes zum Tragen und Balanciren, die den übrigen Pulmonaten verloren gegangen ist, wieder gefunden hat, wenn ihr auch dieser Gebrauch noch nicht immer gelingt.

Auch sonst ist an der Succineasohle Einiges bemerkenswerth: außer der großen Fußdrüse zunächst eine ähnliche, wenn auch weniger scharfe

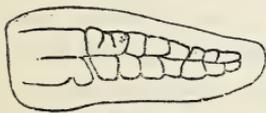


Fig. III.
Sohle einer erstickten Succinea.

Dreitheilung der Sohle wie bei Limax. Die Wellen sind, namentlich bei energischem Kriechen, zumal an der Wasseroberfläche, auf das Mittelfeld beschränkt. Die Grenze bildet rechts und links eine durchschimmernde Längslinie, wohl ein Blutsinus. Am lebenden Thier erscheint die

ganze Sohle gleichmäßig geschwellt, am toden oft nur der mittlere Theil, was schwerlich auf anderem Wege zu Stande kommt, als durch extendirte Längsmuskeln. Die mediane Längsfurche im Mittelfelde zeigt, dass Andeutungen von der Sonderung des Cyclostoma auch sonst vorkommen und im allgemeinen Sohlenbau begründet liegen.

Es ist hier wohl an der Zeit, die Frage aufzuwerfen, ob überhaupt Schnecken (mit selbstverständlicher Ausnahme der Heteropoden und Pteropoden) ohne die Hilfe des Schleimes, dessen Eigenschaften ihn zu einem Schwimmpararat machen, an der Oberfläche kriechen können. Der eigentliche Schwimmer oder besser Schiffer unter den Seeschnecken ist Janthina, die mit Hilfe ihres Floßes das hohe Meer befährt. Das Floß hängt auch hier nicht organisch mit dem Thiere zusammen, es besteht

aus erhärteten Schleimblasen, mit Luft gefüllt. Die Schleimblasen werden vorn dazu gefügt. Ohne Floß kann ein Thier nicht schwimmen; und wenn es das durch einen Sturm entrissene oder zertrümmerte Fahrzeug ersetzen will, so hat es die größte Mühe, es mit dem von der Gefäßwand aus rückgebeugten vorderen Fußrande wiederherzustellen, was selten gelingt (s. O. SCHMIDT, I, p. 270). Wenn nun auch hier durch eine Rinne des Vorderrandes Luftblasen mit in den Schleim eingeschlossen werden und dieser stärker erhärtet, so ist doch die Grundanlage, eine Schleimabsonderung als Schwimmer, ganz dieselbe, und wahrscheinlich nicht bloß bei *Janthina* und den Branchiopneusten, sondern bei allen echten Schnecken, die an der Oberfläche kriechen. Leider fehlen Beobachtungen über die Bewegung der *Janthina*.

IV. Über das peripherische Fußnervensystem der einheimischen Schnecken.

Die verschiedene Ausbildung der Pedalganglien, ihre schärfere Zusammenfassung oder ihre Dehnung in lange Stämme wie bei der *Paludina*, eben so ihre Kommissuren haben mehr für die Systematik als für die physiologische Untersuchung Interesse. Denn man wird mit der Annahme kaum fehl gehen, dass zum mindesten ihre Grundzüge bereits verzeichnet waren, ehe die Thätigkeit des Fußes in die mannigfachen Formen sich gliederte, die wir jetzt bei unseren Schnecken wahrnehmen; daher der Morphologe sich näher mit ihnen zu befassen hat.

Die peripherischen Fußnerven der *Paludina* strahlen, wie ich's früher schilderte, jederseits dreizehn, regelmäßig in die Sohle aus. Das vorderste, stärkste Paar übernimmt die Versorgung des vorderen, für die Lokomotion so wichtigen Sohlenrandes. An den Verzweigungen sind Ganglienkugeln eingelagert. Einige Kommissuren zwischen der rechten und linken Seite ziehen vorn und hinten über die Mitte weg.

Ähnlich verhält sich *Cyclostoma*, doch ohne die Kommissuren; die Nerven reduciren sich auf neun bis zehn, ohne Ganglienzellen, da diese in den engumschriebenen Fußganglien einbeschlossen liegen.

Bei *Planorbis* und *Limnaea* gehen jederseits drei oder vier Nervenzweige (vier, wenn man die beiden letzten, die mit gemeinsamer Wurzel entspringen, aber sich bald theilen, als zwei zählt), von vorn nach hinten an Stärke abnehmend, in ziemlich symmetrischer Vertheilung in die Sohle hinab. Sie verzweigen sich nach außen und werden bald so fein, dass ihre weitere Verfolgung im Pigment fast unmöglich, gleichzeitig aber die Ausbildung eines dichten Nervennetzes, wie bei den Pulmonaten, mit ziemlicher Sicherheit ausgeschlossen wird. In der Sohle einer kleinen *Limnaea*, die noch wenig gefärbt war, ließ sich die Verzweigung weit

genug verfolgen, und die Fig. 12 zeigt sie. Die Vertheilung der Stämme geht so bestimmt bloß nach außen, dass höchstens vorn oder noch eher hinten eine Querkommissur zu erwarten; ich glaubte hinten sogar eine ganz schwache zu sehen. Ganglienzellen waren hier und da eingelagert.

Unter den Pulmonaten wurde oben noch die *Succinea*¹ als eine Schnecke mit echten Wellen hinzugefügt (wie mir überhaupt keine Landschnecke ohne diese bekannt ist). Auch ihr Nervensystem wurde aufgefunden. Es verhält sich sehr ähnlich dem von *Helix* und ist als Vertreter dieses Typus in Fig. 13 abgebildet. Wenn das Netz rechts nicht so dicht ist, wie links, so liegt es in der zufällig hier weiter gediehenen Abtragung der Muskulatur, ist's doch ein Zupfpräparat. Das Ganze ist ein unregelmäßiges dichtes Nervenetz mit vielen Ganglienknoten, das die Sohlenfläche bedeckt.

Bei den Nacktschnecken wird einige Ordnung in die unregelmäßigen Maschen gebracht, wie ich's früher beschrieb (XIII). Bei *Arion* werden sie gleichmäßiger, und bei *Limax* bildet sich eine große Reihe von Querkommissuren aus, die nicht durch die ganze Sohlenbreite gehen, sondern bloß, so weit der lokomotorische Apparat reicht, d. h. durch das Mittelfeld, so zwar, dass auf eine Wellendistanz oder auf den Verbreitungsbezirk eines Fußnervenpaares je vier Kommissuren zu kommen scheinen.

Ein Vergleich der örtlichen und graduellen Ausbildung der lokomotorischen Wellen mit der Nervenentwicklung zeigt schlagend die wechselseitige Abhängigkeit. Von den Wasserschnecken, also Prosobranchiern und Branchiopneusten, darf man freilich keine nehmen, die am Glase kriechen, denn sie haben keine Wellen; vielmehr ist als Vertreter der ersteren einzusetzen *Cyclostoma*, mit einem guten Wellenspiel hauptsächlich nach den Rändern der Sohle zu, von den letzteren die *Limnaea* und Planorben, wenn sie an ihrem Schwimmapparat gleiten. Auch bei ihnen ist vor Allem Seiten- und Vorderrand gekräuselt, und die ruhigere Mittelsohle kann am tiefsten durch Retraktorbündel längsgefurcht sein. Dem entspricht völlig das peripherische Nervensystem: Keine Innervierung in der Mitte (oder höchstens eine schwache, die mir noch entging oder nur bei *Paludina* in feinen Fädchen aus den Hauptkommissuren gesehen wurde), dagegen großer Nervenreichtum am seitlichen und eventuell, namentlich bei *Paludina* nachgewiesen, am vorderen Rande.

Wo unter den Pulmonaten, zumal bei den Heliciden, die Nerven

¹ Bei *Helix* ist es zwar auch nicht die ganze Sohle, über welche die Wellen ziehen, sondern von der Längsmittle an bleibt ein nach hinten sich verbreiternder seitlicher Saum frei. Bei *Succinea* aber beschränken sich die Wellen auch vorn auf die Mittelsohle, und das wird es rechtfertigen, wenn sie fernerhin in Anbetracht ihrer Sohlenphysiologie mit *Vitrina* und *Limax* vereinigt wird.

zahlreiche Kommissuren austauschen und damit zugleich die Mitte überziehen, so dass ein reiches Maschenwerk entsteht, da sind erstens die unregelmäßigen Wellen zu bestimmten Querwellen geordnet, da sind zweitens auch die indifferenten Mitteltheile in die Thätigkeit energisch mit einbezogen, und die Wellen überziehen in ganzer Breite die Sohle.

Andeutungsweise bei *Succinea*, viel stärker bei *Vitrina* und besonders ausgeprägt bei *Limax* werden die Seitenränder, die ursprünglich bei der Lokomotion die Hauptarbeit übernahmen, von der Mitwirkung völlig befreit, und die Anfangs wenig oder gar nicht thätige Mittelsohle leistet Alles. Das findet seinen Ausdruck in der Entwicklung regelmäßiger Querkommissuren in dem Maschenwerke von *Limax*, Kommissuren, deren Breite genau der des lokomotorischen Apparates gleich kommt. Dabei bleibt das Maschenwerk der Seitentheile bestehen; und es bietet dies in so fern ein besonderes Interesse, als es gewissermaßen in die Kategorie der rudimentären Organe gehört, d. h. der Organe, deren anderweite, dem ursprünglichen Zweck entfremdete Funktion besonderer Aufklärung bedarf. Anfänglich zur Steigerung und Fixirung der lokomotorischen Wellen in scharfe Querbänder erzeugt, besteht das seitliche Maschenwerk noch, nachdem die Seitentheile diese Funktion wieder aufgegeben und der Mittelsohle überlassen haben.

Beachtenswerth dürfte sein, dass die hier gegebene Reihe der Sohlen- und Maschenentwicklung: *Succinea*—*Vitrina*—*Limax*, der systematischen Ableitung (durch verschwindende Schale) wenigstens sicher in Bezug auf die beiden letzten Glieder, *Vitrina* und *Limax*, entspricht. Die *Vitrinensohle* gleicht ganz der von *Limax cinereoniger*, nicht nur in Anbetracht der Trennung der schwarzen Ränder von der Mittelsohle, sondern auch in dem durchschimmernden mittleren Sinus. Bei *Succinea* freilich fehlt dieser; statt dessen sieht man an der Grenze des Wellenfeldes zwei durchschimmernde Längslinien; doch muss sie, was die Physiologie des Fußes angeht, in dieser Vereinigung stehen bleiben, ebenso wie *Arion*.

Nun ist mir, um die Nerven wieder aufzunehmen, keineswegs fremd, dass ein solches Maschenwerk von Nerven und Ganglienknotten, wie es hier vorliegt, auch sonst vielfach bei den Weichthieren vorkommt, bei den Sinnesorganen nämlich. Aber ich glaube, es hieße der Sache Gewalt anthun, wollte man noch weiter nach Erklärungen der Entstehung und Bedeutung sich umsehen, wo der Zusammenhang so klar vor Augen liegt. Wer aber dadurch noch nicht sich überzeugen ließe, der müsste nach einer besonders hohen Sinnesentwicklung in der Landschneckensohle, und zwar in ihren untersten, subepithelialen Theilen suchen, gegenüber einem Mangel bei den Wasserschnecken. Dem aber wäre leicht zu entgegnen, dass das Maschenwerk sich da ausbildet, wo die sonst so

empfindliche Schneckenhaut die glatteren Flächen der Körper im Wasser verlässt, um sich der intensivsten Berührung der viel rauheren Körper in der Luft auszusetzen, ja um diese Berührung durch erhöhte Geschwindigkeit bedeutend zu steigern (s. u.), wobei die Haut besonders fest, lederartig, unempfindlich wird.

Indess noch eine andere Seite des gangliösen Maschenwerkes muss hier hervorgehoben werden, die ich früher schon berührte (XIII), seine sympathische Bedeutung nämlich. Ein Blick auf die Wirbelthiere mag uns leiten (vgl. u. a. RAUBER, IX). Jeder sensitiven Nervenfasern ist hier eine Nervenzelle (oder mehrere?) eingeschaltet. Beim Amphioxus liegen diese Zellen noch zerstreut im Körper, bei den übrigen sind sie zu Spinalganglien zusammengefasst. Die motorischen Nerven entbehren der Zellen, oder — die Auffassung wird begreiflich erscheinen — wo sie vorkommen, sind sie zu besonderen, unwillkürlichen Bewegungskentren vereinigt, die wir als sympathische bezeichnen.

Bei den Weichthieren nun sind Vorkommnisse genug bekannt, die den sensitiven Nervenzellen des Amphioxus oder den spinalen Ganglien der übrigen Vertebraten zur Seite stehen. Daß Studium der Sinnesorgane weist sie auf. In dem eigentlich lokomotorischen System, also dem Fuße, bleiben die Bewegungen mehr oder weniger willkürliche, so lange bloße Nerven von den Pedalganglien die Lokomotion leiten. Zum Beweise dienen das willkürliche Heben oder Gleiten der Fußsohlenhälften beim Cyclostoma, die freie Unterstützung des Rüssels, — die aus einer freien Kombination von lokomotorischen und Retraktorfasern hervorgehende schräge Bewegung der Paludina, — das rechts und links oft sehr ungleiche Spiel der schwimmenden Branchiopneusten. — So wie aber, bei den Pulmonaten, ein Maschenwerk mit Ganglien sich ausbildet, so beginnt es gleich sich vom Einflusse des Willens zu befreien und als sympathischer Automat das Wellenspiel als Uhrwerk in Gang zu setzen. Nie tritt jetzt, so lange der Automat in Thätigkeit, eine Welle mehr unregelmäßig auf, nie ändert sie ihre Geschwindigkeit, nie ihre Lage zur Körperachse, nie ihre Breite, nie ihren Abstand zu den Nachbarwellen, nie wird eine hintere Welle vor einer vorderen in Thätigkeit gesetzt. In der That, der gleichmäßige Ablauf lässt sich mit nichts besser vergleichen, als mit dem ununterbrochenen Schläge des Herzens oder der Peristaltik des Darmes. Wenn irgendwo, so haben wir hier einen Sympathicus bei den Schnecken, viel sicherer, als in den Buccalganglien und ihren Zweigen, die man gewöhnlich als Sympathicus auffasst, ohne für die automatische Funktion einen Beweis zu erbringen, der hier am Tage liegt. Als einziger Unterschied zwischen den sympathischen Sohlenganglien und denen unseres Herzens kann konstatiert werden, dass die Abhängigkeit vom Hirn noch

eine größere ist in so fern, als Anfang und Ende von des Automaten Thätigkeit durch den Willen bestimmt wird. Der Einfluss des Hirns während der Funktion ist kaum ein anderer, als der unseres Hirns auf unser Herz. Es kann vom Centrum aus eine Beschleunigung, ein neuer Reiz ausgeübt werden, wie bei unserem Herzen. Der neue Reiz wird erkannt an den stabilen Wellen (XII). Immer aber lässt sich für einen solchen Reiz ein äußerer störender Einfluss, der auf das Hirn wirkt, erkennen, Belastung, Erschütterung und dgl., nicht anders als bei uns der Herzschlag durch Schreck etwa beschleunigt oder sistirt werden kann. Wo aber das sympathische System durch eingelagerte Kommissuren zur höchsten Entwicklung gediehen ist, da sind auch die Wellen am schärfsten und werfen als deutliche Gerinnungsbänder einen Schatten, — beim *Limax cinereoniger*.

V. Über die Fußdrüsen der einheimischen Schnecken.

Keine von unseren Schnecken vermag zu kriechen, ohne dass sie zwischen die Flächen des Körpers, die dabei einer Reibung ausgesetzt werden, und die, an welchen die Reibung, dem Anscheine nach, Statt hat, eine Schleimschicht einschaltet. Der Schleim wird geliefert von besonderen Schleimdrüsen. Ihre Entwicklung ist sehr verschieden nach Form und Lage, je nachdem der Träger ein Land- oder ein Wasserthier ist.

Die Prosobranchier zwingen mir leider das Geständnis ab, dass ich bei ihnen noch nicht zur Klarheit gekommen bin. Man könnte hier an die Schleimdrüse in der Decke der Athemböhle denken, die ihr dickflüssiges Sekret durch einen rinnenartigen Fortsatz auf der rechten Seite am Boden der Höhle stetig nach außen entleert (s. XI, Taf. XX, Fig. 20 bis 22 *b*, oder das linke Thier auf meiner Paludinenabbildung im BREHM, I, p. 259). Indess die allzu seitliche Lage der Rinne spricht gegen die Verwendung des Schleimes in der Fußsohle. Vielmehr darf man schließen, dass diese selbst das absondernde Organ ist. Denn eine Paludina, die längere Zeit an einer Stelle des Glases festsaß und dann zu kriechen beginnt, hinterlässt eine dicke Schleimschicht vom Sohlenkontur an dem Fleck, wo sie verweilte, und zeichnet den Weg durch eine dünne Schleimbahn; die erstere dicke Schicht stammt offenbar aus der Sohlenfläche selbst.

Bei der *Limnaea*, um zu den Branchiopneusten überzugehen, bemerkt man leicht, dass der vorderste Theil der Sohle aus einem orangegelben Wulst besteht, der sich nach hinten in der Mitte sehr bald verliert, an den Rändern jedoch, wenn auch mehr und mehr abnehmend, bis weit nach hinten hin, dem Ende nahe, sich verfolgen lässt. An macerirten Thieren kann man ohne Mühe die seitliche Körperhaut abtrennen, in aller-

dünner Schicht, bis genau zum Sohlenrande. Unter dem Mikroskop zeigen solche Fetzen Epithel, Bindegewebe und zerstreute Muskelfasern, ohne eine Spur von Schleimdrüsen, die bei Lungenschnecken hier reichlich lagern würden. Die Ablösung derartig dünner Hautschichten gelingt keineswegs an der Sohle selbst, da hier das Epithel sehr innig mit allen tieferen Gewebsschichten, bis zum Retraktor, zusammenhängt. Abwechselndes, langsames Zupfen und Maceriren (oder Schneiden, was ich nicht versuchte) hilft hier zum Ziele. Mir glückte es, von oben her allmählich eine Limnaeensohle so zu verdünnen, dass nur noch das Epithel und die letzte subepitheliale Schicht in toto übrig war. Jetzt zeigt sich die Sohle über und über mit vielen Hundert von kleinen grauen Punkten bedeckt, die durch besondere Häufung die geschilderten Wülste erzeugen an den Stellen, die bei der Lokomotion hauptsächlich in Betracht kommen; denn es ist oben darauf hingewiesen, dass bei den Wasserschnecken namentlich der vordere und seitliche Rand die lokomotorischen Wellen aufweisen.

Beim Planorbis ist es ebenfalls leicht, die seitliche Körperhaut dünn zu erhalten, schwer und unthunlich wird's bei der lederartigen Sohle, sicherlich z. Th. wegen eingelagerter Drüsen. Das wird um so wahrscheinlicher, als sich am Vorderrand der Sohle derselbe dicke gelbe Querwulst findet, wie bei Limnaea; die übrige Sohle erscheint auch hier schwarz oder schwarzbraun, jedenfalls weil die Drüsen an Dichtigkeit zurückstehen. Von außen sieht man, dass ein hellbrauner Rand vom vorderen Wulst sich seitlich bis an die Spitze hinzieht, rings die Sohle umrahmend, wie bei der Teichschnecke; wenn also irgendwo ein Analogieschluss Berechtigung hat, dann hier.

Über die Histologie der Drüsen vermag ich bis jetzt nichts zu sagen. Das Wichtigste bleibt, dass sie in schärfster Abgrenzung sich auf die Sohle beschränken und der Nachbarhaut durchaus fehlen, wiewohl sonst, am Kopf und den Fühlern zum Beispiel, Schleimdrüsen vorkommen (XI, Taf. XV, Fig. 12).

Sobald eine Schnecke zum Landthier wird, sei es der Prosobranchier Cyclostoma oder die aus anderer Wurzel entsprossenen Pulmonaten, treten an Stelle der Sohlendrüsen oder doch zu ihnen innere Drüsen, deren Mündung stets, wie es die Sohlenextension verlangt, am vorderen Fußrande sich findet. Bei Helix zwar bleiben noch eine Menge Schleimdrüsen in der Sohle, wie ich früher angab (XII, p. 186); wo aber der lokomotorische Apparat sich auf einen besonderen Sohlentheil, auf die Mitte, zurückzieht, namentlich deutlich beim Limax cinereoniger, da ist gerade dieser Theil frei von Drüsen, und hier ist es klar, dass für sie die Fußdrüse eintritt. Warum diese Translocirung? Sie kann nur in der Verschiedenheit des

Mediums begründet sein. Das Wasser leistet ein Mehrfaches. Alle Flächen darin sind erstens nass, zweitens glatt, sodann wird vom Wasser der größte Theil oder die ganze Masse des Thieres getragen. Es leuchtet ein, dass eine nasse Fläche zarter Schneckenhaut weniger unangenehm ist, als eine trockene (daher auch die Limnaeen mit ihren Fühlern die Gegenstände bestreichen, wovon sich *Helix* ängstlich hütet). Die Glätte der Flächen illustriert ein Blick auf eine zerklüftete Alpenlandschaft gegenüber dem sanften Abhang des Meeresbodens; auch wächst im Wasser kein Dornestrüpp, sondern schlanke Monokotyledonen, zarte Algen an Stelle krauser Flechten und so fort. Es hat daher die Sohle der Wasserschnecke bei der Berührung weit weniger zu leiden, als die der Landthiere. Sehr gesteigert wird diese letzte Differenz durch die tragende Kraft des Wassers gegenüber der ganzen Bedeutungslosigkeit der Luft für diese Leistung. Daraus ergibt sich die Forderung eines gesteigerten Adhäsionsdruckes der Landschneckensohle beim Aufwärtskriechen, und weiter ihre Festigung durch Cuticula und dichte Palissaden reinen Cylinder-epithels.

Werden so die Schleimdrüsen aus der Haut verdrängt, so erheischt gleichwohl die durch dieselben Umstände gesteigerte Reibung um so reichlicheren Schleim. Dieselbe Forderung, eine Drüse im Inneren mit der Mündung vor der Sohle herzustellen, erzeugt aus ganz verschiedener Wurzel einerseits die Fußdrüse der Pulmonaten, andererseits die des *Cyclostoma*. Jene stellt einen langen, von einer Quermuskelschicht überdeckten Gang in der Sohle vor, dem unten Ballen großer Drüsenzellen, in die Muskulatur sich verlierend, sich anlagern. Die Bildung des Sekretes scheint hier durch den schleimigen Zerfall der Zellen zu geschehen, wie neuerdings SOCHACZEWER (XVI) gezeigt hat, wie FLEMMING die Möglichkeit der schleimigen Degeneration auf die allgemeinen Bindegewebszellen erweiterte und wie ich Ähnliches an den Lippenwülsten der *Helix pomatia* zu erkennen glaubte (XI). — Beim *Cyclostoma* ist die Drüse, dem verschiedenen Ursprunge gemäß, von durchaus anderem Bau, ein vorderer Sack (die Wand voll weißer Schleimdrüsen), dem sich von unten zwei lange tubulöse Drüsen mit ganz anderem Sekret einfügen. Endlich kommen beim *Cyclostoma* die regelmäßigen Anhäufungen von Schleimdrüsen in der Furche als Schmierdrüsen hinzu, um die gegenseitige Reibung der Sohlenhälften möglichst zu mindern, so wie hervorzuheben ist, dass bei derselben Schnecke der Schleim nicht nur die Sohle netzt, sondern zugleich durch eine Rinne nach vorn geleitet wird, um die Saugscheibe des Rüssels zu schmieren.

Für die Entleerung der Fußdrüse ist von SEMPER auf dem Boden des Drüsenganges der Pulmonaten ein Flimmerepithel nachgewiesen, mit

einer Richtung des Cilienschlages, die den Schleim nach außen befördern muss. Da indess die Flimmerung auch in Zeiten ohne Lokomotion geschieht (wie denn die Beobachtung des Wimperepithels nur an bewegungslosen Stücken gemacht werden konnte), so wird sie wohl eine Schleimstockung zu verhindern im Stande sein, für das gesteigerte Bedürfnis aber während des Kriechens muss ein neuer Faktor hinzutreten. Ich nahm dafür die Spannung der oberen Muskeldecke und die regelrecht von hinten nach vorn fortschreitende Expansion der Sohle, die man an den Wellen erkennt, in Anspruch (XII). Der gleiche Mechanismus wird bei den Prosobranchiern und Branchiopneusten die Vereinigung gesteigerter Entleerung mit erhöhtem Bedürfnis, also während der Lokomotion, leisten. Dasselbe Ziel wird beim Cyclostoma, wie ich zeigte, erreicht durch Kontraktion der horizontalen Quermuskelsysteme über der Drüse und der einen Sohlenhälfte, wodurch der Schleim der anderen Hälfte, die fixirt werden oder noch mit Berührung ein wenig gleiten soll, zu Gute kommt.

Die Bedeutung des Schleimes scheint mir bisher ungenau gefasst worden zu sein. Seine in neuerer Zeit mehrfach wieder erwähnte Verwendung als Spinnfaden bei den Limacinen (LEYDIG, EIMER), wodurch sich die Thiere von einem Zweige herablassen können, lasse ich hier bei Seite, da diese Art der Lokomotion außerhalb meiner Diskussion fällt, und weise nur kurz darauf hin, wie sehr der Faden an das zurückbleibende Schwimmband der Branchiopneusten und der Succinea erinnert. Man hat den Sohlenschleim bisher entweder als Klebstoff, womit das Thier an senkrechten Wänden sich festhält, oder als Schmiermittel behandelt. Wie gering seine Leistung (vom Cyclostoma abgesehen) für die Adhäsion ist, geht aus den Versuchen an Limax hervor, die ich früher berichtete (XII, p. 194). Wenn ein ruhendes Thier auf einer senkrecht gehaltenen Glasplatte liegt, so ist die Adhäsion so schwach, dass es allmählich abwärts rutscht und das so lange, bis die Wellen beginnen und die weiße Sohle dem Glase andrücken; schon das Anhaften eines ganz geringen Theiles des Mittelfußes genügt, um die Rutschbewegung zu sistiren. Die Adhäsion wird also vor Allem durch die Wellen, ganz wenig durch den Schleim bewirkt. Schmiermittel ist dieser deutlich in der Furche des Cyclostoma. Die Verschiedenheit aber aller der hier abgehandelten Drüsen, der vielen in der Branchiopneustensohle, der großen im Pulmonatenfuße und der tubulösen beim Cyclostoma, weist auf eine eigenartige Verwendung hin, noch mehr andere Erwägungen. Bei den Branchiopneusten bleibt das Schleimband als Schwimmer auf dem Wasserspiegel zurück, ohne an der Sohle zu kleben, ebenso bei Succinea. Warum soll es das nicht bei allen? und warum nicht beim Kriechen?

Ja es thut es bestimmt, wie man an einer Helix in verschiedener Lage beobachtet. Ein Thier, das im Wasser sich dehnte und herausgenommen wird, ehe es die Sohle an der Glasfläche befestigte, hat einen dicken Schleimtropfen am hinteren Sohlenende auf der Unterseite; er ist also auch beim freien Thier, während die Sohle sich vorn verlängerte, hinten zurückgeblieben. Dieses Zurücklassen des Schleimes, nicht als Schmierspur, sondern als festes Band, wird beim kriechenden Thiere sehr deutlich, wenn es von einem Gegenstande auf den anderen hinüberwechselt und dabei die Sohlenmitte eine Zeit lang ohne Flächenberührung durch die Luft gleitet; denn es spannt sich dann bekanntlich das Band von einem Körper zum anderen hinüber. Nimmt man aber eine kriechende Schnecke in die Höhe und hebt den Schleim an irgend einer Sohlenstelle ab, so löst er sich nicht nur an diesem Punkte, sondern in breiter Fläche über die ganze Sohle weg als eine zähe Membran, die mehr Zusammenhang unter sich, als mit der Sohle hat. Was aber diese Abscheidung eines kontinuierlichen Schleimbandes für eine Bedeutung hat, ist leicht zu sehen. Die Landpulmonaten kriechen am Glase ebenso schnell wie auf einer Schulbank (XII). Da es nun beim Kriechen auf ein reines Gleiten ankommt, also auf den Reibungskoeffizienten zwischen der Schneckensohle und der Unterlage, so müsste, selbst bei Anwendung eines Schmiermittels, die Verschiedenheit dieses Koeffizienten zwischen Sohle und Glas einer- und zwischen Sohle und Holz andererseits beim ruhig kriechenden Thiere eine Verschiedenheit der Geschwindigkeit hervorrufen, was nicht geschieht. Das Schleimband legt sich vielmehr fest und wird stetig vorn verlängert. Und dadurch wird für die Thiere der hervorragende Nutzen erzielt, dass die Fläche gleichgiltig wird, an der sie gleiten, denn es handelt sich nicht mehr um den Reibungskoeffizienten zwischen Sohle und dem wechselnden Faktor der Unterlage, sondern nur noch um den zwischen der Sohle und dem sich gleich bleibenden Schleimband. Das gilt natürlich nur, so lange die Unterlage einigermaßen glatt ist oder sonst keine Kombination eintritt. Schneidet die Unterlage mit ihren Rauigkeiten geradezu in die Sohle ein, so muss natürlich ein Hindernis erwachsen; ebenso kriecht eine Schnecke viel langsamer bei Belastung, den Gesetzen der Physik entsprechend, wonach die Reibung proportional dem Drucke wächst; aber die Substanz der Fläche, auf der das Thier gleitet, bleibt gleichgiltig, da die Reibung nicht gegen sie, sondern nur gegen das Schleimband Statt hat.

Es ist in jüngster Zeit von Neuem die alte Ansicht LEIDY's, die Pulmonatenfußdrüse sei das Geruchsorgan, aufgefrischt worden, von SOCHACZEWER (XVI), so dass es nöthig erscheint, auch diesen alten Streit aber-

mals aufzunehmen. Der Beweis, den der Autor bringt, liegt, wie mir scheint, allein in der Auffindung von Sinneszellen im Bodenepithel des Ausführungsganges, noch dazu, wie im Nachtrage gesagt wird, im vorderen Theil. Vielleicht darf ich hoffen, dass nach den obigen Erörterungen die Aufgabe der Fußdrüse, für die Lokomotion Schleim zu besorgen, einigermaßen gegründet sei. Damit ist von vorn herein noch nicht ausgeschlossen, dass sie nicht zu gleicher Zeit die Funktion der Nase verrichten könnte, etwa wie umgekehrt die Geier reichlichen Schleim aus der Nase herabrinnen lassen, um den Schnabel von faulenden Substanzen zu reinigen; und in der That scheint eine gewisse erhöhte Empfindlichkeit durch SOCHACZEWER's Entdeckung dem Anfangstheil des Drüsenganges zugesprochen werden zu müssen. Doch könnte man leicht seine Beweise gänzlich widerlegen. Zunächst fehlt ganz und gar der Nerv für sein Sinnesorgan, denn er begnügt sich mit LEIDY's Angabe von einem großen Nervenreichthum¹. Nun hat LEIDY, der 1846 publicirte, offenbar die Pedalnerven für die Nerven der Fußdrüse gehalten. Wer verfolgte damals diese Nerven weiter? Doch ist's immerhin möglich, dass irgend ein Nervchen zur Fußdrüse zieht, wovon mir nichts bekannt. So bleibt für die Behauptung SOCHACZEWER's als Stütze, was er p. 43 zusammenfasst: »Die drei nothwendigen Faktoren eines Geruchsorganes, nämlich das Vorhandensein einer Sinneszellenschicht, das Überströmtwerden mit Luft und die Benetzung durch ein aus einer zugehörigen Drüse quellendes Sekret, sind in der Fußdrüse enthalten.« Als ob nicht genau dieselben drei Faktoren sich in der gesammten Schneckenhaut, die Schale und die Sohle ausgenommen, wiederfänden! Wer aber recht scharf kritisiren wollte, könnte auch noch den wichtigsten der drei Faktoren, die Sinneszellen, streitig machen; denn SOCHACZEWER spricht von ihren »Flimmern«, während ganz allein die Unbeweglichkeit ihrer freien Härchen, gegenüber den Cilien des gewöhnlichen Epithels, zu ihrer Entdeckung geführt hat. Doch scheinen die Zellen, die er als Sinneszellen abbildet, der Form nach welche zu sein. Die Experimente, die er anführt, und die wieder auf einer feinen Perception eines Stabes mit Terpentin, ohne Berührung, durch die Mundgegend hinauslaufen, scheinen mir viel weniger beweisend zu sein, als die von ihm vernachlässigte Beobachtung CUVIER's, dass die Schnecken bei Näherung ihres Lieblings-

¹ Ich halte es für angezeigt, hier das Übersehen eines Druckfehlers wieder gut zu machen, der leider in einer früheren Arbeit (XI) stehen geblieben ist. Dort wird citirt, als habe LEYDIG die Fußdrüse als Geruchsorgan gedeutet, während er doch gerade ein Gegner dieser Ansicht ist. Da LEYDIG's Name kurz vorherging, lag für den Setzer die Verwechslung nahe; da aber in meinen Korrekturbogen noch kein einziger Druckfehler bei Eigennamen vorgekommen war, wird es wenigstens, denke ich, erklärlich, dass ich auf sie zu achten mich entwöhnte.

futters »promptement« aus der Schale herauskommen. Überhaupt werde ich durch das Fehlen der Terminalkörperchen oder Sinneszellen in der Sohle nur noch mehr in meiner früheren Ansicht bestärkt, dass diese Körperchen, den Riechzellen der Vertebraten sehr ähnlich und durch die ganze Haut, die eine Schleimhaut ist, zerstreut, hauptsächlich Träger der chemischen Sinne sind und das Tasten durch Kitzel oder Schmerz nur nebenbei besorgen, dass aber die Territorien der chemischen Sinne an einzelnen Körperstellen allerdings ein wenig gesondert und getrennt angebaut sein können (XI, p. 327—337), und dahin könnte möglicherweise die Entdeckung SOCHACZEWER's zu rechnen sein.

VI. Über die Geschwindigkeit der Schnecken.

MOQUIN-TANDON (VIII, I, p. 162) macht einige Angaben über die Geschwindigkeit unserer langsamen Thiere: »La Marche des Mollusques est très lente. Une Vitrine Pyrénéenne, sur un plan mouillé, a parcouru 3 centimètres par minute. Le Bulime follicule, qui est un des Gastéropodes les plus vifs, ne dépasse pas 5 centimètres. L'Anchyle fluviatile, qui est un des plus lents, a traversé, dans l'espace de trois minutes, une lame de verre poli large de 3,25 mm; ce qui donne un peu plus de 4 millimètre par minute.« Ich selbst habe aus einer längeren Versuchsreihe eine Tabelle berechnet (XII), die einigermaßen den Blick in die Leistungswerthe erschließen sollte, und in der ich die Geschwindigkeitsangaben MOQUIN-TANDON's ziemlich auf das dreifache Maß steigern konnte, auf 13,3 cm bei der Ackerschnecke. Die folgende Tabelle (s. p. 46) beschränkt sich darauf, aus einer Anzahl von Aufzeichnungen zusammenzutragen, was einer Einsicht irgendwie dienen kann. Streng genommen erfordert die Natur der Sache ein sehr umfangreiches statistisches Material; denn da experimentelle Einwirkung, die höchste Arbeit durch den willkürlichen Reiz des Untersuchers zu erzwingen, wie beim Froschmuskel, vollständig abgeschnitten ist, bei der sympathischen Beschaffenheit desjenigen Apparates, der allein durch seine höhere Differenzirung und Wellenordnung zum operativen Eingriff einladet, so kann man die so scheuen Thiere, die bei jeder Störung ihre Lokomotion unterbrechen und sich auf keine Weise zum Gehen zwingen lassen¹, nur in ihrer freiwilligen Bewegung, deren Intensität vom Belieben der Schnecke abhängt, belauschen. Nun gehört aber eine große Reihe von Beobachtungen, mit

¹ Die einzigen Mittel, die Schnecken anzuspornen, sind, so weit mir bekannt, das Untertauchen unter Wasser bei den Pulmonaten, dessen Reiz aber mit der Befreiung aus dem unangemessenen Element aufhört, die Belastung bei Gehäuse-schnecken, die indess gleich durch den neuen Faktor den Versuch complicirt, und bei den wenig zugänglichen Vitrinen ein mechanischer Kitzel ihres Mantelschildes.

Berücksichtigung aller begleitenden Umstände, dazu, um daraus die mittlere und die maximale Geschwindigkeit abzulesen. -

Die Berechnung einzelner Faktoren, die auf die Kraft der einzelnen Welle, auf das Verhältnis zwischen ihrer Geschwindigkeit und der des Thieres u. dgl. abzielt und die ich früher versuchte, habe ich dies Mal aufgegeben, da mir der Boden für eine exakte Fassung der Komponenten noch nicht genug geebnet erscheint, um mehr daraus abzuleiten, als ich damals unternahm. Man müsste dazu die Intensität und Abgrenzung der einzelnen Welle, ihre Breite, ihren Durchmesser von vorn nach hinten, vor Allem aber ihre Höhe kennen, da diese allein das wahre Maß für die Verschiebungen enthalten kann. Aber wie soll man sie in irgend nutzbarer Form messen, da man sie nur unter erschwerten Bedingungen, bei der schwimmenden *Succinea* oder bei der freigehaltenen *Pulmonate*, hervortreten sieht?

Immerhin kann man aus der beifolgenden Statistik Einiges ablesen, daher ich sie mit einigen Bemerkungen begleite.

ad I) Die geringste Geschwindigkeit erreichen die Thiere mit unregelmäßigem Wellenspiel, die als Kiemenathmer zugleich einen Theil ihrer Körperlast zu tragen haben, die Prosobranchier. Die annähernd richtige Würdigung ihrer Geschwindigkeit verbürgt bei der *Paludina* der lange fortgesetzte Versuch auf dem Boden, wo sie ungestört sich selbst überlassen blieb, so wie ihre über ein halbes Jahr beobachtete Gesundheit im Aquarium, beim *Cyclostoma* das übereinstimmende Verhältnis zwischen Weg und Schrittweite in den einzelnen Versuchen. Die geringe Geschwindigkeit des *Cyclostoma* im Vergleich mit der des Wasserthieres findet ihre Erklärung in dem Befunde des specifischen Gewichtes (s. oben, II), wonach von der Körperlast der Wasserschnecken $\frac{4}{5}$ die Flüssigkeit auf sich nimmt und sie selbst nur noch $\frac{1}{5}$ zu tragen haben. Erhöht man demgemäß die Geschwindigkeitszahlen des *Cyclostoma*, um sie mit den Bedingungen der Wasserthiere in Einklang zu bringen, auf das Fünffache, so liegen die Grenzen zwischen 2 und 3,5 cm, sind also dieselben, zwischen denen jene sich halten.

ad II) Bei den Branchiopneusten ist die Sicherheit der experimentellen Geschwindigkeitsmessung leicht zu gewinnen; denn sobald die geringste Ermüdung eintritt, wird noch die letzte Spur von Lastbeförderung, die Überwindung des Druckes, den das Wasser dem Thiere entgegengesetzt, von der lokomotorischen Muskulatur verweigert und dem Retraktor gesondert übergeben, was die in Pausen nachgezogene Schale bekundet. Wenn das specifische Gewicht gleich dem des Wassers ist, wird von Arbeit bei der Lokomotion in der That weiter nichts geleistet, als die Überwindung des Flüssigkeitswiderstandes. Häufig genug sieht

man einen Planorbis schwimmen, wie ich's schon oben beschrieb (II), der seine Schale fest im Wasser stehen lässt, während der Fuß sich verlängert, um sie von Zeit zu Zeit durch den Retraktor nachzuholen. Aus dieser Ungewohnheit der Sohle, Lasten zu bewegen, erklärt sich auch die peinliche Sonderung im Gebrauch der Retraktorthteile, wenn eine *Limnaea* belastet kriecht, wobei sie mit den vorderen Retraktorbündeln die Schale hebt und mit den hinteren, ganz unabhängig davon, die Sohle verkürzt (s. oben, I). Diese Beschränkung der Branchiopneusten im Gebrauche der lokomotorischen Muskulatur allein auf die Überwindung der inneren Widerstände in der Sohle, die sich der Verlängerung entgegenzusetzen, verbietet es, sie überhaupt mit der Sohle anderer Schnecken, die zugleich noch Lasten bewegen, in Vergleich zu stellen. Andererseits liegt in dieser einseitigen Beschränkung der lokomotorischen Arbeit der Schlüssel für das Verständnis der ziemlich hohen Geschwindigkeit dieser Thiere, die darin die Prosobranchier um ein Mehrfaches übertreffen und mit vielen Pulmonaten wetteifern.

ad III) Unter die Schnecken mit geordneten Wellen über die ganze Sohle habe ich die kleinen *Zonites* mit aufgenommen, obwohl auf sie, die einen Tag ihren Kalkdeckel abgeworfen hatten, um ihn den anderen bereits zu ersetzen, wenig Gewicht zu legen. Für die richtige Ermittlung maximaler Geschwindigkeiten bei den *Helices* bürgt die Auswahl aus einer großen Beobachtungsreihe und die Kontrolle durch Belastungsversuche. Ihre Weglängen übertreffen wenig die der Branchiopneusten, um das Drei- bis Vierfache die der Prosobranchier. Sie leisten aber außer der inneren Arbeit der Sohlenverlängerung noch die Bewegung der gesammten Körperlast, wodurch sich der Arbeitswerth ihrer Sohle den Branchiopneusten gegenüber auf eine unberechenbare, jedenfalls nicht unbedeutende Höhe, den Prosobranchiern gegenüber noch auf das Fünffache steigert. Ist also die Geschwindigkeit die drei- bis vierfache, so ist die Arbeit in der Lastbeförderung die fünfzehn- bis zwanzigfache; und ungefähr dieselben Werthe erhält man, wenn man die Geschwindigkeiten der beiden Luftthiere *Cyclostoma* und *Helix* ($0,7 : 9 = 4 : 43$) in Vergleich setzt, wo das Lastverhältnis annähernd dasselbe ist.

Ich habe wohl kaum nöthig zu betonen, wie sehr der Vortheil, der durch die Ordnung des Wellenspiels in regelmäßige, starke Querwellen, durch die Hinzufügung des besonderen sympathischen Nervensystems, durch die Erhebung des lokomotorischen Apparates auf die Stufe selbständiger Arbeitsbethätigung gewonnen wird, in die Augen springt.

ad IV) Für die Schnecken, bei denen sich in weiterer Arbeitstheilung der lokomotorische Apparat auf das mittlere Sohlenfeld zurückzieht, gilt im Ganzen dasselbe, wie für die *Heliciden*. Wiewohl die be-

	Fußlänge	Körpergew.	Geschw.	Maximum	Bemerkungen
I. Gleitende Sohle mit unregelmäßigen Wellen.					
Paludina vivipara 1	—	—	2 cm	—	am Glase.
2	—	groß	0,73	—	am Glase, 45 Min. lang.
3	—	groß	2	2,3 cm	auf dem kiesigen Boden
Bythinia 1	0,8 cm	—	1,8	2	
2	0,8	—	0,9	—	
Cyclostoma elegans	—	—	0,4	0,7	

II. Gleitende und schwimmende Sohle mit unregelmäßigen Wellen.

Physa 1	1	—	6	—	kriechend.
2	1,1	—	4,5	—	schwimmend.
Limnaea stagnalis 1	2,2	erwachsen	1,4	—	kriechend, Schale jed halbe Min. gehoben.
2	2,7	erwachsen	3,5	—	kriechend, Schale alle 2 Min. gehoben.
3	1,85	erwachsen	6	7	kriechend, Schale nie ge hoben.
4	2,3	erwachsen	7,5	8,5	kriechend, Schale selte gehoben.
5	2	erwachsen	8	—	schwimmend.
6	—	erwachsen	6	—	schwimmend.
Planorbis corneus 1	1,7	halbwüchsig	4,7	—	kriechend.
2	—	fast erwachsen	4	—	schwimmend.
3	2,2	—	7	—	kriechend.
4	1,7	—	7	—	kriechend.

III. Ganze Sohle mit geordneten Wellen.

Zonites candidissimus 1	1,2	—	1,1	1,5	
2	0,8	—	0,85	1,4	
3	0,6	—	1,2	1,7	
Helix hortensis 1	2,9	1,85 gr.	7,8	8,03	
2	2,8	2,2	6,26	9	
Helix pomatia 1	6	6,4	6,3	7,8	
2	7	18,4	5,1	6,25	
3	6,8	23,5	3,7	4,38	

IV. Mittelfeld der Sohle mit geordneten Wellen.

Succinea putris 1	1,7	—	6	—	am Glas unter Wasser.
2	1,7	—	6,6	—	ebenso.
3	2,3	—	1,85	—	am Glas in Luft.
4	groß	—	5	—	schwimmend.
Vitrina diaphana	1,4	—	4	—	
Limax agrestis 1	4	0,37	12,7	13,33	
2	4,3	0,47	5,6	7,8	
Limax cinereoniger	12	10	3,36	4	
Arion empiricorum	12	22,5	1,73	1,91	

wegende Fläche hier kleiner wird, so treffen wir doch bei mittleren Thieren die allergrößte Geschwindigkeit. Leider hat man es hier am wenigsten in der Hand, auf den Willen des Thieres einzuwirken; und

¹ Inzwischen im freien Walde 9 cm beobachtet.

daraus erklären sich vielleicht die geringen Werthe bei den großen *Limax cinereoniger* und *Arion*, die man länger in der Natur beobachten müsste; auch kommt hinzu, dass die Schmalheit der lokomotorischen Sohle in einem schlechten Verhältnis steht zum großen Körpervolum dieser fetten Thiere, wie wir denn überhaupt nie bei den größten Thieren auf die größte Geschwindigkeit stoßen. Die zwergartige *Vitrina* steht mit ihren vier Centimetern immerhin sehr glücklich da gegen das *Cyclostoma*. Vielleicht könnte es auffallen, dass *Succinea* beim Schwimmen keine höheren Werthe erzielt; indess habe ich oben gezeigt, dass die Individuen nicht alle oder doch nicht immer die Gabe besitzen, dass also hier andere Schwierigkeiten und ein Ausnahmestand vorhanden sind. *Limax agrestis*, die gemeinste, aller Orten verbreitete, am leichtesten zu behandelnde, ist jedenfalls als Norm zu Grunde zu legen; und sie erreicht, trotz aller Beschränkung des Apparates, die höchste Geschwindigkeit.

Könnte man unter den verschiedenen Gruppen einen Wettlauf veranstalten, so würden die Schnell-Läufer unter den Nacktschnecken die Heliciden um ein Erhebliches schlagen, den dritten Preis erlangten die Branchiopneusten, vorausgesetzt, dass das Wasser die Körperlast zu tragen übernehmen dürfte, und zuletzt, weit hinten, kämen die Prosobranchier an. Es kann also wohl das Gesetz als ausgemacht gelten:

Die Geschwindigkeit und Leistung der Schneckensohle steigert sich mit der Ordnung des unregelmäßigen Wellenspiels zu bestimmten Querwellen, mit der Einlagerung des sympathischen Nervensystems und mit dessen Vervollkommnung durch Kommissurenausbildung.

Eine Erweiterung erfährt ein anderes Gesetz, welches ich früher aufstellte (XII, p. 476), »dass die kleinen Thiere die höhere Beweglichkeit haben, und das nicht nur auf die kleineren Gattungen und Arten bezogen, sondern ebenso auf die kleineren, jüngeren Individuen derselben Art«. Beispiele dafür liefern alle unsere Gruppen; die kleine *Bythinia* ist nicht langsamer als die große *Paludina*, die winzige *Physa* wetteifert mit der großen *Limnaea*, *Helix hortensis* leistet mehr als *pomatia*, und die kleine *Vitrina* ist ebenso schnell, der mäßig große *Limax agrestis* aber viel beweglicher als die voluminöseren *Limax cinereoniger* und *Arion*. Der Grund für diese Thatsache ergibt sich sehr leicht aus der Zusammenstellung einiger Daten über die Sohlenlänge, die freilich kein ganz konstanter Faktor ist, und das Körpergewicht mehrerer *Helix pomatia*, welche hier folgt (s. p. 48).

Verhält sich die Sohlenlänge des ersten und letzten Thieres wie 1:2, also die Sohlenfläche wie 1:4, so übersteigt die Proportion der

<i>Helix pomatia</i>	Sohlenlänge	Körpergewicht
1	4 cm	2,4 gr.
2	5,7	6,4
3	5,8	16,3
4	7	18,4
5	7,8	21,8

Körpergewichte noch weit das kubische Maß. Im Ganzen scheinen auch hier gewisse mittlere Werthe die vortheilhaftesten zu sein, oder es erhebt sich eine bestimmte Art oder Gattung durch ihre Leistung über die Verwandten, so *Physa* und *Limax agrestis*.

VII. Über die Mechanik der Schneckenlokomotion.

Hat die Annahme Richtigkeit, wonach die Strudelwürmer mit Hilfe der Wimpern an den Flächen im Wasser hingleiten (eine Annahme, die vielleicht noch der Bestätigung harret), so wetteiferte eine *Planaria lactea*, die ich in einer Minute auf dem Glasboden 7 cm zurücklegen sah, an Geschwindigkeit mit den schnellsten Branchiopneusten, die doch unter den Wasserschnecken als die eifertigsten dastehen. Hier leistete also das Wimperkleid für die Förderung der Körperlast mehr, als die große Sohle, welche den voluminösesten Muskel repräsentirt, den ein Thier im Verhältnis zu seiner Körpergröße haben kann. Überhaupt giebt es wohl nicht ein einziges Wesen in der ganzen Leiter thierischer Geschöpfe, dessen Aufwand an Muskelsubstanz in so ungünstiger Proportion stände zu der äußerlich sichtbaren Leistung wie die Schnecken mit ihrem Fuß. Dazu kommt, dass wir die übrigen Muskeln der Schnecken so ruckweise und kräftig wirken sehen, als irgend einen Muskel eines anderen Thieres; man denke an das Einziehen der Pulmonatenfühler oder das Festhalten des Paludinendeckels.

Aus diesen Thatsachen folgt mit Bestimmtheit, dass die Art der Verwendung und Anordnung der Muskulatur der Schneckensohle in einer ganz eigenartigen Richtung sich vollziehen müsse, wie denn die Art der Bewegung sich als gleitende allen übrigen lokomotorischen Mitteln streng gegenüberstellt. Ich habe geglaubt schließen zu müssen, dass die Eigenart in der besonderen Auslösung des Muskelreizes und einer dadurch erreichten, gewöhnlicher Kontraktion entgegengesetzten Extension oder Verlängerung zu suchen sei. Es versteht sich von selbst, dass der erste Eindruck, als handle es sich hier um ein Schwellgewebe, vorher zu berücksichtigen war. In neuerer Zeit ist SOCHACZEWER wieder auf diesen Modus zurückgekommen, leider ohne sich auf das Einzelne einzulassen, so dass er unter der Wirkung jenes ersten Eindruckes, wie anfangs ich

selbst, gestanden zu haben scheint. Er schreibt (XVI, p. 38, Anm.): »Im Gegensatz zu SIMROTH möchte ich annehmen, dass das durchweg kavernöse Gewebe des Fußes nicht bloß zur Unterstützung der sog. extensilen Fasern dient, sondern dass es hauptsächlich die Lokomotion bewirkt. Die Fasern selbst werden durch die einströmende Flüssigkeit gedehnt und wirken erst nach reflektorischem Anreiz treibend auf die die Maschen anschwellende Blutmenge. Die Wellen, welche über die Sohlenfläche gleiten, könnten dann wohl der Ausdruck der durch periodisch ausgelöste Muskelthätigkeit erzeugten Strömung sein. Näher hierauf einzugehen würde jedoch zu weit führen.« Um zu zeigen, wie bestimmt die hier vorgetragene Ansicht, die auf den ersten Blick viel Bestechendes hat, sich ausschließen lässt, und wie sehr man meiner Meinung nach gezwungen ist, zu der Hypothese der Extension seine Zuflucht zu nehmen, sollen die wichtigsten Beweispunkte hier zusammengestellt und besprochen werden.

- 1) Die scharfe vordere und hintere Abgrenzung freier Wellen.
- 2) Der feste Aggregatzustand der Wellen, wie er sich ergibt:
 - a) aus Schattenbildern,
 - b) aus Schnitten.
- 3) Das Verhalten des Retraktors beim *Cyclostoma*.
- 4) Die Klarheit der Retraktorhätigkeit überhaupt.
- 5) Der Mangel jeglichen Ausdruckes von seitlicher Verbreiterung oder Verschmälerung.
- 6) Die stabilen Wellen von *Helix*.
- 7) Die Nothwendigkeit kavernöser Struktur der Sohle für das Herausbefördern aus der Schale.

1) Sollten die Wellen durch eine unter der Haut nach vorn getriebene Flüssigkeit erzeugt werden, so müssten sie nothwendig, namentlich an ihrem vorderen Rande, eine allmählich ausklingende Form haben, wie eine Wasserwelle, bei der man, von oben darauf sehend, weder die vordere noch die hintere Grenze zu bezeichnen vermag. Statt dessen sieht man, namentlich deutlich bei einer schwimmenden *Succinea*, wie die Welle vorn und hinten eine scharfe Grenzlinie besitzt, etwa als wollte man einen schmalen Papierstreifen, von der Größe der Welle, von hinten nach vorn über die Sohle wegschieben. Dieser Modus ist mit einer subkutan fortgestoßenen Blutwelle unvereinbar.

2) An vielen Pulmonaten, die man erst frei hält und dann am Glase kriechen lässt, überzeugt man sich leicht aus den Dimensionen der Wellenbreite und der Zwischenräume, dass die dunklen, bewegten Wellen am Glase den erhabenen der freien Sohle entsprechen (und nicht den Zwischenräumen, wie SOCHACZEWER wohl annimmt). Dass die Substanz, aus der sie bestehen, ein festes Gerinnsel ist, erkennt man zunächst deutlich an

dem Mittelfelde des *Limax cinereoniger*, in welchem der Sinus selbst Nerven und Ganglien durchscheinen. Die Bänder geben, wie ich's genügend beschrieb, dem Lichteinfalle entsprechende Schatten im Innern des Thieres; leider sind gerade die Schatten in der betreffenden Abbildung des kriechenden Thieres (XII, Fig. 2) wenig scharf, wenn auch sichtbar, wiedergegeben.

b) Noch bestimmter wurde der Beweis, dass die Wellen aus fester Substanz bestehen, bei jenem gehärteten *Limax cinereoniger*, an dessen Sohle zwei Hauptwellen erhaben fixirt waren, im Abstände zweier Pedalnerveneinsätze, ebenso wie eine schwächere Welle dazwischen, dem Abstand einer zwischenliegenden Kommissur gemäß¹ (XIII, Fig. 7, unter 6 als Holzschnitt reproducirt). Mögen die Schnitte (XIII, Fig. 8 und 9) vielleicht noch Zweifel aufkommen lassen über den Zusammenhang der gequollenen Kugeln mit den Muskelfasern, so zeigen sie doch zur Genüge, dass in den Erhabenheiten jede Spur von Bluträumen fehlt, dass sie im Gegentheil durch die dichteste Anhäufung von Muskelsubstanz gebildet werden.

3) Beim *Cyclostoma* trifft das Wellenspiel auf der losgelösten Sohlenhälfte zeitlich zusammen mit der größten Reduktion ihres Volums durch den Retraktor und dadurch zugleich mit der höchsten Blutarmuth. Man kann also schwerlich, während man die verschiedenen kontraktilen Fasern (aus der Haut und den Quersepten) das Blut austreiben sieht, ihnen oder irgend welchen anderen Fasern gleichzeitig eine Verwendung des entweichenden Blutes zur Schwellung übertragen.

4) Nicht weniger einleuchtend ist die Funktion aller Muskelfasern, die quer, schräg oder senkrecht durch das Sohlenparenchym ziehen und

¹ Es könnte vermessen erscheinen, dass ich auf dieses Präparat nochmals zurückkomme. Die Überlegung, wie es entstanden, wird mich hoffentlich rechtfertigen. Die Schnecken stehen mit ihrer doppelten Muskulatur der Außenwelt völlig anders gegenüber, als sonst irgend ein Thier. Ein Affe, der mit seinen Armen klettert, kann sie im nächsten Augenblicke zur Abwehr eines Feindes gebrauchen. Eine Schnecke, die sich durch irgend welchen Reiz bewogen fühlt, ihren lokomotorischen Apparat in Thätigkeit zu setzen, kann jedem anderen, von außen herantretenden stärkeren Reize nur dadurch begegnen, dass sie das Kriechen einstellt, die dazu bestimmte Muskulatur völlig ruhen lässt und mit ihrer übrigen sich durch Kontraktion schützt. Damit nun erhabene Wellen fixirt werden, muss die scheinbar widersinnige Kombination eintreten, dass das Thier, durch die tödliche Flüssigkeit bewogen, sich entschließt zu kriechen und Wellen erzeugt, während in demselben Moment ein allgemeiner Retraktorkrampf eintritt, der die Schnecke schrumpfen lässt. In diesem Augenblicke musste nicht nur der Tod, sondern zugleich die Härtung erfolgen, um jenes Präparat zu erzeugen. Gewiss ist die Aussicht gering, einen Ausdruck derartig entgegengesetzter Willensimpulse während des tödlichen Augenblickes fixirt zu erhalten, daher man die seltene Gelegenheit auszukaufen hat.

die sich namentlich am *Limax cinereoniger*, für den SOCHACZEWER meine Angaben bestätigt, entwirren lassen. Sie sämmtlich erweisen sich als kontraktil und bewirken entweder die Verkürzung des gesammten Thieres oder einer Seite, bei Biegungen, oder auch, bei Deckelschnecken, den Rückzug ins Haus, oder, beim *Limax cinereoniger*, das Bergen der weißen Mittelsohle in der schwarzen. Die Ausführung im Einzelnen gab ich früher; ich halte für sicher, dass keine von diesen Muskelkategorien etwas für die Lokomotion zu leisten vermag.

5) Die Lokomotion sowohl durch Schwellgewebe und Blutwellen, wie durch irgend eine schräge oder quere Muskelgruppe wird ausgeschlossen durch den Mangel jeglicher Veränderung der seitlichen Konturen des lokomotorischen Apparates, sei es der ganzen Sohle oder des mittleren Feldes. Wiederum lässt sich der Beweis nirgends so scharf führen als bei *Limax cinereoniger* oder *Vitrina*. Die experimentelle Freiheit, bei belasteten Gehäuseschnecken die Sohle durch Retraktorfasern beliebig verbreitern und verkürzen zu lassen, ergiebt die Unmöglichkeit, jenen Mangel an Konturveränderungen in Folge des Wellenspiels etwa durch Starrheit der seitlichen Begrenzung zu erklären.

6) Zeigen die Schattenbilder des *Limax cinereoniger*, zeigen die Schnitte durch erstarrte Wellen desselben Thieres, dass die Wellen aus einer festen Gerinnungsmasse bestehen, so beweisen die stabilen Wellen von *Helix pomatia*, dass der gerinnende Stoff in Längsbahnen verläuft. Man gestatte mir, auf dieses durchschlagende Experiment nochmals zurückzukommen. Der lokomotorische Apparat wird durch starke Belastung der Schnecke möglichst empfindlich gemacht, so dass jede weitere Einwirkung von außen das Thier zum Herabfallen bringen würde, wenn es nicht durch erneuten kräftigen Willensimpuls auf das lokomotorische Spiel treibend einwirkte und dadurch den Adhäsionsdruck erhöhte. Hier dient jede Erschütterung, den Einfluss der Pedalnerven auf den lokomotorischen Apparat mit dem Sympathicus klar zu legen. Fig. IV, I stellt die Sohle des ruhig kriechenden, belasteten Thieres dar mit den nach vorn ziehenden Wellen. Jetzt eine Erschütterung, und im Moment entsteht das Bild der Fig. IV, II. Die Wellen verdoppeln sich, zwischen je zweien tritt eine neue auf. Die ursprüngliche Wellenbreite jedoch sinkt auf die Hälfte herab; dafür erscheint der verschwundene Antheil wieder in den neuen Wellen (*st*). Diese neuen Wellen bleiben unverrückt an ihren Stellen, während die alten (*b*), halbirt, mit früherer Geschwindigkeit weiterziehen, bis sie über die stabilen (*st*) hinweggleiten. Dann nehmen sie diese mit und ziehen in alter Stärke nach vorn, die stabilen sind damit verschwunden oder bleiben höchstens als feinste Querlinien noch ein Weilchen sichtbar. Ich habe den Versuch zu oft wiederholt,

als dass eine Täuschung möglich. Wie will man dieses Phänomen irgend mit Quer- oder Schrägmuskeln in Einklang bringen? Soll an den Stellen *st* ein momentaner Krampf entstehen, wobei von Verkürzung keine Spur sichtbar? Sollen die übrigen Quermuskeln dabei sich ruhig weiter kontrahiren? Warum nur die Hälfte? Warum hört der Krampf auf, wenn der nächste Nachschub von Kontraktionen ankommt? Und so viele weitere Fragen, deren man nicht eine beantworten kann. — Dagegen scheint mir einzig und allein die Erklärung stichhaltig, die ich früher gegeben habe. Die stabilen Wellen (*st*) bedeuten die Ansatzpunkte eines Fußnervenpaares, wo nach der Erschütterung ein neuer Willensimpuls den

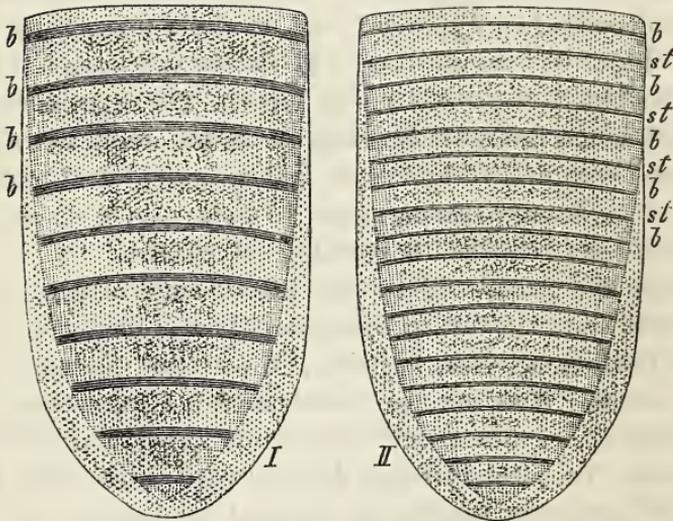


Fig. IV.
Sohle von *Helix pomatia* bei starker Belastung. I, ruhig gleitend, II, im Moment einer Erschütterung. *b*, bewegliche, *st*, stabile Wellen.

lokomotorischen Apparat trifft (und von denen beim Anfang jeder Kriechperiode die Wellen ihren Ausgang nehmen); der chemische Nervenreiz bewirkt eine Myosingerinnung. Gleichzeitig werden die schon vorhandenen Wellen durch den Sympathicus weiter geleitet. Da aber schon die gewöhnliche Welle bei ruhigem Kriechen das konstante Maß gerinnbaren Myosins im Bereiche einer Welle (gleich dem Intervall zwischen zweien) bezeichnet (wobei der Rest im Muskels Serum gelöst bleibt), so kann eine neue Gerinnung in Folge des anlangenden Willensimpulses nur entstehen auf Kosten der beweglichen Welle. Allmählich, in kurzer Zeit, lässt der Tonus in den Pedalnerven nach, und die stabile Welle vereinigt sich wieder mit der beweglichen, die der Sympathicus weiter leitet. Die Erklärung scheint mir so klar und mit allen Muskeltheorien so übereinstimmend, dass die Komplikation jener vielen unlösbaren Fragen vor ihr völlig verschwinden muss. Selbstverständlich ist eine

solche Balance des zu einer Zeit an einem oder zwei Punkten desselben Distriktes konstant geronnenen Myosins nur möglich bei Längsfasern. — Ganz genau dieser Vorstellung entspricht aber das Bild der fixirten Wellen vom *Limax cinereoniger*. In *st* sind die Punkte, wo die gewalt-samen Reize der Pedalnerven ankommen; und hier, wo es sich um einen Todeskampf handelt, erscheinen sie fixirt nicht als Querwelle, sondern die Ansatzpunkte der Nerven heben sich deutlich heraus. Die kleinen Erhabenheiten dazwischen und dahinter entsprechen dem Krampfe von sympathischen Commissuren.



Fig. V.

7) SOCHACZEWER möchte die kavernöse Beschaffenheit der Sohle zur Erzeugung der Wellen benutzen. Kavernös muss die Sohle sein, um nach Kontraktion oder Rückzug ins Haus durch den aus letzterem kommenden Blutstrom in toto ausgebreitet zu werden. Da wir aber die Richtung des Blutstromes beim Schwellen der sich entfaltenden Sohle, von vorn nach hinten, kennen, so dürfen wir sie schwerlich durch dasselbe Blut von hinten nach vorn geschwellt werden lassen, zur Lokomotion. Auch müssten irgend welche Vorrichtungen, Muskelanordnungen oder Septen, sich finden lassen, welche das Blut in dem durch Kontraktionen geschwellten Theile zusammenhielten, zum mindesten im Mittelfelde der *Limax*. Ich glaube sie um so bestimmter leugnen zu dürfen, als mir die den Blutstrom lenkenden Apparate beim kleinen *Cyclostoma* nicht entgingen; und damit leugne ich das Schwellen durch Kontraktion selbst.

Einen guten Einblick in die Sohlenmuskulatur verschafft die äußere Besichtigung von Weinbergschnecken, die eben aus dem Winterschlaf erwachten. Die Sohle ist hier, scheint mir, magerer, ihr Relief wird daher mehr durch Muskelzüge bestimmt, als durch zwischengelagerte Schleimmassen, die wohl im Winter an Stelle des fehlenden Fettes verbraucht sein mögen; auch ist es nicht durch häufige Schwellung, die vielmehr monatelang völlig ruhte, ausgeglichen und verwischt. An einem Thiere, das man vom Kriechen aufhebt, ist die gesammte Sohlenfläche durch feinste, scharfe Längslinien gezeichnet, ganz parallel, im Abstand von weniger als 4 mm; nur gegen den Rand hin, der des Kriechens unkundig, fehlen sie. Eine Schnecke aber, die in destillirtem Wasser Kriechversuche macht, meist ohne die Glasfläche zu gewinnen, hat das Wellenfeld (Fig. VI, I) in lauter engere und weitere Längsfalten gefurcht; der nicht kriechende Rand bietet die bekannten Querkerben. Kommt darauf ein Moment, wo das Thier den Bewegungsversuch aufgibt und durch Kontraktion die Sohle längsfaltet, wie zum Rückzug ins Haus, so geht das Bild in Fig. VI, II über, die Längsfurchen treten zurück, die Kerben des Randes dagegen verlängern sich in kräftigen

Querlinien bis zur vertieften Sohlenmitte. Nun kreuzen sich aber die Retraktorbündel unter der Drüse, und ihre Ausstrahlungen nach rechts und links kommen in diesen Querlinien zum Ausdruck, die Kreuzung bewirkt die Längsmulde. Es sind also die Randkerben der kriechenden Sohle Retraktorbündel, deren mediale Verlängerungen durch die sie durchflechtenden lokomotorischen Längsbündel verdeckt werden. Zwischen den Extremen der beiden Figuren halten sich die Bilder, welche

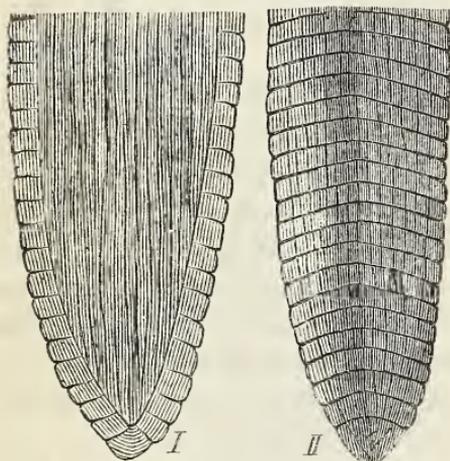


Fig. VI.

Sohlenenden von *Helix pomatia*, in destillirtem Wasser¹.

die Sohle meist bietet; Längsfalten, gelegentlich von einer Quersfurche unterbrochen. Schwerlich kann der Beweis klarer sein, dass die Längsfasern die lokomotorischen, die queren die retraktilen sind. Doch liefert der Zwiespalt, den das destillirte Wasser hervorruft, wenn es das Thier zur Flucht treibt, das gleichzeitig aber durch Kontraktion vor der unangenehmen Berührung die Haut schützen möchte, einen nicht weniger sicheren Aufschluss über die Muskelthätigkeit, falls es dem Thier gelingt, an der Glasfläche in die Höhe zu gleiten.

Dann nämlich liegt das Wellenfeld dem Glase an und dehnt sich, durch seine Verlängerung das Kriechen bewirkend, die Haut indess hält sich möglichst zusammen, ja der nicht kriechende Sohlenrand steht unregelmäßig geschrumpft weit von der Fläche ab, dadurch zugleich beweisend, dass die kontraktile Fasern das Blut aus der Sohle entleeren möchten und es sicherlich dabei nicht zum Schwellen verwenden.

So glaube ich, durch Erweiterung der Untersuchungen, durchaus in meinem Resultate bestärkt zu werden, dass die Lokomotion der Schnecken nicht auf einem Schwellgewebe des Fußes, sondern dass sie nur auf der Extension von Längsmuskeln beruht. Gegen diese Extension freilich hat SOCHACZEWER einen gewichtigen Einwurf erhoben. Ich hatte durch die Gerinnungsexpansion in der Faser eine feste Scheibe entstehen lassen, die sich hinten beständig löst, während sie vorn um die gleiche Myosinmenge wächst. Es kann, fuhr ich fort, die vorn immer neu erzeugte Expansion nur nach vorn wirken und muss die Faser um ihren eigenen Betrag verlängern. »Gegen diese Anschauung,

¹ Die feinen Längslinien sind, wie auch in Fig. VII, durch den Holzschnitt entstanden.

sagt SOCHACZEWER, lässt sich aber wohl einwenden, dass nicht abzusehen ist, wesshalb die Expansion des am vorderen Rande gerinnenden Myosins nicht ebensowohl auf die seitlichen Wände der Faser als nach vorn wirken soll, so dass der Zwischenraum zweier auf diese Weise nach vorn bewegten Scheiben hierdurch eine mehr kugelige Gestalt annimmt, d. h. sich kontrahirt. Es ist mir desshalb nicht klar, wie auf diese Weise eine Dehnung der Faser stattfinden kann, da die Auftreibung der seitlichen Faserwände ja den Druck nach vorn sehr stark schwächt und vermindert.« SOCHACZEWER's theoretisch richtiges Raisonnement lässt sich an Fig. VII, I versinnbildlichen. Es sei *a* die Stelle, wo die erste Gerinnung stattfand. Sie sei fortgeschritten bis *b*, deren starke Striche sie andeuten, es sei also das Myosin hinter *b* bis *a* wieder gelöst — dann muss die Expansion, um die sich die ganze Eiweißsumme von *a* bis *b* vergrößerte, das Faserende *c* mit flüssigem oder weichem Inhalt durch allseitig fortgepflanzten Druck zur Kugel aufblasen und Verkürzung bewirken.

Gegen diese theoretische Folgerung kann ich, ohne eine Erklärung dafür abzugeben, nichts aufbringen, als die Beobachtung, dass die Auftreibung nicht geschieht. Ich beziehe mich auf eine Faser, die ich früher selbst abbildete, Fig. VII, II (XI, Taf. XIX, Fig. 6). Jeder Verdacht einer unbewussten Täuschung ist hier ausgeschlossen, denn mir lag bei jener

Erstlingsarbeit nichts ferner, als an extensile Fasern zu denken. Ich vermuthete, dass mir bei langem Suchen nach charakteristischen Faserformen gerade eine lokomotorische Faser aufgestoßen ist, und gründe diese Vermuthung auf den litterarischen Mangel an Beschreibungen derartig differenzirter Fasern bei den Weichthieren, so wie auf

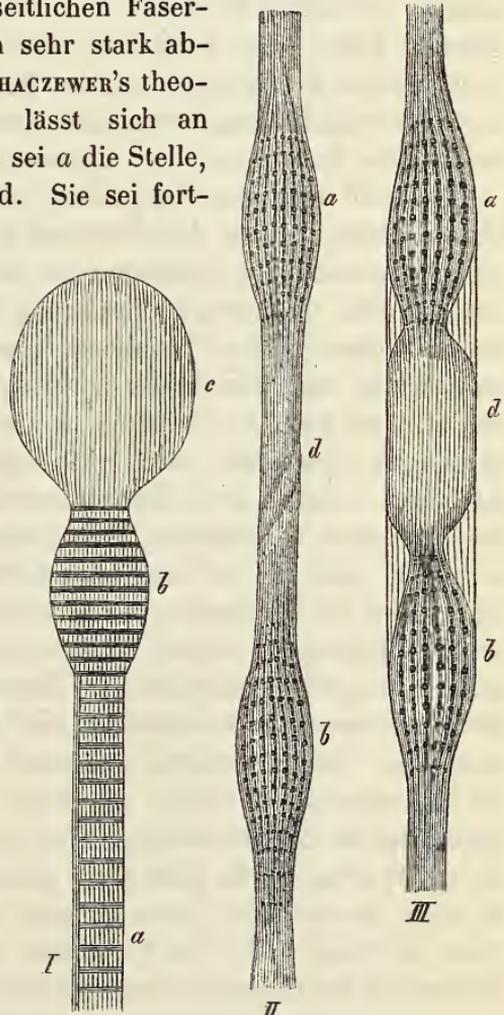


Fig. VII.

die durch Farbe und Schatten der Wellen erwiesene Differenzirung der lokomotorischen Muskeln. Sei dem wie ihm wolle, die Stellen *a* und *b* beweisen durch die Trennung der isotropen und anisotropen Substanz, dass hier Gerinnung Statt hat. Das Aufquellen zeigt die Expansion. Dass dadurch keine Spannung des Sarkolemmes erzeugt wird, sondern dass die ruhende Faser ihre ursprüngliche Breite behält, lehrt die Zwischenstelle *d*. Wäre die spannende Wirkung aufs Sarkolemm vorhanden, so müsste die Stelle etwa die Form von Fig. VII, III, *d* angenommen haben. Sie hat's aber nicht. Diese Thatsache könnte auch durch andere Erfahrungen aus der Muskellehre gestützt werden, durch die Schwierigkeit, losgelöstes Sarkolemm nachzuweisen, durch den geschlängelten Verlauf mancher ruhenden Fasern und dergleichen.

Zugleich zeigt das Aufquellen der Faserbäuche, wie die knotenförmige Anschwellung der einzelnen Fibrillen, dass die Gerinnung mit einer Volumzunahme verbunden ist. Denn ohne dieses Geständnis wird man auf jede mechanische Erklärung der Verdickung überhaupt verzichten müssen. Über besondere Apparate und Versuche, die Volumvermehrung experimentell zu beweisen, wage ich, so sehr sie zu folgen scheint, noch nicht zu berichten, wegen der Schwierigkeit, alle Fehlerquellen zu verstopfen. Man wird zugeben, dass die Bäuche der abgebildeten Faser zu ihrem einfach gestreckten Verlauf sich verhalten wie die Form eines kontrahirten Wirbelthiermuskels zu der des gestreckten, es scheint also das auf den physikalischen Eigenschaften des Sarkolemmes und der Expansion des gerinnenden Myosins beruhende Wesen der Muskelthätigkeit zu sein, dass sie jedes Mal die aktive Stelle in diese Ausbauchungsform hineintreibt. Hiermit lässt sich die Verschiedenheit der Funktionen der kontraktilen und der extensilen Fasern graphisch darstellen. Der Unterschied zwischen der kontraktilen Muskulatur und der lokomotorischen beruht vor Allem in der sehr verschiedenen Geschwindigkeit der Reizleitung oder in der verschiedenen Faserlänge, die gleichzeitig in die Thätigkeit einbezogen wird. Gesetzt den Fall, es seien die starken Linien *bo* und *cq* die Grenzen einer ruhenden Faser, ihr Ende in *bc*, die Expansion vermehre das Volum des aktiven Theiles auf das Doppelte, und es werde in dem einen Falle plötzlich die Strecke *bo* in Aktion versetzt, im andern jedes Mal nur der dritte Theil der Länge, also nach einander *bf*, *fk*, *ko*, die Ausbauchung sei jedes Mal dieselbe, also der Bogen *bto* konzentrisch *fik* (er ist etwas flacher, also ungünstiger gezeichnet): so müsste in jedem Falle die Faser vom Volum *bcqo* auf das Doppelte *adsr* ($ad = 2bc$) aufschwellen; wie aber die Bäuche bei der successiven Aktion lehren, wird dieser Raum durch die Anschwellungen nicht gefüllt, sondern die schraffirten Stellen

bleiben als Restfläche; um den Werth dieser schraffirten Flächen müsste die Faser am freien Ende oq sich verlängern. Nicht so im anderen Falle, wo die ganze Strecke bo gleichzeitig in Aktion tritt. Um so viel, als die beiden Kreisabschnitte bto und cug die beiden Rechtecke $abor$ und $cdsq$ an Fläche übertreffen, muss sich der Längsschnitt der Faser vorn verkürzen. Dazwischen muss ein Grenzwert liegen, wo die Expansion weder Verkürzung noch Verlängerung bewirkt. Nun ist in diesem Beispiele die Expansion offenbar viel zu hoch angenommen, dafür ist aber in Wirklichkeit die Differenz der Reizgeschwindigkeiten eine vielmal größere; denn in der extensilen Sohlenmuskulatur ist sie nicht größer, als die Geschwindigkeit, mit der eine Welle über die Sohle hinzieht, nämlich 47,6 cm in der Minute in maximo, oder nur 30 bis 40 cm bei größter Leistung, gegenüber der anscheinend blitzartigen, jedenfalls viel bedeutenderen Geschwindigkeit, mit der etwa ein Helixfühler sich zurückzieht, und die von der im Wirbelthiermuskel, etwa 2 Meter in der Sekunde oder 12 000 cm in der Mi-

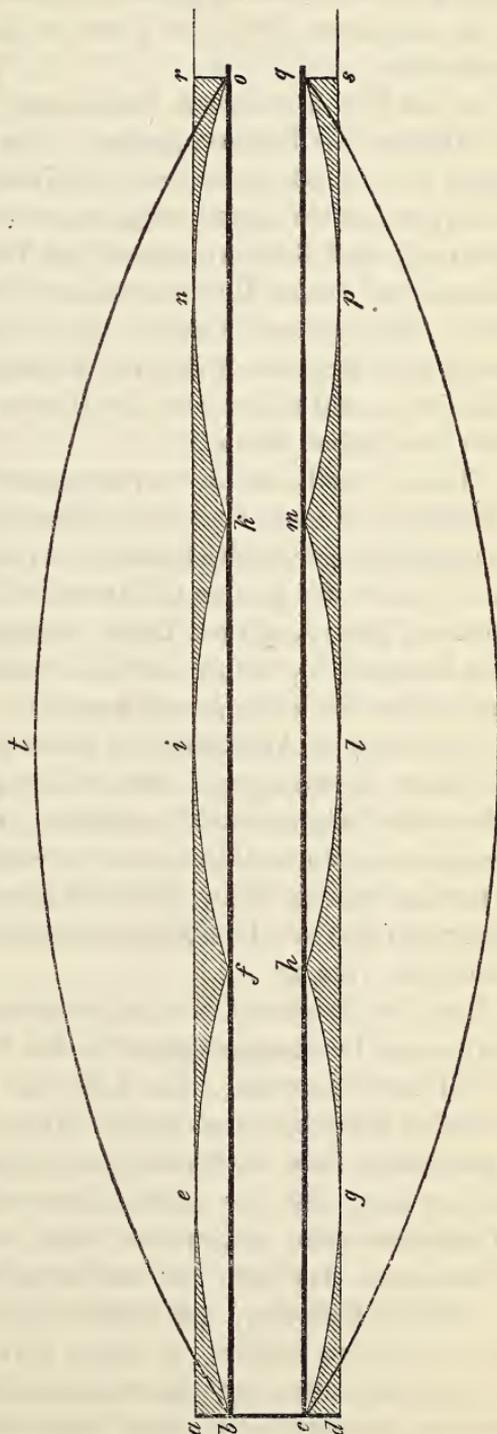


Fig. VIII.

nute, kaum übertroffen zu werden scheint. Also dürfte schließlich der eigenthümliche Effekt der Muskelfaserextension lediglich in der Langsamkeit der Nervenleitung gesucht werden müssen, mit der sie successive die einzelnen Theile der Faser in die Gerinnung und Expansion hineinbezieht.

Ist die hier gewonnene Anschauung richtig, so erklärt sie auch ohne Weiteres ein Erfahrungsgesetz, das ich früher (XII, p. 177), auf Deutung noch verzichtend, aus den Tabellen ablas und so formulirte: »Die Körpergeschwindigkeit steigt proportional der Intensität (Farbe und Abgrenzung) und Geschwindigkeit der Wellen bis zu einem gewissen Maximum, bei dessen Überschreitung (Überhastung) sie wiederum abnimmt«, mit anderen Worten: bis zu einer gewissen Erregungsgeschwindigkeit steigt der Werth der Expansion, nachher überschreitet er das Maximum und nähert sich der Grenze, wo die Expansion statt Extension Kontraktion bewirkt.

Ebenso erhellt aus der vorgetragenen Theorie die geringe Leistung der kräftigen und am höchsten differenzirten lokomotorischen Muskulatur gegenüber der ungleich stärkeren bei der kontraktiven; denn während bei dieser die gesammte Expansion in dem einheitlichen Ziele der Verkürzung ihren Ausdruck findet, so zerlegt sie sich bei der extensilen in eine Komponente, welche die Faser verdickt, und eine zweite, welche allein als Rest die Verlängerung bewirkt.

Wem aber die Auffassung, es könne die Thätigkeit der gleich angelegten Faser in entgegengesetzter Richtung sich äußern, noch immer an das Abenteuerliche zu streifen scheint, der darf wohl an das bekannte Experiment am Wirbelthiermuskel verwiesen werden, welcher, belastet und gereizt, sich verkürzt, überlastet aber und gereizt, sich verlängert, welcher also sehr wohl die Möglichkeit einer verschiedenen Reizwirkung zu illustriren vermag.

Dass die Extension bei den Schnecken Statt hat, das zeigen die erhobenen Gerinnungswellen bei den Pulmonaten, das zeigt die vordere Sohlenverlängerung, das zeigt das kugelförmige Aufquellen der Faserenden bei gehärteten, fixirten Wellen, wo der Kontraktionskrampf der gesammten Haut das Myosin herausgequetscht und aufgetrieben hat. Worin es liegt, dass der ruhende Fasertheil mit dem Sarkolemm durch die Expansion nicht aufgetrieben wird, ob in der Muskelsubstanz, ob im Sarkolemm, das kann nur eine lange Versuchsreihe aufklären. Leider wird die Hoffnung, auf diesem Wege der endlichen Lösung des Problems sich zu nähern, in weite Ferne gerückt. Schwerlich wird man Jemandem zumuthen, die extensilen Fasern aus der Prosobranchiersohle etwa herauszufinden; man müsste sich an die höher entwickelten

Formen halten, namentlich an die Sohle von *Limax*. Die macht aber vorläufig jeden experimentellen Eingriff illusorisch durch ihren sympathischen Charakter. Wer hat es bis jetzt vermocht, die Peristaltik am Darm der Wirbelthiere, an denen doch die physiologische Technik sich zu ihrer jetzigen Höhe herangebildet hat, auf Befehl des Experimentators zur Erscheinung zu zwingen? Und so macht man auch hier, wie so oft, die schmerzliche Erfahrung, dass, je näher man dem Ziele kommt, um so höher das letzte Hindernis sich aufbäumt, über das man hinwegsetzen muss. Es muss bei den jetzigen Beweisen sein Bewenden haben.

Und jetzt nochmals die präzise Theorie. Die kavernöse Beschaffenheit der Sohle leistet für die Bewegung der Schnecken nicht mehr, als dass sie den Fuß schwellt und ausbreitet, gerade wie den *Helix*-fühler. Die ganze bewegende Kraft ist den Längsmuskeln, deren Enden ins Epithel umbiegen, und dem an ihnen äußerst langsam von hinten nach vorn fortgeleiteten Nervenreize zuzuschreiben. Indem damit die Gerinnung nach vorn fortschreitet, kommt ein Theil der Expansion in einer vorderen Dehnung der Faser zum Ausdruck. Ein Maß für die Extension, bis jetzt nur durch den Augenschein taxirt, hat man in der Höhe der Wellen eines freigehaltenen Thieres. Bei der Kontraktion mit viel schnellerer Gerinnung kommt die Expansion in toto durch Verkürzung zur Geltung. Viel ungünstiger steht die extensile Faser da, die auch den vollen Werth der Expansion als Arbeit in vorderer Verlängerung ausbeuten würde, wenn das Sarkolemm fest wäre wie ein Flintenlauf. In Wahrheit wird ein großer Theil der Expansion auf seitliche Verdickung des gerade geronnenen Myosins, und nur eine gewisse, vielleicht geringe Komponente auf die vordere Dehnung verwandt. Dieses Missverhältnis erklärt die große Verschwendung von Muskelkraft bei der Schneckenlokomotion gegenüber der außerordentlich geringen Leistung.

Da das Ende der lokomotorischen Fasern nach unten und vorn gerichtet ist, so dient ein Theil der Extension zur Erhöhung des Adhäsionsdruckes, der andere zur Lokomotion. Beim *Cyclostoma* allein, wo der Adhäsionsdruck der ruhenden Sohlenhälfte durch Blutzufuss in Folge besonderer Anordnung und Ausbildung der kontraktilen Muskulatur geleistet wird, wo die Bewegungshälfte in der Luft sich verlängert, dürften die extensilen Fasern gerade nach vorn gerichtet sein. Und bei ihm allein gelingt es, das Sohlenepithel leicht in toto abzulösen, während es bei den anderen Schnecken innigst mit der Muskulatur zusammenhängt.

Bei den Wasserschnecken (und beim *Cyclostoma*) vollzieht sich das Wellenspiel ordnungslos über die ganze Sohle. Bei den Pulmonaten, die

in der Luft die ganze Körperlast zu bewegen haben, ordnet es sich zu regelrechten Querwellen. Außer der Leistung der etwa fünffachen Lastbewegung, wie sie aus den specifischen Gewichten folgt, wird aber der Arbeitswerth dadurch noch besonders gesteigert, denn die Geschwindigkeit wächst fast auf das Dreifache. Wie erklärt sich der Nutzen, der durch die Ordnung erreicht wird? Erstlich nach dem allgemeinen Princip der Arbeitstheilung überhaupt, durch die Einschaltung des sympathischen Apparates, kräftigere Wirkung des Stoßes etc., zweitens aber noch vielmehr durch den besonderen Vortheil, dass dadurch die gleitende Reibung fast ganz in die viel günstigere rollende umgesetzt wird. Bei den Wasserschnecken, wo die Bewegungspunkte durch die ganze Fläche beliebig zerstreut sind, kann die Reibung selbstverständlich nur eine gleitende sein. Um zu zeigen, welche Punkte der Pulmonatensohle die meiste Reibung zu überwinden haben, braucht man nur *Limax cinereoniger* sich ins Gedächtnis zurückzurufen. Ein ruhendes Thier an einer senkrechten Glasfläche rutscht allmählich herunter, eine oder zwei lokomotorische Wellen am Vorderende genügen, um die Rutschbewegung zu sistiren. Hierdurch wird klar, wo der Hauptdruck, das wesentliche Hindernis gegen das Vorwärtsgleiten wie gegen das Rutschen, zu suchen: in den Wellen. Dadurch aber, dass die Welle an ihrem vorderen Rande fortschreitet, indem immer eine neue Querreihe von Druckpunkten sich ihr hinzufügt, bei einer gleichen Wegnahme hinten, wird die Reibung zu einer rollenden, wie bei einem Rade, das mit immer einer neuen Querlinie den Boden berührt. Wenn aber das Rad eine solche Berührungslinie hat, so giebt's deren in der Pulmonatensohle so viele, als Wellen vorhanden sind. Dabei unterliegt freilich der ruhende Sohlentheil der gleitenden Reibung, aber die kommt kaum in Betracht, da das Körpergewicht von *Limax* genügt, um sie zu überwinden, während eine *Helix* von 15 bis 20 g Körpergewicht im Stande ist, durch den Druck der Wellen 100 g Belastung am senkrechten Glase zu halten.

Noch ein anderer Belastungsversuch an derselben Schnecke heischt hier Deutung. *Helix* kriecht um so schneller, je mehr ihre Sohle gedehnt wird; ein Thier, das aus dem Hause kommt, entwickelt eine immer größere Geschwindigkeit, bis das Maximum der Sohlenlänge erreicht ist; dann tritt Gleichmaß ein. Umgekehrt, wenn man das senkrecht kriechende Thier belastet, so verkürzt sich durch die Retraktorfasern, welche die Schale stärker anziehen, die Sohle, mit entsprechender Verbreiterung, wie ich's früher zeigte (XII). Die Verkürzung ist proportional der Belastung. Dabei nimmt trotz dem stärksten Wellenspiele die Geschwindigkeit des Thieres stetig ab, sie ist umge-

kehrt proportional der Last; die Bewegungskraft setzt sich in Druckkraft um. Wie kommt das? Wenn die Sohle sich verkürzt durch Retraktorwirkung, so muss die lokomotorische Längsfaser, die bei dieser Bewegung nicht aktiv beteiligt ist, wegen ihrer vorderen und hinteren Einpflanzung im Epithel sich im selben Verhältnis zusammenschieben oder krümmen. Wird aber die Sehne verkürzt, so muss die Krümmung des Bogens zunehmen, also die Bogenlinie von Fig. IX, I muss in die von Fig. IX, II sich umsetzen (die Bogen sind nach derselben Fadenzlänge gezeichnet). Giebt nun ac und a, c , die gleiche Größe der Expansion an (— es handelt sich nicht um ihre absolute, sondern nur um ihre relative Länge —), oder mit anderen Worten die schräge Stoßkraft, mit der die Welle auf die senkrechte Unterlage wirkt, so muss sich diese Stoßkraft zerlegen in zwei Komponenten, die eine, ad , senkrecht zur Unterlage, die Druckkomponente, die andere, ae , parallel zur Unterlage, die Bewegungskomponente. Nun vergleiche man die kleine Druckkomponente ad der freien mit der großen Druckkomponente a, d , der belasteten Schnecke, und umgekehrt, die große Bewegungskomponente ae der freien mit der kleinen Bewegungskomponente a, e , der belasteten Schnecke, und man wird zugeben: die Theorie stimmt mit den Thatsachen überein, vorausgesetzt nur, dass das seitliche Ausweichen des Bogens zu größerer Krümmung durch das dichte Maschennetz der Nachbargewebe verhindert wird. Um möglichst genau mit den Beobachtungen zu rechnen, lehnen sich die Zeichnungen an die

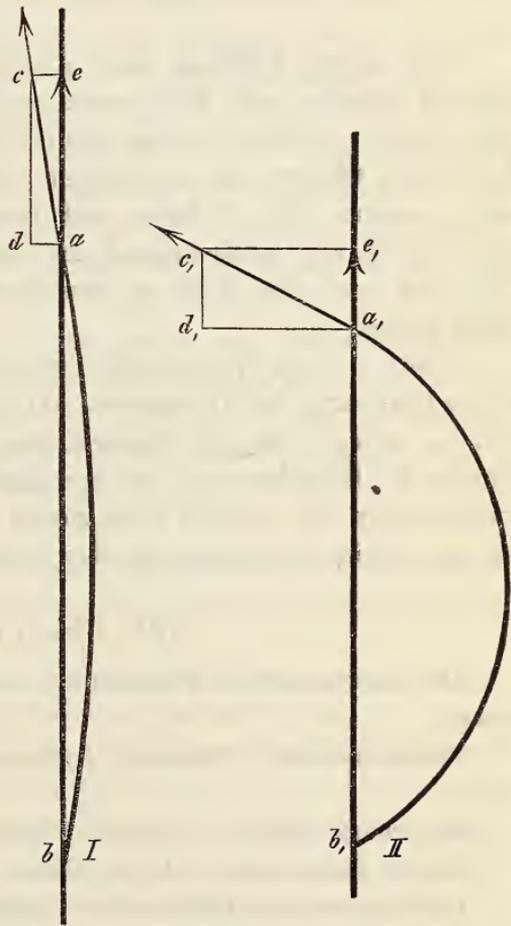


Fig. IX.

theorie stimmt mit den Thatsachen überein, vorausgesetzt nur, dass das seitliche Ausweichen des Bogens zu größerer Krümmung durch das dichte Maschennetz der Nachbargewebe verhindert wird. Um möglichst genau mit den Beobachtungen zu rechnen, lehnen sich die Zeichnungen an die

Daten des folgenden Versuches an einer Weinbergsschnecke, die senkrecht am Glase kroch, an.

<i>Helix pomatia</i>	Frei	Belastet
Gewicht	16,2	16,2 + 50 Gr.
Sohlenlänge	7,2	6 cm
Geschwindigkeit	5,5	2,5 "
Anzahl der gleichzeitigen Wellen	10	10 "

Eine kleine Differenz fand allerdings noch statt. Bei Belastung nämlich brauchte eine Welle etwas mehr Zeit ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$), um über die ganze Sohle zu ziehen, so dass sich die Arbeit etwas langsamer vollzog, dafür nach Obigem um so kräftiger wirkend. Bei noch höherer Belastung verkürzt sich die Sohle noch mehr, bis endlich trotz kräftigstem Wellenspiele für die Bewegung gar nichts mehr geleistet wird und das Thier sich noch eine Weile an derselben Stelle hält und dann ins Rutschen kommt.

Wenn man als Probstein für die Richtigkeit einer Annahme die allseitige Erklärung der Thatsachen, auf die sie Bezug nimmt, anzusehen hat, so verlasse ich jetzt dieses Kapitel, da mir weder bei der Beobachtung der lebenden noch der zerschnittenen Thiere eine Erscheinung vorgekommen ist, welche nicht durch die vorgetragene Lehre, und, wie mir scheint, nur durch sie, ihre Lösung fände.

VIII. Überblick.

Die experimentelle Behandlung erstreckte sich auf folgende Gattungen:

Prosobranchier: *Paludina*, *Bythinia*, im Anschluss daran *Cyclostoma*.

Branchiopneusten: *Limnaea*, *Planorbis*, *Physa*.

Nackte Pulmonaten: *Arion*, *Limax*.

Gehäusetragende Pulmonaten: *Vitrina*, *Zonites*, *Succinea*, *Helix*.

Die aufgewandte Summe von Muskelkraft, welche man bei den Schnecken an dem reichen Wellenspiele beobachtet, steht in schroffstem Missverhältnisse zu der geringen lokomotorischen Leistung. Denn es dürfte sich schwerlich ein anderes Thier finden, welches bei gleicher Menge für die Bewegung in Anspruch genommener Muskelfasern so langsam wäre. In grellem Gegensatze dazu steht die hohe Leistung, die man an anderen Schneckenmuskeln, dem *Columellaris*, oder dem, welcher den Deckel festhält, beobachtet. Dazu besitzt kein anderes Thier die Eigenart der Schneckenbewegung, die gleitende nämlich. Diese

Thatsachen lassen sich nur durch eine hohe Eigenart des bewegenden Mechanismus erklären. Zunächst könnte man an ein Schwellen der Sohle denken, das, in gleichmäßigen Pulsationen über den Fuß von hinten nach vorn fortschreitend, ihn vorn stetig verlängerte. Ein solcher Schwellakt wird bestimmt ausgeschlossen dadurch, dass die normale Sohlenschwellung in umgekehrter Richtung, von vorn nach hinten, stattfindet, — dadurch, dass das Wellenspiel beim *Cyclostoma* zusammentrifft mit dem Zeitpunkte der höchsten Blutentleerung der thätigen Sohlenhälfte, — dadurch, dass als Ausdruck der sich kontrahirenden Schwellmuskulatur jede Spur verkürzter Linien fehlt, — dadurch, dass der Aggregatzustand der erhabenen Welle, wie Schattenbilder beim *Limax* und Schnitte durch die fixirten Wellen desselben Thieres beweisen, nicht der flüssige oder weiche, sondern der feste ist. Es kann also das Wellenspiel, das die Sohle verlängert, nur entstehen durch die direkte Muskelthätigkeit selbst. Die Betheiligung aller schrägen und queren Muskelfasern an dieser Verlängerung wird zur Unmöglichkeit durch den Mangel jeder Veränderung des Seitenkonturs des thätigen Apparates, sei es der ganzen Sohle, oder, was noch schärfer hervortritt, des weißen Mittelfeldes beim schwarzen *Limax cinereoniger*, so wie durch die Unzulänglichkeit, bei den stabilen Wellen der belasteten Helix das Wandern der Myosingerinnung in der Längsrichtung zu erklären.

Die Beweise, dass die Sohlenverlängerung durch Längsmuskeln geleistet wird, und wie sie geleistet wird, setzen sich folgendermaßen zusammen:

Die durchsichtige Mittelsohle des *Limax cinereoniger* zeigt durch Wellenschatten, dass der Aggregatzustand der Wellen fest ist, dass sie durch Gerinnung entstehen; dasselbe folgt aus Schnitten durch fixirte, erhärtete Wellen. Gilt das beim *Limax*, so gilt's auch bei *Helix*. Und hier geht aus Versuchen an belasteten, dann erschütterten Thieren hervor, dass die neuen Nervenreize in bestimmten Querlinien, jedenfalls den Ausgangspunkten der lokomotorischen Wellen beim Beginne des Kriechens überhaupt, eine Gerinnung setzen (stabile Wellen), die auf Kosten der sich verschmälernden fortschreitenden Wellen Statt hat. Dieses partielle Verschwinden des Gerinnsels an den bewegten Wellen, um in den stabilen wieder aufzutreten, kann nur in Längsbahnen erfolgen. Sollen Längsfasern die Sohle vorn stetig verlängern, so müssen sie sich selbst verlängern, extensil sein. Dies zu erklären, muss eine Expansion, eine Volumzunahme des Gerinnsels im Vergleiche zu seinem flüssigen oder weichen Zustande bestehen. Die Expansion scheint mir zu folgen: 1) aus dem Auftreten erhabener Wellen an der freigehaltenen

Sohle, also dem Hervortreiben der in das Epithel umbiegenden Faserenden, 2) aus dem Aufquellen der Muskelfaserenden in fixirten Wellen durch den Gegendruck der Hautkontraktion, 3) aus den ruckweise am Rande jeder ankommenden Welle vorwärts getriebenen Körperchen, Ganglien und Kommissuren, die man in der durchsichtigen Limaxsohle beobachtet, und die ganz wie durch eine geringe Explosion vorwärts geschleudert erscheinen, 4) aus der seitlichen Verdickung thätiger Muskelfaserstellen und eines kontrahirten Muskels im Allgemeinen. Beachtet man die Ähnlichkeit eines Gerinnungsbauches an einer gehärteten Faser mit einem kontrahirten Muskel, so kann man durch eine einfache Konstruktion beweisen, dass die Expansion einer gewissen Faserstrecke durch das Bestreben des Gerinnsels, die Form des Bauches einzunehmen, zwar zur Kontraktion führen muss, dass aber eine untere Grenze existirt, wo die Kontraktion in Extension übergeht, sobald man nicht die ganze Strecke gleichzeitig erregt werden lässt, sondern nur, schrittweise vorgehend, genügend kleine Theilchen successive in die Aktion einbezieht. Eine solche Differenz in der Leitungsgeschwindigkeit der Muskelerregung besteht aber in hohem Maße; denn während die kontraktile Muskulatur des Retraktors mit der Geschwindigkeit der Wirbelthiere reagirt, wo der Reiz sich mehrere Meter in der Sekunde fortpflanzt, werden die Wellen vorwärts geleitet mit einer maximalen Geschwindigkeit von 48 cm in der Minute. Jene graphische Konstruktion zeigt ferner, wie bei der Kontraktion wohl die ganze Expansionssumme in Verkürzung ihren Ausdruck findet, bei der Extension aber ein großer Theil zum Aufbauchen der Faser und nur ein geringer Bruchtheil zur Verlängerung verwandt wird. Hiermit stimmt der geringe Arbeitswerth der lokomotorischen Muskulatur mit ihrem kräftigen Wellenspiele, gegenüber der hohen Leistung einer nach annähernder Schätzung gleich großen kontraktilen Muskelmasse. Die nothwendig gesteigerte Biegung der ins Epithel eingepflanzten Längsmuskeln bei der durch den Retraktor verkürzten Sohle einer belasteten Helix erklärt ferner die Herabsetzung der Bewegungskomponente zu Gunsten der Druckkomponente, wie denn der Druck in direktem, die Bewegung in umgekehrtem Verhältnisse steht zur Belastung bei gleicher Wellenthätigkeit.

Da bei der gleitenden Reibung kriechender Schneckensohlen der verschiedene Reibungskoeffizient zwischen der Haut und der wechselnden Substanz der Unterlage einer gleichmäßigen Bewegung ein wesentliches Hindernis bereiten würde, wird zwischen die Unterlage und die Haut eine mehr oder weniger erhärtende Schleimschicht eingeschaltet und auf ersterer befestigt, so dass jetzt, bei einigermaßen ebenen Flächen,

nur noch der Reibungskoeffizient zwischen der Haut und dem Band als konstanter Faktor in Betracht kommt.

Bei Wasserschnecken, Prosobranchiern und Branchiopneusten, vollzieht sich das Wellenspiel unregelmäßig über die ganze Sohle, namentlich an den seitlichen und vorderen Theilen. Beim Kriechen an der Fläche ist es nicht wahrzunehmen, wohl aber bei schwimmenden Limnaeen und der Cyclostomasohlenhälfte in der Luft. Die Schleimdrüsen der Branchiopneusten liegen in der gesammten Sohlenfläche, als dicker Wulst am vorderen und seitlichen Rande. Die Beschaffenheit des Schleimes, der zum Wasser im Verhältnis der Kapillardepression steht, gestattet ihnen zugleich, ihn als Schwimmband zu benutzen und an der Oberfläche zu gleiten (wie unter den Pulmonaten *Succinea* einen gleichen Gebrauch ihres Schleimbandes gelernt hat). Die Fußnerven strahlen mit einfacher Verzweigung in die Sohle aus. Das unregelmäßige Spiel der Wellen bewirkt nur eine geringe Geschwindigkeit, bei den Prosobranchiern, welche nach Maßgabe des specifischen Gewichtes noch ein Fünftel ihrer Körperlast zu fördern haben, von 2 bis 3 cm in der Minute; bei den Branchiopneusten, deren specifisches Gewicht durch die Luft der Athemböhle auf 1 herabgedrückt wird, steigert sie sich auf 7 bis 8 cm.

Beim Übergang der Schnecken aufs Land ist die Hauptschwierigkeit die Förderung der gesammten Körperlast und die proportional dem Drucke wachsende gleitende Reibung. Die Schwierigkeit kann auf zwei Wegen gehoben werden, erstens durch Steigerung der Kraft, zweitens durch Beseitigung der Hindernisse, das heißt der Reibung. Der erste Weg ist von den Pulmonaten, der zweite vom *Cyclostoma* betreten worden.

Die Pulmonaten schieben vor Allem zwischen die Fußnerven und die Sohle ein sympathisches Nervennetz mit vielen Ganglien ein, das beim *Limax*, dessen Mittelsohle allein die lokomotorische ist, durch eine Reihe regelmäßiger Querkommissuren von der Breite dieses Feldes zur höchsten Vollkommenheit sich steigert. Dadurch werden die Wellen in scharfe Querreihen geordnet, von dem unmittelbaren Einflusse des Willens, der nur Anfang und Ende bestimmen, so wie Beschleunigung erzeugen kann, befreit und können in selbständiger Arbeitsleistung eine größere Kraft entfalten. Zu gleicher Zeit wird die Reibung an den Hauptdruckpunkten, d. h. am vorderen Wellenrande, aus der gleitenden in die rollende verwandelt, und nur die ruhenden Sohlentheile, deren Druck gegen die Fläche viel geringer, bleiben in unbedeutender gleitender. Bei Belastung kann durch den Bogenverlauf der Fasern, auf Kosten der Geschwindigkeit, ein bedeutender Druck erzielt, größere

Hindernisse können überwunden werden. Die Drüsen ziehen sich, namentlich deutlich bei der höchsten Arbeitstheilung des *Limax*, wo die Mittelsohle ganz drüsenfrei ist, in das Innere zurück und werden zu einer großen Schleimdrüse, mit langem Ausführgange, dem Ballen von Sekretionszellen ansitzen. Die Mündung liegt am vorderen Sohlenrande, d. h. da, wo das Schleimband verlängert werden muss. Das zurückbleibende Schleimband kann *Succinea* zum Schwimmen, *Limax* zum Herablassen von Zweigen benutzen.

Cyclostoma überwindet die Schwierigkeiten des Landlebens durch ganz andere Mittel, es entwickelt weder ein sympathisches Bewegungsnervensystem noch ein geordnetes Wellenspiel; aber es beseitigt die Reibung, das Haupthindernis gegen das Gleiten, dadurch, dass es seine Sohle in zwei Längshälften theilt und nur je eine, wo nicht eine besonders glatte Fläche das Gleiten erleichtert, in der Luft sich verlängern lässt. Gelegentlich hilft der Rüssel saugend mit. Der Adhäsionsdruck, der bei den Pulmonaten durch den schiefen Stoß der Wellen nach vorn und unten erzeugt wird, kommt hier zu Stande durch eine besondere Ausbildung von Quermuskelsepten, welche das aus der erhobenen Hälfte entweichende Blut in die befestigte eintreiben und deren Kontaktfläche vergrößern. Um alle Reibung, auch die gegenseitige der Sohlenhälften, möglichst zu mindern, sind zunächst zahlreiche Schmierdrüsen in der Sohlenfurchung ausgebildet, vor der Sohle aber mündet ein Sack mit eben solchen Drüsen, welchem sich zwei lange tubulöse Schläuche mit je vier blinden Enden und einem anderen, wahrscheinlich mehr klebenden Sekrete, anschließen. Durch eine Rinne wird die Entleerung des Sackes zugleich auf die Saugscheibe des Rüssels befördert, wie sie andererseits direkt auf die Sohle herabfließt. Und sie scheint besonders die Bedeutung zu haben, als Klebstoff die Adhäsion zu erhöhen. So sind die Fußdrüsen der Pulmonaten und des *Cyclostoma elegans*, welche an gleicher Stelle münden, aber verschieden gebaut sind, wohl aus einem ähnlichen physiologischen Bedürfnis erzeugt, vermuthlich ohne den geringsten morphologischen Zusammenhang.

Wenn aber *Cyclostoma* bloß die Hindernisse beseitigt, welche beim Übergange aufs Land das Gleiten erschweren, die treibende Kraft ihres Wellenspieles jedoch nicht ändert, während die Pulmonaten in ganz anderer Richtung, durch weitere Ausbildung der lokomotorischen Wellen und ihrer Nerven die Kraft selber erhöhen, so folgt von selbst, dass *Cyclostoma* nicht schneller sein kann als eine Wasserschnecke, während die Pulmonaten sich über deren Geschwindigkeit zu erheben vermögen.

Und so kriecht *Cyclostoma* noch nicht 1 cm weit in der Minute, ein *Limax* aber, der noch dazu nur sein mittleres Sohlenfeld benutzt, 13 bis 14 cm.

Leipzig, den 4. März 1884.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

- Fig. 1. *Cyclostoma elegans*, geradeaus kriechend, im Begriff, die rechte Sohlenhälfte zu lösen. Vergr. 2 : 4.
- Fig. 2. Dasselbe, eine Biegung beschreibend.
- Fig. 3. Abgeschnittener Fuß des *Cyclostoma* von unten, auf dem Deckel. Vergrößerung 4 : 4.
- Fig. 4. *Cyclostoma*, aus der Schale genommen, von der rechten Seite; Kopf, Fuß und Deckel schauen aus dem Mantel heraus. Vergr. 2 : 4.
- Fig. 5. Rüssel von unten. Vergr. 4 : 4.
- Fig. 6. Sohle mit bloßgelegter Furche und Rüssel. Vergr. 2 : 4.
- a, Rüssel;
b, Sohlenhälfte;
c, durchschimmernder Fußdrüsensack (Mündungsstelle);
d, die beiden Reihen weißer Schleimdrüsen im Furchengewölbe durch ein Querjoch gleicher Drüsen verbunden.
- Fig. 7. Pedalganglien mit ihren Nerven, nach zwei Präparaten zusammengestellt. Vergr. 35 : 4.
- I, Cerebropedalkommissur;
II, Visceropedalkommissur;
III, Pedalkommissur;
IV, hintere Pedalkommissur;
1—9, Fußnerven.
- Fig. 8. Das Hinterende eines weißen Streifens aus der Furche. Vergr. 90 : 4.
- Fig. 9. Einige von dessen Schleimdrüsen. Vergr. 300 : 4.
- Fig. 10. Untere Hälfte eines *Cyclostoma*, von der Rüsselspitze bis nahe zum Hinterende von oben her geöffnet. Vergr. 3 : 4.
- oe, Ösophagus;
r, Zungenscheide;
ph, Schlundkopf;
g.p, Fußganglien; davor das vordere Ende des Fußdrüsensackes;
a, Deckelmuskulatur;
b, Rüsselretraktor;
c, Muskeln, welche die Radula zum Lecken vorstoßen;
1—4, Quermuskelsepten durch die pedale Leibeshöhle.
- Fig. 11. Fußdrüse. Vergr. 6 : 4,
- Fig. 12. *Limnaea*sohle, 3 mm lang, mit Nerven.
- Fig. 13. Vordere Hälfte des Fußnervensystems von *Succinea*. Bereich dreier Paare von Nervenstämmen. Vergr. 6 : 4.

Fig. 2.



Fig. 1.

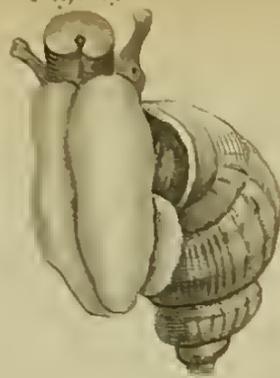


Fig. 3.

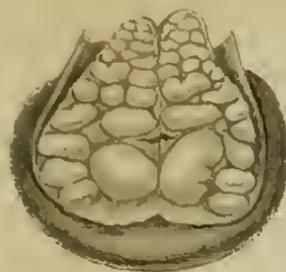


Fig. 4.



Fig. 5.

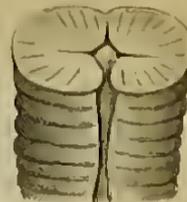


Fig. 6.

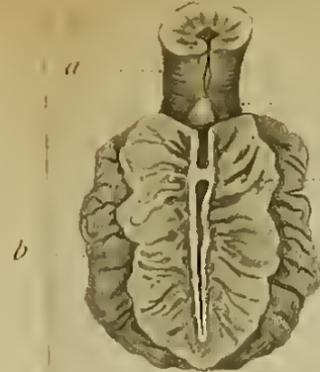


Fig. 8.

a
c
d
b



Fig. 9.



Fig. 10.

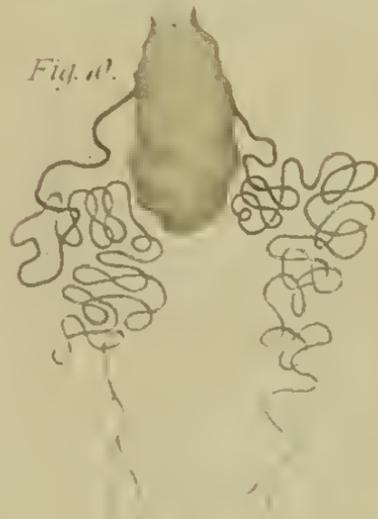


Fig. 11.

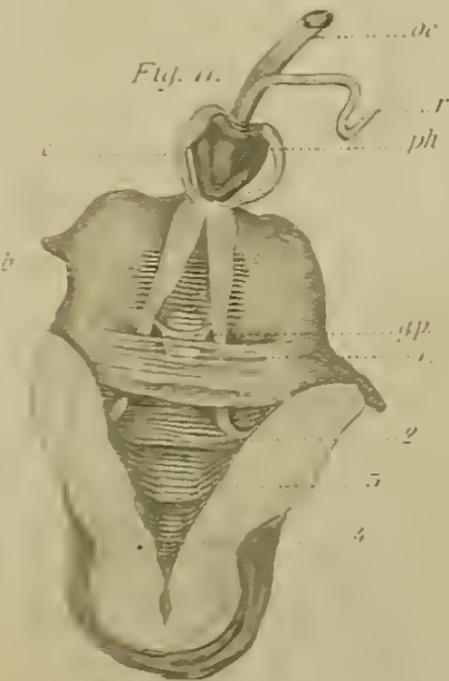


Fig. 7.

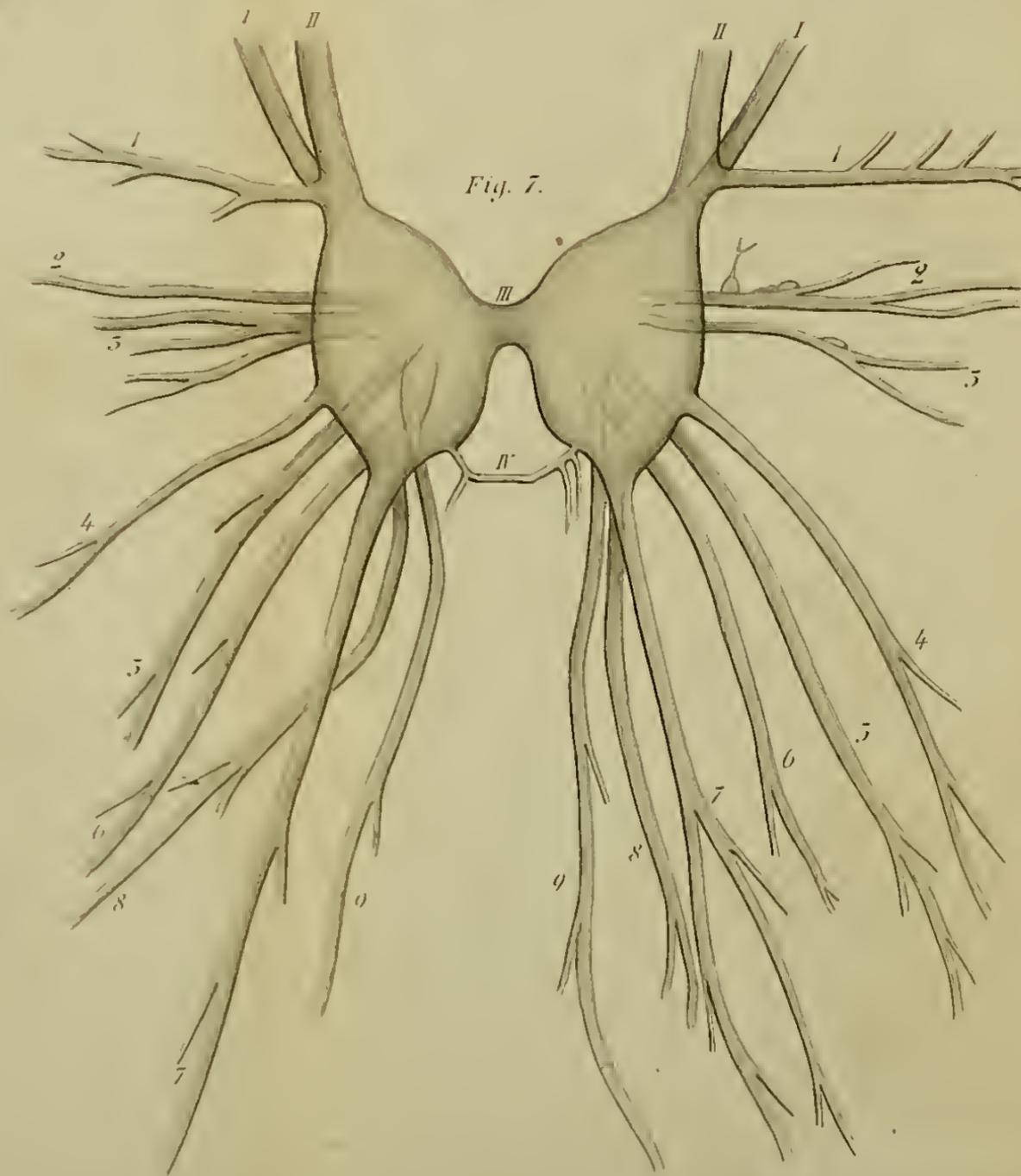
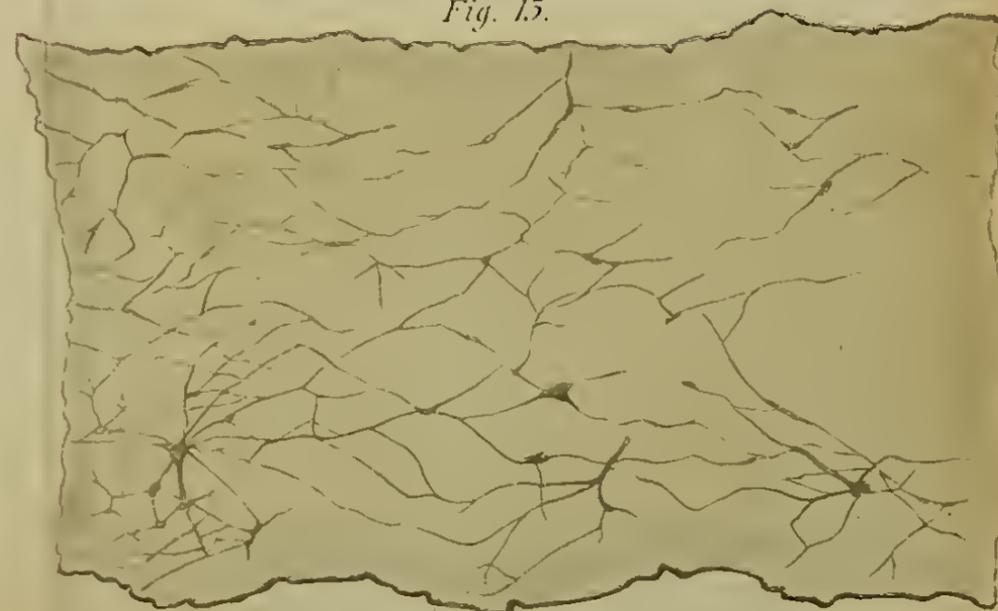


Fig. 12.



Fig. 13.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Simroth Heinrich Rudolf

Artikel/Article: [Über die Bewegung und das Bewegungsorgan des Gyclostoma elegans und der einheimischen Schnecken überhaupt. 1-67](#)